

# Development of Medical Image Quality Assessment Tool Based on Chest X-ray

Gi-Hyeon Nam<sup>†</sup> · Dong-Yeon Yoo<sup>††</sup> · Yang-Gon Kim<sup>†††</sup> · Joo-Sung Sun<sup>††††</sup> · Jung-Won Lee<sup>†††††</sup>

## ABSTRACT

Chest X-ray is radiological examination for examining the lungs and heart, and is particularly widely used for diagnosing lung disease. Since the quality of these chest X-rays can affect the doctor's diagnosis, the process of evaluating the quality must necessarily go through. This process can involve the subjectivity of radiologists and is manual, so it takes a lot of time and cost. Therefore, in this paper, based on the chest X-ray quality assessment guidelines used in clinical settings, we propose a tool that automates the five quality assessments of artificial shadow, coverage, patient posture, inspiratory level, and permeability. The proposed tool reduces the time and cost required for quality judgment, and can be further utilized in the pre-processing process of selecting high-quality learning data for the development of a learning model for diagnosing chest lesions.

Keywords : Chest X-ray, Quality Assessment, Deep Learning, Machine Learning

## 흉부 X-ray 기반 의료영상 품질평가 보조 도구 개발

남 기 현<sup>†</sup> · 유 동 연<sup>††</sup> · 김 양 곤<sup>†††</sup> · 선 주 성<sup>††††</sup> · 이 정 원<sup>†††††</sup>

## 요 약

흉부 X-ray 영상은 폐와 심장을 검사하는 방사선 검사이며 특히, 폐 질환을 진단하는 데 널리 사용되고 있다. 이러한 흉부 X-ray의 품질은 의사의 진단에 영향을 줄 수 있으므로 품질을 평가하는 과정이 필수적으로 거쳐야 하는데, 이 과정은 영상의학과 전문의의 주관에 개입될 수 있고, 수작업으로 이루어지기 때문에 많은 시간과 비용이 소모된다. 또한, 이러한 품질평가는 X-ray 영상의 특징과 사용 목적에 따라 일반적인 품질평가와는 다른 평가 요소가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 X-ray 영상에서 검출되는 장기의 해상도, 해부학적인 구조, 균형 등을 고려하여 임상 현장에서 사용되는 흉부 X-ray 영상 화질 평가 가이드라인을 적용하여 품질요소를 5가지(인공음영, 포함범위, 환자자세, 흡기정도, 그리고 투과상태)로 나누고 이를 자동화하는 도구를 제안한다. 제안하는 도구는 수작업으로 품질평가를 진행하는 본래의 방식 대비 소요 시간과 비용을 줄여주고, 더 나아가 흉부 X-ray를 이용한 학습 모델 개발에 높은 품질의 학습데이터를 선별하는 과정에도 사용될 수 있다.

키워드 : 흉부 X-ray, 품질평가, 딥러닝, 머신러닝

## 1. 서 론

흉부 X-ray 영상은 폐 질환을 진단하는 방사선 검사 중 하나이다[1]. 이러한 방사선 검사는 MRI, CT 등 다양하게 존재하는데, 흉부 X-ray 영상은 다른 검사에 비해 비교적 저렴하

고 소요 시간이 1~2분 내외로 짧아 폐 질환을 진단하는 1차적인 방사선 검사로 사용된다. 이러한 장점들 덕분에 흉부 X-ray 영상은 향후 추가적인 검사를 위한 초기 검사로서 사용되며 이를 통해 흉부 X-ray 영상은 다음 치료(Following Treatment)에 대한 진단/중지 여부를 결정하는데 중요한 요인으로 작용할 수 있다[2].

이러한 점 덕분에 흉부 X-ray 영상의 중요성은 날이 증가하고 있고 이에 따라 흉부 X-ray 영상의 단점 또한 대두되고 있다. 흉부 X-ray 영상의 단점은 영상의 품질이다.

실제 임상에서 흉부 X-ray 영상을 수집하면 Fig. 1과 같이 고품질과 저품질로 구성되어 있다. 인공음영의 경우는 흉부 X-ray 영상의 주요 장기의 일정 부분을 가릴 수 있으며, 자세불량의 경우는 자세에 따라 장기가 눌러 잘 보이지 않거나 X-ray 영상 내에 주요 장기가 포함되지 않을 수 있다. 또한, 대조도가 불량일 경우, 화질이 낮게 보여 장기를 명확하

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2023-2020-0-01461).

※ 이 논문은 2022년 한국정보처리학회 ACK 2022의 "임상 가이드라인 기반 흉부 X-ray 영상 품질 평가 도구 개발"의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 학사과정

†† 준 회 원 : 아주대학교 AI융합네트워크학과 전자공학전공 박사과정

††† 비 회 원 : 아주대학교 AI융합네트워크학과 전자공학전공 석사

†††† 비 회 원 : 아주대학교 의과대학 영상의학과 교수

††††† 중 심 회 원 : 아주대학교 전자공학과/AI융합네트워크학과 교수

Manuscript Received : December 20, 2022

First Revision : February 28, 2023

Accepted : March 14, 2023

\* Corresponding Author : Jung-Won Lee(jungwon@ajou.ac.kr)

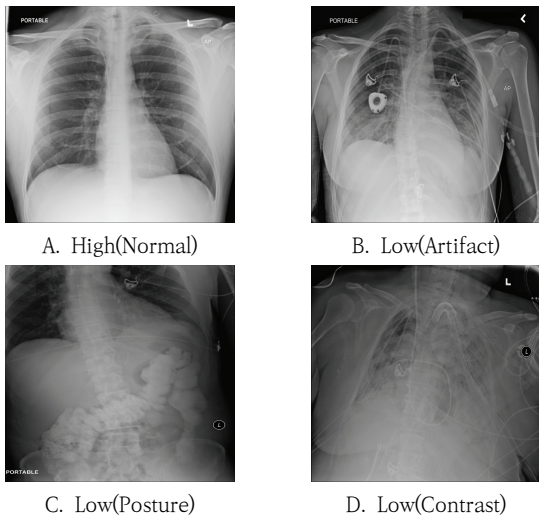


Fig. 1. High / Low Quality Example

게 구분하기 어렵다. 이는 의사의 진단에 방해가 되며 더 나아가 환자에게 잘못된 진단을 초래할 수 있다.

