

인공지능 기반 실시간 MES 자동화 평가 모델 개발

Development of AI-based real-time MES automation evaluation model

김재승¹, 김현영², 김윤재³, 김영재⁴, 김광기⁵, 박동균^{6*}

Jae-Seoung Kim¹, Hyun-Young Kim², Jae-Yoon Kim³,
Young Jae Kim⁴, Kwang Gi Kim⁵, Dong Kyun Park^{6*}

요약

염증성 장질환이란 장에 만성적인 원인불명의 염증을 일으키는 질환으로 궤양성 대장염과 크론병을 말한다. 염증성 장질환의 진단은 환자의 여러 정보들을 종합적으로 판단하여 진단을 내리게 된다. 이 중 가장 중요하고 근간이 되는 검사가 내시경 검사이다. MES는 궤양성 대장염 환자를 대상으로 다양한 임상시험에서 내시경적 염증 활성도를 객관적으로 평가하는 대표적인 표준화 지표이다. 본 연구에서는 인공지능 기술을 적용하여 이에 대한 자동화 평가 모델을 제안하였다. 실제 임상현장에서의 사용성을 높이기 위하여 중요한 것은 인공지능 모델의 실시간 처리 능력이다. 객체 분류 모델 중 실시간 시스템에 적합한 YOLO 모델을 사용하여 기존 머신러닝 모델과 객체 분류 모델로 많은 성과를 보이고 있는 Faster R-CNN과의 정확도를 비교한 결과 MLP 75.3%, SVM 78%, Faster R-CNN 90.5%, 제안하는 방법 92.7%를 보였다. 초당 프레임 처리 속도는 Faster R-CNN에 비해 약 10배 이상의 빠른 처리속도 처리를 보였다.

핵심어 : 염증성 장질환, 궤양성 대장염, 내시경 점수 시스템, 인공지능 모델, 옴로

Abstract

Inflammatory bowel disease is a disease that causes chronic, unknown inflammation of the intestine, including ulcerative colitis and Crohn's disease. Diagnosis of inflammatory bowel disease is made by comprehensively judging various information of the patient. The most important and fundamental

1 Health IT Research center, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea [Researcher]

e-mail: mpmkjs@gilhospital.com

2 Z&K co.ltd, Incheon, Korea [Researcher]

e-mail: znk1026@kita.net

3 Health IT Research center, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea [Professor]

e-mail: yoonmed@gilhospital.com

4 Department of Biomedical Engineering, College of IT Convergence, Gachon University, Seongnam, Korea [Associate professor]

e-mail: youngjae@gachon.ac.kr

5 Department of Biomedical Engineering Medical Center, College of Medicine, Gachon University, Incheon, Korea [Professor]

e-mail: kimkg@gachon.ac.kr

6 Health IT Research center, Gachon University Gil Medical Center, Incheon, Korea [Professor]

e-mail: pdk66@gilhospital.com (Corresponding author)

* 본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건의료정보원의 의료데이터 중심병원 지원사업 지원에 의하여 이루어진 것임

Received(January 4, 2023), Review Result(1st: January 31, 2023), Accepted(February 10, 2023), Published(February 28, 2023)



© 2023 The Authors. Published by NCIS.

This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

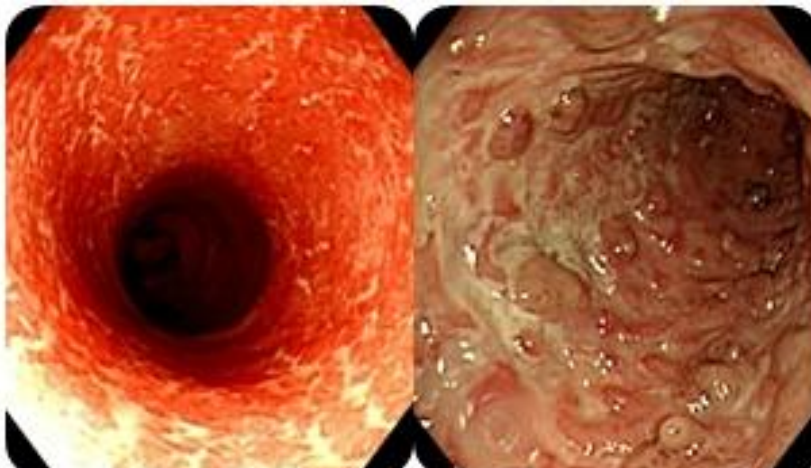
examination among these is endoscopy. MES is a representative standardized index that objectively evaluates endoscopic inflammatory activity in various clinical trials targeting patients with ulcerative colitis. In this study, an automated evaluation model was proposed by applying artificial intelligence technology. What is important to improve usability in actual clinical settings is the real-time processing capability of artificial intelligence models. As a result of comparing the accuracy of the existing machine learning model and Faster R-CNN, which is showing great results as an object classification model, using the YOLO model suitable for real-time system among object classification models, MLP 75.3%, SVM 78%, Faster R-CNN 90.5%, showed 92.7% how to suggest. The frame per second processing speed showed about 10 times faster processing speed compared to Faster R-CNN.

