

임상 가이드라인 기반 흉부 X-ray 영상 품질 평가 도구 개발

남기현¹, 유동연², 김양곤², 선주성³, 이정원^{1,2}

¹아주대학교 전자공학과

²아주대학교 AI융합네트워크학과

³아주대학교 의과대학 영상의학과

ygw0903@ajou.ac.kr, dongso1125@ajou.ac.kr, djwoajs96@ajou.ac.kr,

sunnahn@ajou.ac.kr, jungwony@ajou.ac.kr

Tool Development for Evaluating Image Quality of Chest X-ray

Gi-Hyeon Nam¹, Dong-Yeon Yoo², Yang-gon Kim²,
Joo-Sung-Sun³, Jung-Won Lee^{1,2}

¹Dept. of Electric Engineering, Ajou University

²Dept. of AI Convergence Network, Ajou University

³Dept. of Radiology, Ajou University

요 약

흉부 X-ray 영상은 폐 질환을 진단하는 기본적인 도구로써 널리 사용되고 있다. 정확한 진단을 위해 흉부 X-ray 영상의 품질을 평가하는 과정을 거쳐야 하는데, 이 과정은 주관적인 기준에 따라 수작업으로 이루어지기 때문에 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 임상 현장에서 사용되는 흉부 X-ray 영상 화질 평가 가이드라인을 기반으로 인공음영, 포함범위, 환자자세, 흡기정도, 그리고 투과 상태의 5가지 품질 평가를 자동화하는 도구를 제안한다. 제안하는 도구는 품질 판단에 소요되는 시간과 비용을 줄여주고, 더 나아가 흉부 병변 진단을 위한 학습 모델 개발의 양질의 학습 데이터를 선별하는 전처리 과정에 활용될 수 있다.

1. 서론

흉부 X-ray 검사는 MRI, CT 등에 비해 비용이 저렴하고 쉽게 시행할 수 있어, 폐 질환을 진단하는 기본적인 도구로써 사용되고 있다[1]. 하지만 흉부 X-ray 영상은 진단에 앞서, 영상의 품질을 판단하여 수천 장의 영상 중 고품질의 영상을 수작업으로 골라내야 한다[2]. 이러한 작업은 영상의학과 전문의에 의해 이루어지며, 많은 시간과 비용이 소모된다[3]. 품질 평가 요소는 포함범위, 환자자세, 흡기정도 등 다양한 요소와 기준[4]이 존재하지만, 전문의의 주관적인 품질 평가가 진행되고 있다. 표 1은 A 병원의 품질 평가 요소 5가지로, 해당 기준을 기반으로 품질 평가를 보조하는 선행 연구들[5-7]이 있지만, 모든 품질 요소를 종합적으로 판단하여 전문의에게 도움이 될 수 있는 시스템은 구축되어 있지 않다.

따라서 본 논문에서는 임상에서 사용되는 품질

평가 가이드라인을 기반으로 흉부 X-ray 영상의 품질을 평가하여, 전문의를 보조할 수 있는 도구를 제안한다. 품질 평가 알고리즘은 기개발된 선행 연구 [5-7]를 기반으로 품질 평가 보조를 위한 요구사항을 추출한다. 이후, 품질 평가 도구 사용자의 X-ray 영상 품질 평가를 위한 Use Case를 정의한다. 마지막으로, 두 시나리오를 기반으로 구현 결과를 확인한다. 개발된 도구를 통해, 3장의 흉부 X-ray 오픈 데이터셋의 품질을 자동으로 평가할 수 있다.

<표 1> 흉부 X-ray 화질 평가 가이드라인(A 병원)

평가 요소	설명
인공음영	외/내부에 의한 인공음영(부착물, 얼룩, 인공물 등)의 유무와 진단 방해 정도
포함범위	상단(1늑골), 하단(횡격막 기준 3cm), 좌우(전체 늑골)의 포함 정도
환자자세	견갑골의 올바른 위치와 좌우 대칭의 비율 정도
흡기정도	정상 흡기 상태(10늑골과 횡격막의 위치)의 정도
투과상태	폐혈관, 대동맥, 횡격막의 혈관 및 늑골, 척추 추간관 공간, 기관지의 관찰 정도

1) 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음” (IITP-2022-2020-0-01461)

2. 요구사항 도출 및 Use Case 설계

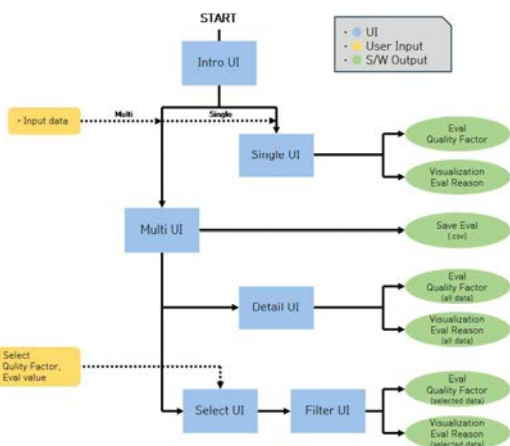
2.1 흉부 X-ray 품질 평가 도구의 요구사항 도출

제안하는 도구는 X-ray 품질 평가를 수행하는 전문의의 역할을 보조해야하며, 평가 기준을 만족해야 한다. 이를 고려한 요구사항은 다음과 같다.