이를 해결하기 위해 병원에서는 양한 품질의 흉부 X-ray 영상 중 고품질 영상을 분류하기 위한 흉부 X-ray 품질평가를 시행한다. 이는 Table 1과 같은 화질 평가 기준표를 참고하여 영상의학과 전문의가 수작업으로 흉부 X-ray 영상의 품질을 평가하며[3], 이렇게 분류된 고품질 영상들은 진단의 의 진단에 사용된다. 이러한 흉부 X-ray 품질평가는 평가를 다음과 같이 크게 2가지 문제점이 존재한다.

1) **품질평가 과정의 과도한 시간과 비용 소모:** 현재 데이터 과학의 발달과 보건의료의 상업화로 인하여 의료 영상의 데이터가 폭발적으로 증가하고 있고, 이는 곧 영상의학과 전문의가 평가해야 할 데이터가 많아지고 있음을 의미한다. 또한, [4]연구에 따르면 데이터의 증가에 따른 업무 과중으로 인해 영상의학과 전문의 탈진 빈도가 높아지고 있

다. 이와 같이 데이터의 증가로 인해 평가해야 할 영상은 증가하고 이를 수작업으로 처리해야 하므로 많은 시간과 비용이 소모된다.

2) **품질평가를 통해 분류된 영상의 신뢰도 미보장:** 흉부 X-ray 품질평가는 Table 1과 같이 흉부 X-ray 영상 화질 평가 기준표를 적용하여 평가가 이루어지지만, 영상의학과 전문의의 성향이나 경력 또는 피로도에 따라 흉부 X-ray 영상을 평가하는 기준이 다르게 적용될 수 있다. 예를 들어, 경력이 높은 전문의 A는 작은 인공음영도 찾아내 저품질로 평가할 수 있지만, 경력이 낮은 전문의 B는 작은 인공음영을 찾아내지 못해 고품질로 평가할 수 있다. 또한, 전문의의 피로도가 높은 경우 여러 품질평가 요소에 대해 저품질인 근거를 찾아내는데 한계가 있다.

또한, 현재 딥러닝 기술을 적용한 질병 진단모델 개발 연구들이 활발해짐에 따라[5,6], 학습데이터로 사용되는 흉부 X-ray 영상의 품질에 대한 중요성이 강조되고 있다. 학습데이터의 품질이 낮을수록 모델의 성능은 떨어지게 되고, 고성능 질병 진단모델을 개발하기 위해선 저품질 영상을 제외하고 학습하여야 한다. 잘못된 진단을 통해 발생한 위 양성(False Positive), 위 음성(False Negative)은 환자의 목숨까지 위협하는 치명적인 결과를 초래할 수 있다.

앞서 제시한, 흉부 X-ray 품질평가 과정에서의 문제점과 분류된 영상의 신뢰도 및 질병 진단모델의 성능저하와 같은 문제점을 해결하기 위해 인공지능을 접목한 연구들이 활발하게 진행되고 있다[7-9]. 인공지능 모델을 적용한 품질평가는 흉부 X-ray 영상을 평가하는데 걸리는 시간과 비용을 줄일 수 있다. 또한, 흉부 X-ray 품질을 평가하는 모델 구축 시 동일한 평가 기준을 수립하여 이를 기준으로 모델을 구축한다면 평가자의 성향, 경력, 피로도와 같은 환경에 구애받지 않고 객관적인 평가를 수행할 수 있다. 이를 바탕으로 기개발된 선행 연구들[7-9]은 임상에서 사용하는 평가 기준을 적용하

Table 1. Criteria for Assessment of Chest Radiographic Image Quality (Ajou University Hospital)

Info	Factor	Description of Assessment
Normal	Inspection Marker	Presence or Absence of the Patient's Name, Gender, Age, Case Record Number, Date of Filming and Institution, etc.
	Marker Placement	Extent to which the Marker Covers the Chest Inclusion.
	Location Marker	Presence or Absence of Left and Right Marker
	Appropriateness of Condition	Presence or Absence of Aging (Yellowing) in the Submitted Photo.
Image	Artifact	Presence or Absence and Degree of Obstruction to Diagnosis of External and Internal Artificial Shades. Presence or Absence and Degree of Obstruction to Diagnosis of Breathing and Movement.
	Inclusion	Presence or Absence of Rib (First Rib, Upper Lateral Costophrenic 3cm, Lower Halves and Full Ribs)
	Posture	The Degree of Symmetry between the Right and Left Sides and the Location of the Scapula
	Inspiration	Normal Inspiratory Status (Position of 10 Ribs and Diaphragm)
	Penetration	Observing Status of Pulmonary Vessels, Pulmonary Vessels Behind the Heart and Descending Aorta, Vessels Inferior to the Diaphragm, Costal Margins, Diaphragm, Thoracic Intervertebral Disc Space, Trachea, Bronchi