Keyword : Inflammatory bowel disease, ulcerative colitis, endoscopic score, AI model, YOLO

1. 서론

염증성 장질환이란 장에 만성적인 원인불명의 염증을 일으키는 질환으로 궤양성 대장염과 크론병을 말한다. 넓은 의미로는 세균성 장염, 아메바성 이질이나 결핵성 장염, 베체트 장염, 허혈성 장염, 방사선 조사 후 장염 등이 모두 장에 발생하는 염증성 질환이나, 일반적 의미에서 염증성 장질환이라 할 때는 궤양성 대장염과 크론병을 지칭한다.

염증성장질환은 비교적 경미한 경과를 보이는 경우에서부터 급성 악화로 인하여 입원 및 수술이 필요한 경우, 중증상태로 일상생활조차 불가능한 경우까지 다양한 임상 경과를 보이는 질환으로 특히 궤양성 대장염은 대장의 점막 또는 점막하층에 국한된 염증을 특징으로 하는 원인 불명의 만성 염증성 장질환으로, 호전과 악화가 반복되는 혈성 설사와 대변급박감 및 복통 등이 주증상이다 [1][2]. 궤양성 대장염은 국내에서도 발생률이 급격히 증가하고 있는 추세로 정확한 진단에 대한 중요성이 강조되고 있다.



[그림 1] 염증성 장질환의 내시경 사진(좌: 궤양성 대장염, 우: 크론병)

[Fig. 1] Endoscopic pictures of inflammatory bowel disease(left: ulcerative colitis, right: Crohn's disease)

염증성 장질환의 진단은 환자의 여러 정보들을 종합적으로 판단하여 진단을 내리게 되며 이 중 가장 중요하고 근간이 되는 검사가 내시경 검사이다. 내시경 검사를 통해 수집된 영상은 각 질환 별로 특징적인 모습을 가지는 영상도 있으나, 결핵성 장염, 감염성 장염 등 다른 질환과의 감별이 어렵고, 크론병 및 궤양성 대장염의 상호 진단이 어려운 경우도 빈번히 존재한다 [그림 1].

따라서 염증성 장질환의 판별은 숙련된 내시경 의사의 소견이 매우 중요하며 기타 결핵성 장염, 일반 장염, 바이러스성 장염 등의 감별이 매우 중요하다.

최근 신약의 개발과 함께 치료 전략이 발전하면서, 염증성 장질환의 치료 목표로 임상 관해와 함께 점막 치유(mucosal healing) 또는 내시경적 관해(endoscopic remission)가 강조되고 있다. 질병의 중증도와 염증 범위 등을 고려하여 적절한 치료 약물의 선택과 함께 치료 중 대장내시경 평가를 통해서 치료 반응을 객관적으로 평가하고 치료 약제를 조정함으로써 최적의 치료 효과를 얻는 것이 중요하다.

염증성 장질환의 대장내시경 활성도를 평가하는 대표적인 지표로 Mayo endoscopic score(MES), Baron score, Ulcerative colitis endoscopicindex of severity (UCEIS) 등이 있다 [3]. 그 중 MES는 대표적으로 많이 사용되는 지표 중 하나로 쉽게 점수를 매길 수 있고 현재까지 가장 많은 연구가 되어 있는 지표이다. MES는 관찰자간의 일치도가 높은 평가 방법으로 혈관상 및 궤양, 출혈 등의 소견을 종합하여 총 점수가 0-3점까지 분포한다 [4].