- 단일·다중 흉부 X-ray 영상에 대한 평가가 이루어져야 한다.
- 평가한 흉부 X-ray 영상에 대한 평가 근거를 시각화할 수 있어야 한다.
- 평가한 다중 흉부 X-ray 영상을 원하는 품질 요소에 따라 선택적으로 확인할 수 있어야 한다.
- 평가된 다중 흉부 X-ray 영상의 평가 결과들을 파일 형태로 저장할 수 있어야 한다.

2.2 흉부 X-ray 영상 품질 평가 도구 설계

도출한 요구사항을 기반으로 도구의 Use Case를 정의하였다. 총 6가지의 UI로 구성되었으며, 최종적인 평가 도구의 산출물(S/W Output)은 품질 결과(Evaluation Quality)와 시각화(Visualization)이다. 이는 단일·다중·세부사항에 따라 다르게 산출된다. 단일 영상의 경우 해당 영상의 평가 결과 및 근거가 시각화되고, 다중 영상의 경우 확인하고자 하는 영상을 클릭 시 해당 영상의 평가 결과가 시각화된다. 마지막으로 세부사항의 경우 사용자가 시각화하고자 하는 평가 요소 및 품질 결과를 선택하면 이에 해당하는 영상들만이 시각화된다. 이에 따른 Use Case의 구성은 그림 1이며, 평가 도구의 산출물(S/W Output)을 위한 UI 요구사항은 다음과 같다.



(그림 1) 흉부 X-ray 영상의 품질 평가 도구 Use Case

- (UI 요구사항1) Intro-UI: 사용자에게 다중·단일 작업에 대한 입력을 받아야 한다.
- (UI 요구사항2) Single-UI/Multi-UI: 입력받은 단일·다중 영상에 대한 평가가 이루어져야 한다.

다. 또한, 평가된 단일·다중 영상에 대한 평가 결과와 평가 근거를 시각화할 수 있어야 한다.

- (UI 요구사항3) Detail-UI: 평가된 다중 영상에서 세부적으로 단일 영상들의 평가 이유를 시각화할 수 있어야 한다.
- (UI 요구사항4) Select-UI/Filter-UI: 사용자가 시각화하고자 하는 품질 요소 및 평가 결과를 받아, 선택적으로 영상을 시각화할 수 있어야 한다.

3. 흉부 X-ray 영상 품질 평가 도구 개발

3.1 평가 도구의 산출물(S/W Output) 구현

평가 도구의 산출물은 품질 결과(Evaluation Quality), 시각화(Visualization), 결과 저장(Save Evaluation) 3가지로 정의된다. 산출물에 대한 평가 요소별 근거와 기준은 선행 연구[5-7]를 참고하였으며, 세부적인 사항은 다음과 같다.

- 품질 결과(Evaluation Quality): 평가된 영상에 대한 품질 결과 산출한다. 그림 2와 같이 단일 영상과 다중 영상 상황에 따라 시각적으로 사용자에게 제공된다. 품질 결과에 대한 시각화는 단일 영상일 경우 품질이 높음/중간/낮음(High/Medium/Low)으로 표현되며, 다중 영상일 경우 품질 단계별 데이터 비율(%)로 표현된다.

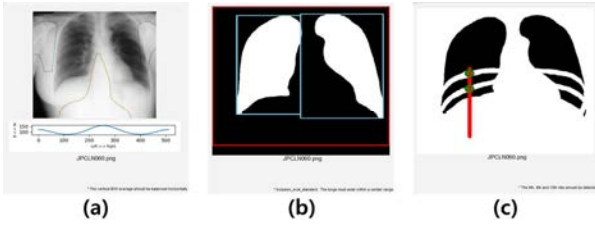


(그림 2) 품질 결과 시각화 (a: 단일, b: 다중)

- 시각화(Visualization): 제안하는 도구의 평가 결과에 대한 이해를 돕기 위해, 평가의 근거 및 기준을 시각화한다. 제안하는 품질 평가 도구의 세부적인 평가 근거는 표 2와 같다. 또한, 품질 평가 결과에 대한 평가 기준이 X-ray 영상 내 해부학적 구조물과 함께 시각화된다. 예를 들어, 그림 3에서 포함범위, 환자자세, 흡기정도에 대한 평가 기준은 폐 영역, 심장, 횡격막, 8-10번 갈비뼈 위에 다양한 경계선으로 출력된다.
- 결과 저장(Save Evaluation): 품질 평가 도구에 입력된 영상에 대한 품질 결과를 저장한다.