기 위해서 실제 아주대학교 병원에서 사용 중인 흉부 X-ray 영상 화질 평가 기준표 Table 1을 기반으로 개발되었다. 이러한 평가 기준은 영상 품질을 평가하는 관점에 따라 총 5가지 평가 요소로 나뉜다. 이 중 인공음영은 흉부 X-ray 영상 외, 내부의 장애물(반지, 목걸이 등)이나 환자의 호흡 및 움직임으로 인해 진단에 방해되는 정도를 평가하는 요소이고 포함범위는 특정 늑골과 횡격막이 흉부 X-ray 영상 내에 모두 포함하고 있는지를 평가하는 요소이다. 다음으로 환자자세는 환자의 움직임에 의해 영향을 받는 좌우 대칭 정도와 견갑골의 위치가 기준 위치와 얼마나 차이가 나는지에 대한 정도를 평가하는 요소이고 흡기정도는 흉부 X-ray의 투과율에 따라 달라지는 특정 늑골의 가시성을 평가하는 요소이다. 마지막으로 투과상태는 폐혈관, 심장 주위의 혈관이나 기관지 등의 관찰 정도를 평가하는 요소이다. 이러한 객관적인 평가 기준을 적용하여 개발된 평가 모델은 일본 방사능 기술 학회의 데이터 JSRT(Japanese Society of Radiological Technology)를 이용하여 진행되었다.

앞서 설명한 기개발된 선행 연구는 X-ray 품질요소에 대한 개별적인 평가를 수행할 수 있다. 하지만 임상에서 품질평가를 보조하기 위한 도구로써 사용하기 위해선 다음과 같은 요구사항들이 고려되어야 한다.

- 흉부 X-ray 영상 화질 평가 기준표에 명시된 각각의 기준에 따라 요소들을 단계적으로 평가되어야 하며, 이를 종합하여 최종적인 품질을 판단해야 한다.
- 흉부 X-ray 영상 평가 결과에 대한 근거를 사용자(영상 의학과 전문의, 진단의)의 수준에 맞게 시각적으로 제시하여 평가 결과에 대한 이해를 높여야 한다.

따라서 본 논문에서는 A 병원의 영상 화질 기준표를 가이드라인으로 하고 5가지 평가 요소(인공음영, 포함범위, 환자 자세, 흡기정도, 투과상태)를 평가하는 모델을 종합하고 도구 사용자의 요구사항에 부합하는 여러 기능을 제공하며, 사용자의 수준에 맞게 평가 이유 시각화를 제공하는 흉부 X-ray 품질평가 및 보조를 할 수 있는 도구를 제안한다. 2장에서는 기개발된 선행 연구 및 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 흉부 X-ray 품질평가 도구의 사용자를 고려한 요구사항을 도출하여 이를 기반으로 평가 도구의 Work Flow를 정의한다. 4장에서는 설계한 Work Flow를 기반으로 평가 도구를 개발하며 평가 도구의 산출물과 여러 기능을 소개한다. 마지막으로 5장에서는 품질평가 도구의 전반적인 기능을 정리하고 기대 효과와 향후 발전 가능성을 소개한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 이미지 데이터 품질평가 기법

이미지 품질평가(Image Quality Assessment)는 블러링, 화이트 노이즈, 압축 등의 이미지 왜곡(Image Distortion)

현상으로 인한 이미지 품질의 손실, 열화(Degradation) 정도가 평가된다. [10]의 연구에서는 X-ray 보안검사에 사용되는 X-ray 영상에 대한 품질평가를 이미지의 해상도와 물질 구분 능력(색도, 채도)을 평가 요소로 설정하여 품질평가를 진행한다. [11]의 연구에서는 원본 이미지를 참고할 수 있는지의 여부에 따라 FR-IQA(Full Reference), RR-IQA (Reduced Reference), NR-IQA(No Reference) 총 3가지로 나누고 여러 척도를 이용하여 이미지의 품질평가를 진행한다. FR-IQA 방식이 가장 안정적이고 신뢰도가 높아, 많은 분야에서 활용되고 있지만 원본 이미지에 대한 정보가 필요하다. 하지만 NR-IQA 방식은 원본 이미지에 대한 정보가 필요 없어 그 활용도가 높다.

이러한 NR-IQA 방식은 기계학습 및 딥러닝의 발전에 따라 연구가 활발히 진행되었다. 특히 CNN(Convolution Neural Network)을 활용한 NR-IQA 방식의 영상 품질평가가 주로 이루어졌으며, 흉부 X-ray 영상에 이를 적용한 연구가 존재한다[12,13]. [12]의 연구에서는 흉부 중앙을 기준으로 4개의 지점으로 나누고 이를 CNN의 발전모델인 U-Net을 이용하여 품질을 분류할 수 있는 방식을 제안하였고, [13]의 연구에서는 흉부 X-ray의 회색조(Gray-Level)과 선명도(Sharpness)를 평가 요소로 하여 이를 분류하는 CNN 모델을 제안한다. 하지만 이러한 연구들은 품질을 평가하는 요소가 해상도, 색도, 채도, 회색조, 선명도와 같이 이미지 왜곡 현상에 중점을 둔 것이다. 앞서 제시한 흉부 X-ray 영상 화질 평가 기준표의 세부 품질평가 요소인 인공음영, 포함범위, 환자자세, 흡기정도, 투과상태)에 대한 세부 품질평가를 실현하기 어려움이 있다.