본 연구에서는 염증성 장질환의 내시경적 활성도의 가장 대표적인 지표인 MES를 자동화로 평가하는 인공지능기반 시스템을 제안한다. 특히, 실제 의료현장에서의 적용 가능성을 높이기 위하여 실시간 대장내시경 환경에서 적용 가능한 방법을 제안함으로써 임상에서 널리 활용될 수 있도록 하는데 그 목적을 둔다.

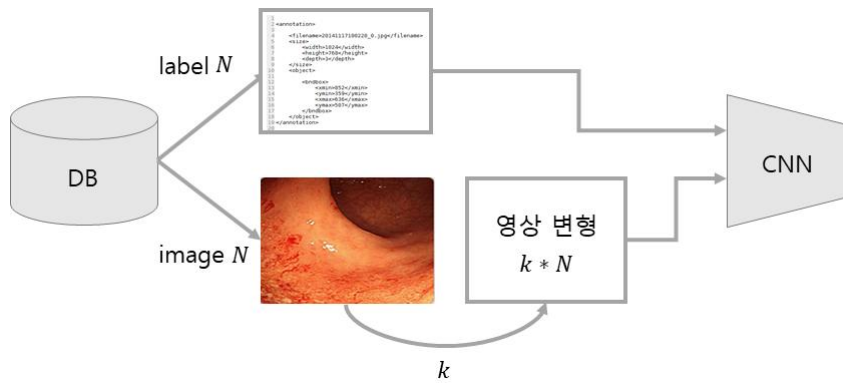
2. 본론

2.1 Data Augmentation

Data Augmentation은 CNN의 성능을 높이기 위한 방법 중 하나로 [그림 2]와 같이 입력 데이터에 대하여 다양한 방법을 통한 변형을 한 후 동일한 레이블 정보를 사용하여 학습에 사용하는 방식이다.

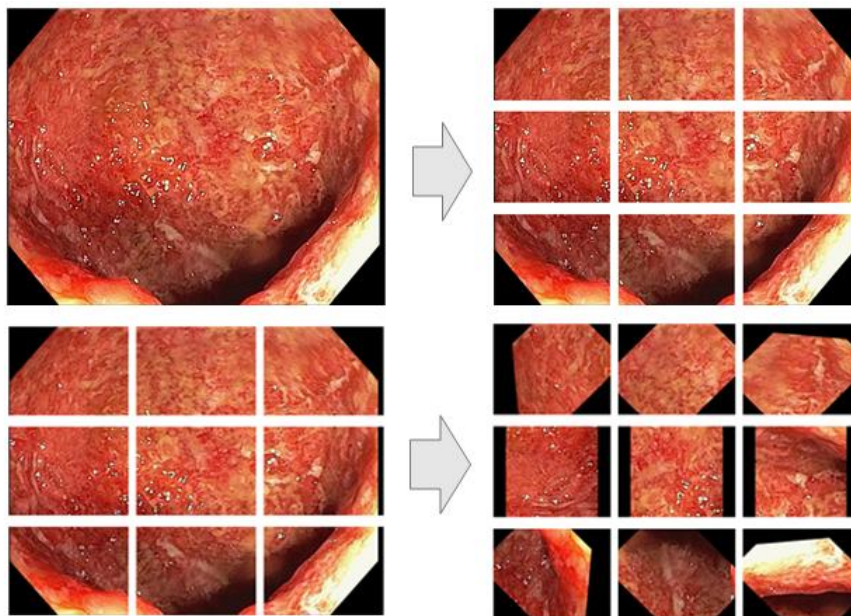
이는 보유하고 있는 데이터가 적어서 데이터의 일반화 특성이 떨어지는 현상이나, 학습 모델의 과적합이 발생할 경우 학습 데이터를 Augmentation하여 문제를 해결한다 [5]. Data Augmentation은 일반적으로 회전(rotate), 이동(translate), 반전(flip), 스케일변환(scale), 영역 잘라내기(crop)등의 기법을 사용한다 [6]. 사람이 인지하지 못하는 약간의 픽셀 변화로도 컴퓨터는 영상을 벡터의 형태로 표현하고 인식하기 때문에 원본 영상과 다른 것으로 인식하게 되고 이러한 점을 착안하여 다양한

데이터를 생성 해 낼 수 있다.