<표 2> 세부 품질 평가 근거 정리

평가 요소	설명
포함범위	폐가 특정 범위 안에 포함되어 있는가
환자자세	수직 픽셀의 흑백 평균이 균형을 이루는가
흡기정도	8-10번 갈비뼈가 검출되는가
인공음영	폐 영역 내부에 이물질이 존재하는가
투과상태	히스토그램 형태가 U에 가까운가



(그림 3) 세부 품질 평가 시각화 예시
(a: 포함범위, b: 환자자세, c: 흡기정도)

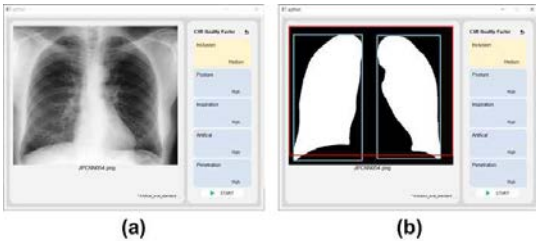
file_root	Inclusion	Posture	Inspiration	Artificial	Penetration
0 C:/Users/A	2	2	2	2	2
1 C:/Users/A	2	2	2	2	0
2 C:/Users/A	2	0	2	2	2
3 C:/Users/A	2	0	2	2	0
4 C:/Users/A	2	2	2	2	2

(그림 4) 결과 저장 파일 예시

품질의 높음/중간/낮음에 대한 결과를 2/1/0으로 변환한다. 또한, 파일 경로, 평가 요소 순으로 설정하여 xls/csv/txt 등의 형식으로 저장된다.

3.2 단일 영상에 대한 품질 평가 구현

단일 영상을 업로드하여 평가를 진행하면 그림 5과 같이 평가 결과를 출력하고, 각 평가 요소에 마우스 호버링 시 평가 근거를 출력하게 된다.



(그림 5) 포함범위에 대한 단일 평가 예시
(a: 기본, b: 호버링)

3.3 다중 영상에 대한 품질 평가 구현

사용자가 다중 영상을 업로드하여 평가하면 txt 등의 형태로 저장할 수 있으며, 상세보기(Detail), 분류(Filter) 두 가지 방식으로 평가 결과를 확인할 수 있다. 상세보기의 경우, 그림 6(a)와 같이 다중 영상들이 좌측에 격자형식으로 나열되고, 확인하고자 하는 영상을 클릭하면 우측에 평가 결과가 출력되도록 구현하였다. 분류의 경우 그림 6(b)와 같이 좌측에 사용자의 요구에 따라 분류된 영상들의 파일명이 수직으로 나열되고, 확인하고자 하는 파일명을 클릭하면 해당 영상이 새 창에 출력되도록 구현하였다.

4. 결론

본 논문에서는 흉부 X-ray 영상 품질 평가의 부담을 줄이기 위해 평가를 보조하는 도구를 제안하였다. 제안하는 도구는 A 병원의 임상에서 사용 중인



(그림 6) 상세보기, 분류 평가 시각화

영상 화질 평가 기준을 기반으로 5가지 평가 요소를 종합적으로 평가한다. 단일 영상과 다중 영상 모두 평가할 수 있으며, 상황에 따라 원하는 영상을 선택하여 결과를 확인할 수 있다. 또한, 평가 근거를 시각적으로 제시함으로써 품질 평가를 보조할 수 있다. 제안하는 도구는 흉부 X-ray 품질 평가의 자동화뿐만 아니라 학습을 위해 고품질 영상을 선별하는 전처리 방식으로도 사용될 수 있다.

참고문헌

[1] Chassagnon, Guillaume, et al. "Artificial intelligence applications for thoracic imaging." *European journal of radiology*, 123, 108774, 2020.

[2] Whaley, Jacquelyn S., et al. "Investigation of the variability in the assessment of digital chest X-ray image quality." *Journal of digital imaging*, 26.2, 217-226, 2013.

[3] Li, Xuechen, et al. "Multi-resolution convolutional networks for chest X-ray radiograph based lung nodule detection." *Artificial intelligence in medicine* 103 (2020): 101744.

[4] J.H.E. Carmichael, C. Maccia, B.M. Moores, J.W. Oestmann, H. Schibilla, D. Teunen, et al. *Commission of the European Communities European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images* Office of Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1996.

[5] 김양곤, 박예슬, 선주성, 이정원 "흉부 방사선 영상 학습 성능 개선을 위한 오픈 데이터셋 품질 평가 기법" 한국 소프트웨어공학 학술대회, 2022, pp.43-51.

[6] Bea, SuBin, et al. "Quality Evaluation Method for Chest X-ray Images using the Reference Patterns", 2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Circuits and Systems (AICAS), Korea, 2022, pp.266-269.

[7] 최현진, 배수빈, 박예슬, 이정원 "3D 히스토그램 기반 영역분할을 이용한 흉부 X선 영상 품질 평가", 2021 한국 정보처리학회 추계학술대회, pp.903-906.