### 2.2 임상 가이드라인 기반 흉부 X-ray 영상 품질평가

흉부 X-ray 영상은 실제 임상에서 품질평가를 위해 적용되는 가이드라인이 Table 1과 같이 존재한다. 이는 A 병원에서 품질평가 시 실제 사용 중인 기준이며, 의료 전문가가 흉부 X-ray의 특성을 반영하여 정의한 평가 기준이다. 영상 화질평가는 크게 일반 정보와 영상 정보 총 2가지로 나뉜다. 이 중 일반 정보는 환자의 개인정보에 관련된 데이터 셋으로 흉부 X-ray 영상의 품질과는 연관이 없어 이는 영상 기반의 품질평가 대상에서 제외된다. 다음으로 영상 정보는 흉부 X-ray 영상의 품질을 나타내는 항목이며 진단 시 중요하게 보는 5가지 요소로 구성되어 있다. 구성 요소로는 인공음영, 포함범위, 환자자세, 흡기정도, 그리고 투과상태로 총 5가지이며, 각 기준을 기반으로 품질평가를 수행한 선행연구들은 Table 2와 같다. 이러한 선행 연구는 평가 방법에 있어서 A 병원의 영상의학과 교수의 자문을 거쳐 수정 및 보완되어 객관성을 보장하며 한다. 하지만 기개발된 선행 연구는 5가지 평가 요소들에 대해 독립적으로만 품질평가가 가능하다. 따라서 이는 흉부 X-ray 영상에 대해 5가지 품질요소를 한 번에 평가해야 하는 임상에서의 사용에는 어려움이 있다.

Table 2. Prior Research by Assessment Factor

Factor	Evaluation Method	Prior Research
Inclusion	Lung Area Detection and Assessment Model	[7-9]
Inspiration	Ribs 8-10 Detected and Assessment Model	[7]
Artifact	Deep Learning Classification Model	[7]
Penetration	Gray Scale Histogram Model	[8]
Posture	3D Histogram Model	[9]

### 3. 요구사항 도출 및 Work Flow

#### 3.1 흉부 X-ray 품질평가 도구의 요구사항 도출

제안하는 도구는 X-ray 품질평가를 수행하는 영상의학과 전문의와 진단의의 역할을 보조해야 해야 한다. 따라서 영상의학과 전문의와 진단의의와의 소통을 통해 요구사항을 도출하였고 이는 다음과 같다.

- 1) 단일 흉부 X-ray 영상에 대한 품질 평가가 이루어져야 한다.
- 2) 다중 흉부 X-ray 영상에 대한 품질 평가가 단계별로 이루어져야 한다.
- 3) 평가한 평가 결과에 대한 평가 근거를 사용자의 수준에 맞게 시각화할 수 있어야 한다.
- 4) 평가한 평가 결과를 사용자가 원하는 품질요소에 따라 분류하고 이를 선택적으로 확인할 수 있어야 한다.
- 5) 평가한 평가 결과를 기록하여 파일 형태로 저장이 이루어져야 한다.

#### 3.2 흉부 X-ray 영상 품질평가 도구 설계

3.1절에서 도출한 요구사항에 따라 Fig. 2와 같이 6가지 UI를 정의하며, UI는 다음과 같은 기능을 수행한다.

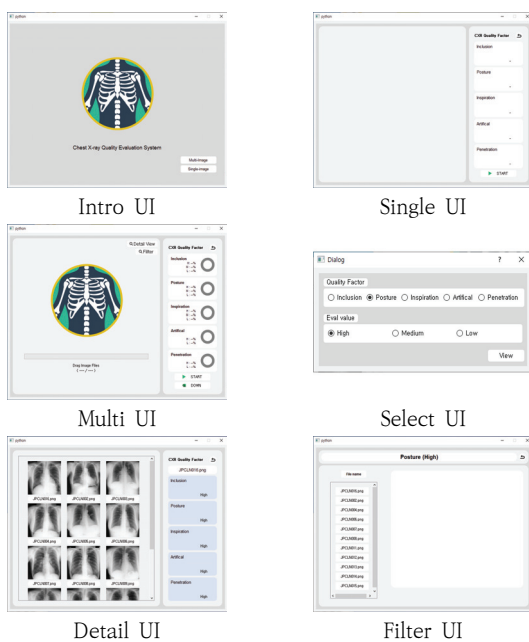


Fig. 2. UI of Quality Assessment Tool

- **Intro UI:** 평가 도구를 시작할 시 나오는 UI로서 사용자로부터 평가 진행 방식(단일 영상 품질평가, 다중 영상 품질평가)을 입력받는다.
- **Single UI:** 단일 영상에 대한 품질평가를 수행하고 이를 시각화하는 기능을 수행한다.
- **Multi UI:** 다중 영상에 대한 품질평가를 수행하고 이를 시각화하는 기능을 수행한다.
- **Select UI:** 사용자로부터 분류하고자 하는 분류정보(평가 요소와, 평가 결과)를 입력 받는 기능을 수행한다.
- **Detail UI:** 평가가 완료된 다중 영상 중에서 사용자가 확인하고자 영상의 결과만을 시각화하는 기능을 수행한다.
- **Filter UI:** Select UI에서 입력한 분류정보(평가 요소, 평가 결과)를 받아 다중 영상을 분류하여 시각화하는 기능을 수행한다.

앞서, 도출한 평가 도구의 요구사항을 고려하여 정의한 6 가지 UI를 이용하여 Work Flow를 정의한다(Fig 3). 평가 도구의 입력은 흉부 X-ray 단일/다중 영상이고, 평가는 관련 연구 2에서 제시한 평가 기준을 따른다. 평가를 거쳐 산출된 평가 도구의 산출물(S/W Output)은 품질결과(Assessment Quality)와 시각화(Visualization)이다. 이는 사용자의 선택(단일, 다중-세부사항, 다중-분류)에 따라 다르게 산출된다. 단일 기능의 경우 해당 영상의 평가 결과와 근거가 시각화되고, 다중-세부사항의 경우 입력된 다중 영상을 모두 출력하고 이 중 확인하고자 하는 X-ray 영상을 누르면 해당 영상의