[그림 2] Data Augmentation 개념도

[Fig. 2] Conceptual diagram of Data Augmentation



[그림 3] Data Augmentation 적용 결과

[Fig. 3] Data Augmentation application result

본 논문에서는 [그림 3]과 같이 총 500명의 환자를 대상으로 수집한 데이터에 대하여 가천대 길 병원 소화기 내과 전문의의 검증을 통해 분류한 염증성 장질환의 중증도별 내시경 영상에 Data Augmentation을 적용하여 총 5,000건의 영상을 학습에 사용하였다. 염증에 대한 주요 정보를 손실

하지 않기 위하여 픽셀의 변화를 주지 않고, 원본영상에 대해 분할 및 회전에 대한 Data Augmentation을 수행하였다.

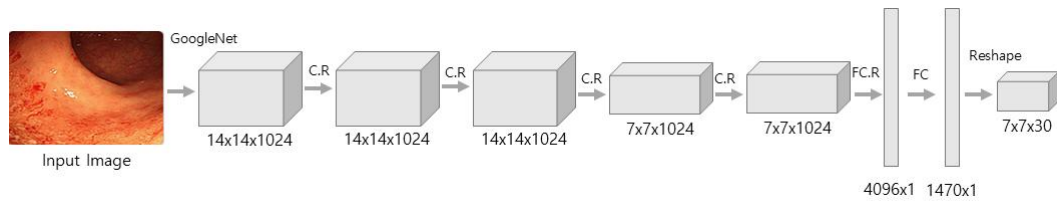
2.2 YOLO(You Only Look Once) : Unified, Real-Time Object Detection

본 논문에서는 염증성 장질환의 MES 자동화 평가 모델의 임상현장 사용 가능성을 높이기 위하여 실시간 검출에 강인한 YOLO [7] 모델을 사용하였다. R-CNN기반의 객체 인식 알고리즘은 1)객체영역 제안, 2)객체인식의 2단계 구조로 되어있다. YOLO는 이러한 객체인식 알고리즘의 속도를 더욱 개선하기 위하여 제안된 최초의 원샷(one-shot) 아키텍처(architecture)이다. 원샷 아키텍처의 프로세스는 영상을 하나의 CNN으로 한 번만 처리하기 때문에 영역 및 객체 영역 제안이 필요하지 않으므로 기존 R-CNN 기반의 알고리즘보다 간단하고 훨씬 빠른 속도로 물체를 인식할 수 있다. YOLO의 영상 1장에 대한 처리 시간은 22ms이며 이는 Faster R-CNN보다 약10배 정도 빠른 수치로, 비디오 환경에서 객체를 실시간으로 인식 할 수 있을 정도의 수준이다.

$$\begin{aligned} \Pr(Class_i|Object) \times \Pr(Object) \times IOU \frac{truth}{pred} \\ = \Pr(Class_i) \times IOU \frac{truth}{pred} \end{aligned} \quad (1)$$

YOLO는 입력 영상을 $S \times S$ 그리드(grid)로 분할하며 각 그리드 셀은 B 개의 바운딩박스와 그 박스들에 대한 confidence 점수를 예측한다. (식 1)은 그리드로 분할된 바운딩박스에 대한 confidence점수를 나타낸다. confidence 점수는 해당 박스가 얼마나 정확하게 예측했는지를 반영하며 $\Pr(Object) \times IOU(truth, pred)$ 와 같이 표현할 수 있다. 그리드 셀 안에 아무 객체도 없으면 confidence 점수는 0이 된다. 각각의 바운딩 박스는 $x, y, w, h, confidence$ 5가지 파라미터를 예측한다. 여기서 (x, y) 좌표는 그리드 셀에 상대적인 바운딩 박스의 중심 좌표이고, (w, h) 는 전체 이미지의 크기에 비해 상대적으로 예측되며, confidence는 ground-truth와 바운딩 박스의 IOU를 의미한다. 각각의 그리드 셀은 C 개의 조건부 클래스 확률 $\Pr(Class_i|Object)$ 을 예측한다. 이 확률은 객체를 포함한 그리드 셀에 대한 조건부 확률로서 그리드 셀당 박스의 개수 B 에 상관없이 클래스 확률만을 출력한다.

YOLO의 네트워크 구조는 직선적이며 GoogleNet의 인셉션 모듈 부분만 1x1의 reduce 레이어와 3x3의 conv 레이어로 변형시키고 나머지는 GoogleNet과 동일한 24개의 conv 레이어와 2개의 fc 레이어로 구성된다. [그림 4]는 본 논문에서 사용한 YOLO의 네트워크 구조를 보여준다.