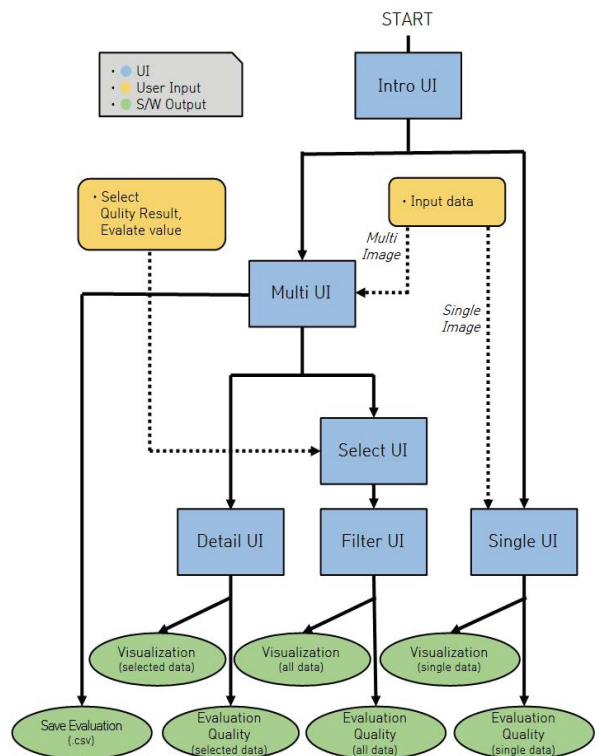


Fig. 3. Work Flow of Quality Assessment Tool

평가 결과가 시각화된다. 마지막으로 다중-분류의 경우 사용자가 분류하여 시각화 하고자하는 분류정보(평가 요소, 평가 결과)를 선택하면 이에 해당하는 흉부 X-ray 영상들만이 시각화된다. 만일, 사용자가 분류정보(포함범위 / H)를 입력하면 평가된 흉부 X-ray 영상 중 포함범위가 High인 영상만을 분류하여 시각화하게 된다. 다음으로 평가 도구의 산출물(S/W Output) 위한 UI 요구사항을 설정한다.

### 3.3 5가지 평가요소의 평가 방식

흉부 X-ray 영상을 평가하는 평가요소에는 인공음영, 포함범위, 환자자세, 흡기정도, 투과상태가 존재하고 이를 다음과 같은 방식으로 평가를 진행한다.

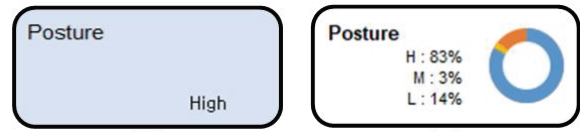
- **인공음영:** 인공음영이 존재하는 데이터와 존재하지 않는 데이터를 딥러닝 분류모델에 넣어 학습한 모델을 이용하여 평가한다.
- **포함범위:** 딥러닝 모델을 이용해 폐 영역을 검출하고 X-ray 영상을 4부분으로 나누어 각 부분에 포함되는 정도에 따라 점수를 차등 분배해 이를 종합하여 평가한다.
- **환자자세:** 흉부 X-ray 영상의 세로축 픽셀의 평균을 구하고 평균이 좌우 균형을 이루는지에 따라 점수를 부여한다. 또한 심장, 횡격막, 견갑골 그리고 폐와 같은 주요 장기들의 표준 위치를 통계적인 방식으로 설정하고 주요 장기들이 표준 위치와 얼마나 떨어져 있는지에 따라 점수를 부여하여 이를 종합하여 평가한다.
- **흡기정도:** 딥러닝 모델을 이용하여 폐를 감싸는 갈비뼈를 검출하고 특정 영역 내부에서 8-10번 갈비뼈가 얼마나 검출되었는지를 평가한다.

## 4. 흉부 X-ray 영상 품질평가 도구 개발

### 4.1 평가 도구의 산출물(S/W Output) 구현

평가 도구의 산출물은 품질결과(Assessment Quality), 시각화(Visualization), 결과 저장(Save Assessment) 3가지로 정의된다. 산출물에 대한 5가지 평가 요소에 대한 평가 기준은 선행 연구[8-10]와 Table 1의 흉부 X-ray 영상 화질 평가 기준표를 참고하였으며, 도구의 산출물에 대한 세부적인 사항은 다음과 같다.

- 1) **품질결과(Assessment Quality):** 평가된 영상에 대한 품질결과를 Fig. 4와 같이 산출한다. 품질결과는 기본적으로 높음 / 중간 / 낮음(High / Medium / Low)으로 평가되며, 품질요소 중 인공음영과 투과상태 경우에만 높음 / 낮음 (High / Low)로 평가된다. 이러한 품질결과는 단일 영상과 다중 영상에 따라 다르게 시각화된다. 단일 영상의 경우 1개의 X-ray 영상에 대해서만 품질결과가 시각화되므로 High / Medium / Low과 함께 파란색 / 노란색 /



A. Single Image B. Multiple Images

Fig. 4. Assessment Result Visualization

빨간색 배경으로 시각화된다(Fig. 4A). 다중 영상의 경우 모든 다중 영상에 대한 품질결과를 모두 출력할 수 없으므로 각 품질요소별 High / Medium / Low의 비율(%)과 이와 대응되는 원형 차트를 함께 출력한다(Fig. 4B).

- 2) **시각화(Visualization):** 제안하는 평가 도구의 평가 결과에 대한 이해를 돕기 위해, 평가 근거와 기준을 시각화한다. 제안하는 품질평가 도구의 세부적인 평가 근거는 Table 3과 같다. 또한, 품질평가 결과에 대한 평가 기준이 X-ray 영상 내 해부학적 구조물과 시각화 도구(선, 그래프, 마크)와 함께 시각화된다. 포함범위의 경우, 특정 범위를 빨간색 경계선으로 표현하고 검출된 폐를 파란색 경계선으로 표현하여 폐가 특정 범위 안에 있는지를 쉽게 파악할 수 있게 근거를 시각화한다. 환자자세의 경우 주요 장기(폐, 심장, 횡격막, 견갑골)의 기준 위치를 통계적으로 설정하고 이를 흉부 X-ray 영상과 Overlap 하여 평가 도구 사용자가 주요 장기가 기준으로부터 얼마나 떨어져 있는지를 확인할 수 있게 근거를 시각화하며, 흉부 X-ray의 세로축 일정 부분(y=400-450)의 평균을 구하고 이를 그래프로 띄움으로써 좌우 균형을 확인할 수 있게 근거를 시각화한다. 흡기정도의 경우 폐를 감싸고 있는 갈비뼈를 Segmentation하고 빨간색 선과 초록색 마크(X 형태)를 이용하여 검출된 갈비뼈 개수를 확인할 수 있게 근거를 시각화한다. 인공음영의 경우 End-to-End 딥러닝 모델에 의해 평가가 진행되므로 사용자가 평가 결과에 대해 이해할 수 있는 근거를 시각화할 수 없다. 투과상태의 경우 인공음영과 동일하게 End-to-End 딥러닝 모델에 의해 평가가 이루어지지만, 흉부 X-ray 영상에 Histogram을 진행하여 이를 모델의 입력으로 넣고 Histogram의 형태에 따라 평가 결과에 대한 근거를 확인할 수 있어 이를 시각화한다(Fig. 5).

Table 3. Reason of Quality Assessment Factor

Factor	Description
Inclusion	Are the Lungs within a Certain Range?
Posture	Are the Black and White Averages of Vertical Pixels Balanced?
Inspiration	Are Ribs 8-10 Detected?
Artifact	Is there Artifact Inside the Lung Area?
Penetration	Is the Histogram Shape Close to U?

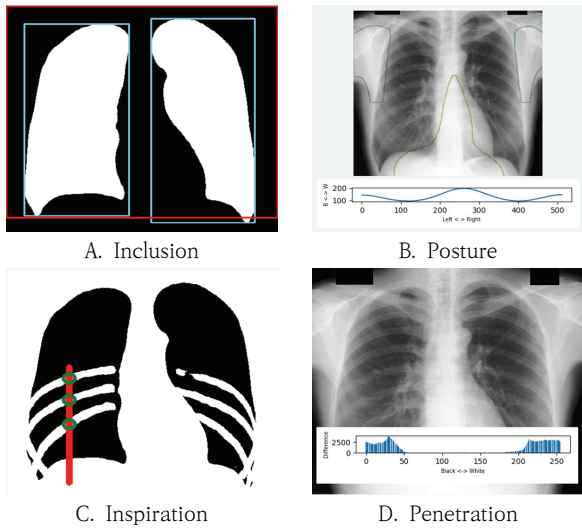


Fig. 5. Example of Detailed Quality Assessment Visualization

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

Fig. 6. Result Save File Example

3) **결과 저장(Save Assessment):** 품질평가 도구에 입력된 영상에 대한 품질결과를 저장한다. 품질의 높음 / 중간 / 낮음 에 대한 결과를 2 / 1 / 0으로 변환한다. 또한, 저장 순서는 파일 경로, 평가 요소 순으로 csv 파일형식으로 저장된다(Fig. 6).

#### 4.2 단일 영상에 대한 품질평가 구현

사용자가 단일 영상을 입력하여 품질평가를 진행하면 Fig. 7A와 같이 해당 영상이 좌측에 출력되며 우측에는 각 평가 요소에 대해 평가 결과가 출력되게 된다. 또한, 평가 결과에 대한 근거를 확인하고자 하는 평가 요소에 대해 해당 출력 창에 마우스를 호버링하게 되면, Fig. 7B와 같이 좌측의 영상이 4.1절 시각화 예시의 영상으로 바뀌게 되고 호버링 취소 시 기존의 영상으로 돌아가게 된다.

#### 4.3 다중 영상에 대한 품질평가 구현

사용자가 다중 영상을 입력하여 품질평가를 진행한 뒤 품질평가를 확인하고자 하면 상세보기와 분류 총 2가지의 방식이 있다. 상세보기의 경우 Fig. 8A와 같이 입력한 모든 다중 영상들이 좌측에 격자형식으로 해당 영상과 파일명이 3 x n 형식으로 나열되게 되고 사용자가 평가 결과를 확인하고자 하는 X-ray 영상을 누르면 5가지 평가요소에 대한 평가 결과가 출력된다. 분류의 경우(Fig. 8B)와 같이 사용자가 입력한 분류정보(평가 요소, 평가 결과)가 상단에 출력되게 되고

좌측에 사용자의 요구에 따라 분류된 영상들의 파일명이 수직으로 나열되게 된다. 또한, 해당 파일명을 클릭하면 해당 영상이 새 창과 함께 출력되게 된다.

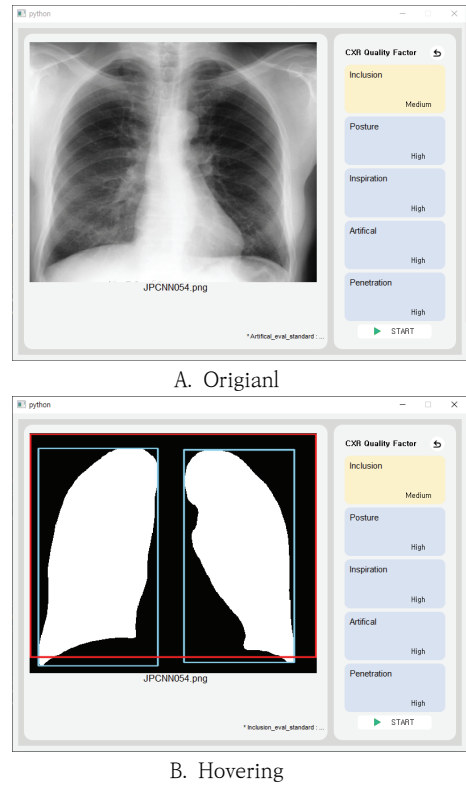


Fig. 7. Example of Single Assessment (Inclusion)

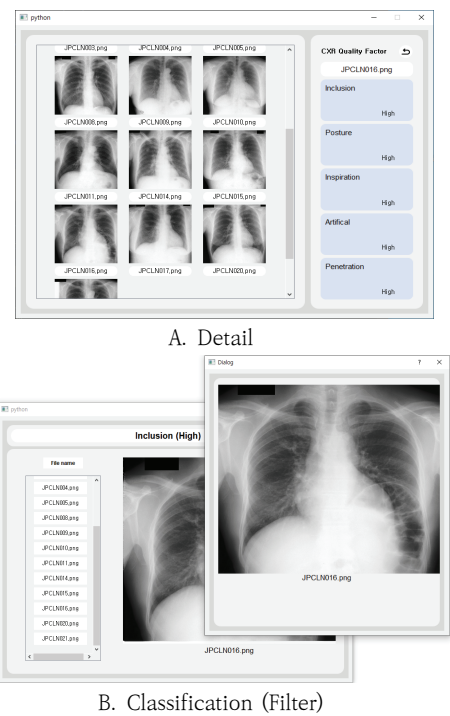


Fig. 8. Detail & Classification (Filter) Visualization

4.4 평가 도구에 대한 성능분석

제안된 평가 도구는 일본 방사능 기술 학회의 데이터 JSRT흉부 X-ray 영상을 이용하여 성능분석을 진행하였고 해당 데이터는 여러 환자의 회색조 흉부 X-ray 영상으로 구성되어 있으며, 5가지 평가 모델에 입력되기 전 모델에 맞는 크기와 형태(HxWxC, RGB/Grayscale)로 변환되어 사용되므로 도구 사용자가 따로 전처리해 주는 과정이 필요하지 않다. 이러한 JSRT 데이터 35장을 입력으로 넣었을 때 고품질 비율은 (Inclusion : 91% / Posture : 83% / Inspiration : 100% / Artificial : 100% / Penetration : 54%)로 평가되었다(Fig. 9). 또한, JSRT 단일 데이터(JPCNN054)를 입력으로 넣었을 때는 (Inclusion : M / Posture : H / Inspiration : H / Artificial : H / Penetration : H)로 평가되었으며 Fig. 10B~10F와 같이 평가 근거를 시각적으로 확인할 수 있는 것을 볼 수 있다.

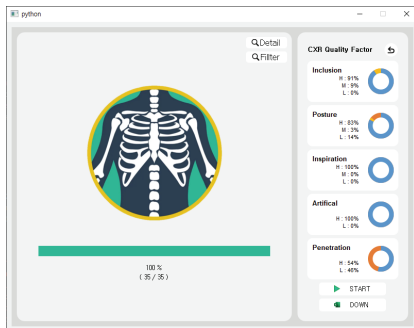


Fig. 9. Performance Analysis Example(Multi)

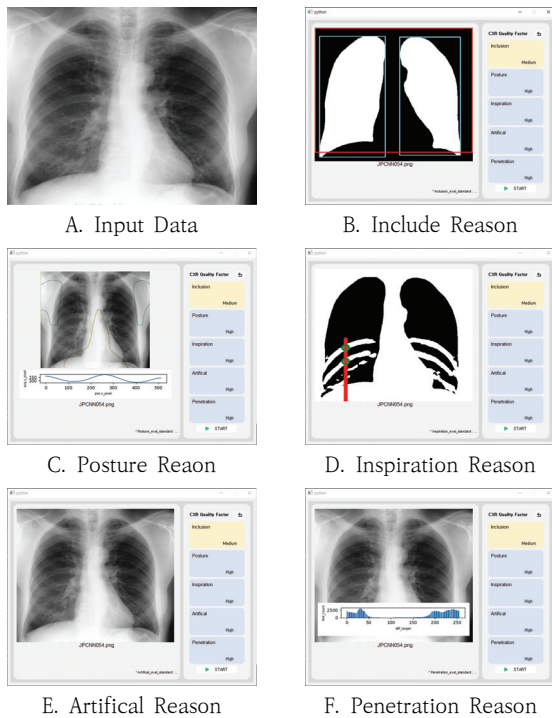


Fig. 10. Performance Analysis Example(Single)

5. 결 론

본 논문에서는 흉부 X-ray 영상 품질평가의 부담을 줄이기 위해 품질평가를 보조하는 도구를 제안한다. 제안하는 도구는 아주대학교 병원에서 사용 중인 영상 화질 평가 가이드 라인을 기준으로 5가지 평가 요소를 종합적으로 평가한다. 단일 영상과 다중 영상 모두 평가가 가능하며, 다양한 기능을 제공하여 사용자의 선택에 따라 원하는 영상을 선택적으로 결과를 확인할 수 있다. 또한, 평가 근거를 사용자의 수준에 맞게 제공하여 평가 결과에 대한 사용자의 이해를 도울 수 있어 품질평가를 보조할 수 있다. 제안하는 도구는 흉부 X-ray 품질평가의 자동화뿐만 아니라 학습을 모델 개발에 높은 품질의 학습데이터를 선별하는 과정에도 사용될 수 있다.

References

- [1] G. Chassagnon, M. Vakalopoulou, N. Paragios, and M. P. Revel, "Artificial intelligence applications for thoracic imaging," *European Journal of Radiology*, Vol.123, pp.108774, 2020.
- [2] S. You, E. Kim, K. Park, and J. Sun, "Visual assessment of calcification in solitary pulmonary nodules on chest radiography: Correlation with volumetric quantification of calcification," *European Radiology*, Vol.29, No.8, pp.4324-4332, 2019.
- [3] J. S. Whaley, B. D. Pressman, J. R. Wilson, L. Bravo, W. J. Sehnert, and D. H. Foos, "Investigation of the variability in the assessment of digital chest X-ray image quality," *Journal of Digital Imaging*, Vol.26, No.2, pp.217-226, 2013.
- [4] W. K. Jeong and B. I. Choi, "Burnout among Radiologists in Korea: Prevalence, Risk Factors, and Remedies," *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol.83, No.4, pp.776-782, 2022.
- [5] X. Li et al., "Multi-resolution convolutional networks for chest X-ray radiograph based lung nodule detection," *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol.103, pp.101744, 2020.
- [6] C. Qin, D. Yao, Y. Shi, and Z. Song, "Computer-aided detection in chest radiography based on artificial intelligence: A survey," *Biomedical Engineering Online*, Vol.17, No.1, pp.1-23, 2018.
- [7] Y. G. Kim, Y. S. Park, J. S. Sun, and J. W. Lee, "Open dataset quality evaluation for performance improvement of chest X-Ray image-based learning model," *Korea Conference on Software Engineering*, pp.43-51, 2022.
- [8] S. B. Bea, Y. S. Park, J. S. Sung, and J. W. Lee, "Quality evaluation method for chest X-ray images using the reference patterns," *2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence Circuits and Systems (AICAS)*, Korea, pp.266-269, 2022.

[9] H. J. Choi, S. B. Bea, Y. S. Park, and J. W. Lee, "Quality evaluation of chest X-ray images using region segmentation based on 3D histogram," *2021 Annual Conference of KIPS*, pp.903-906, 2021.

[10] W. Wei, "An image quality assessment method based on HVS," *2007 41st Annual IEEE International Carnahan Conference on Security Technology*, IEEE, 2007.

[11] L. S. Chow and R. Paramesran, "Review of medical image quality assessment," *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol.27, pp.145-154, 2016.

[12] J. E. McManigle, R. R. Bartz, and L. Carin. "Y-Net for chest X-Ray preprocessing: Simultaneous classification of geometry and segmentation of annotations," *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, IEEE, 2020.

[13] Y. Meng et al., "Automatic no-reference quality assessment in chest radiographs based on deep convolutional neural networks," Research Square, 2022.

[14] M.-J. Chen, L. K. Cormack, and A. C. Bovik, "No-reference quality assessment of natural stereopairs," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.22, No.9, pp.3379-3391, 2013.

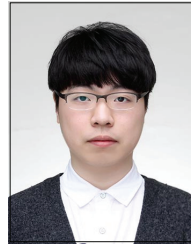
[15] R. Fang, R. Al-Bayaty, and D. Wu, "BNB method for no-reference image quality assessment," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.27, No.7, pp.1381-1391, 2017.

[16] Q. Li, W. Lin, J. Xu, and Y. Fang, "Blind image quality assessment using statistical structural and luminance features," *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.18, No.12, pp.2457-2469, 2016.



**남 기 현**

<https://orcid.org/0000-0002-9206-1809>  
 e-mail : ygw0903@ajou.ac.kr  
 2018년~현 재 아주대학교 전자공학과  
 학사과정  
 관심분야 : Computer Vision, Machine Learning, Deep Learning, Embedded Software



**유 동 연**

<https://orcid.org/0000-0002-5780-0661>  
 e-mail : dongso125@ajou.ac.kr  
 2019년 아주대학교 전자공학과(학사)  
 2021년 아주대학교 전자공학과(석사)  
 2021년~현 재 아주대학교  
 AI융합네트워크학과  
 전자공학전공 박사과정

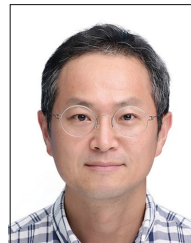
관심분야 : Data Analysis, Machine Learning, Deep Learning, Collaborative Robot, Predictive Maintenance, Intelligent Embedded Software



**김 양 곤**

<https://orcid.org/0000-0003-2824-6654>  
 e-mail : djwoajs96@ajou.ac.kr  
 2021년 아주대학교 전자공학과(학사)  
 2023년 아주대학교 AI융합네트워크학과  
 전자공학전공(석사)  
 2023년~현 재 LIG Nex1 드론개발단  
 연구원

관심분야 : Computer Vision, Image Processing, Machine Learning, Deep Learning, Embedded Software



**선 주 성**

<https://orcid.org/0000-0002-3408-8544>  
 e-mail : sunnahn@ajou.ac.kr  
 1996년 아주대학교 의과대학 영상의학과  
 (학사)  
 1999년 아주대학교 의과대학 영상의학과  
 (석사)

2005년~현 재 아주대학교 의과대학 영상의학과 교수  
 관심분야 : Lung Cancer, Radiomics



**이 정 원**

<https://orcid.org/0000-0001-8922-063X>  
 e-mail : jungwony@ajou.ac.kr  
 1993년 이화여자대학교 전자계산학과(학사)  
 1995년 이화여자대학교 전자계산학과(석사)  
 1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원  
 2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과(박사)

2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과 BK교수, 전임강사 (대우)  
 2006년~현 재 아주대학교 전자공학과/AI융합네트워크학과 교수  
 관심분야 : Context awareness, Big Data Analysis, Predictive Maintenance, Collaborative Robots, Intelligent Embedded Software