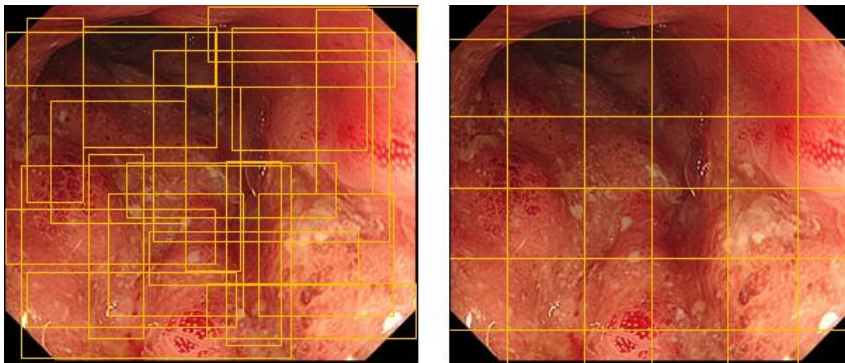


[그림 4] YOLO 기반 네트워크 구조

[Fig. 4] YOLO Based Network structure

2.3 YOLO vs Faster R-CNN

CNN기반의 알고리즘은 R-CNN, Fast R-CNN [8], Faster R-CNN [9]으로 개선되면서 정확도를 향상시키고 특히, 속도에 대한 문제를 크게 향상시켰으나, 초당 약 10프레임의 처리 속도로 실시간 비디오 환경에서의 객체 인식을 적용하기에는 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하고자 YOLO는 Faster R-CNN보다 심플한 구조를 제안하여 약 10배의 속도를 개선하여 실시간 비디오 환경에 적합한 객체 인식 알고리즘을 제안하였다. 이러한 속도에 대한 개선은 초기 객체 영역에 대한 region proposal 방식에서 뚜렷한 차이를 보인다. [그림 5]의 왼쪽 그림은 Faster R-CNN에서 사용한 selective search [10] 방식이고, 오른쪽 그림은 YOLO에서 사용한 grid 방식이다.



[그림 5] selective search 방식과 grid 방식

[Fig. 5] Selective search method and grid method

selective search의 경우 객체 영역을 검출하기 위하여 초기에 수많은 region을 제안하는데, 이러한 부분에서 상당한 오버헤드가 발생하게 된다. 반면에 YOLO의 경우 grid cell의 개수가 곧 proposal의 수로 볼 수 있고, 해당 영역을 생성하는데 전혀 오버헤드가 발생하지 않는다. 하지만, YOLO의 경우 하나의 객체 주변에 여러 개의 객체가 존재할 때나, 영상에서 너무 작은 객체의 경우 잘 검출하지 못한다는 단점이 존재한다. 본 연구의 목적인 염증성 장질환 환자의 내시경 영상 특징은 작

은 객체의 검출보다는 광역적으로 분포되어 있는 염증 영역에 대한 검출에 목적을 두기 때문에, 속도 및 정확도 면에서 Faster R-CNN보다 YOLO가 더욱 적합하다.

3. 결과

실험에 사용된 시스템은 AMD Ryzen7 2700X Eight-Core Processor 데스크톱이며, 운영체제는 Linux 4.15 / Ubuntu 18.04.01 이다. GPU는 Geforce GTX Titan xp 1.2Gb 1개를 사용하였다. 기본 알고리즘의 구현은 Python 3.6을 사용하였으며, 영상처리 알고리즘 관련 개발은 Python-OpenCV 3.0을 이용하였다. 딥러닝 알고리즘 학습 및 테스트를 위하여 Keras 2.1.4 / Tensorflow 1.14 을 사용하였다.

본 논문에서는 염증성 장질환 분류 모델의 학습을 위해 Data Augmentation을 통해 다양한 환경을 포함하는 학습 영상에 대하여 YOLO기반 모델을 사용하였으며 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 객체 MLP, SVM, Faster R-CNN과의 Accuracy와 초당 프레임 처리 속도에 대한 비교 평가를 수행하였다.

[표 1] 알고리즘 성능 비교

[Table 1] Comparison of Algorithm Performance

Con	MLP	SVM	Faster R-CNN	Proposed
Accuracy(%)	75.3%	78%	90.5%	92.7%
FPS(sec)	3.5	3.1	0.3	0.025

모델의 성능 평가 결과 [표 1]과 같이 MLP, SVM, Faster R-CNN 기반 모델보다 정확도 면에서 우수한 결과를 보였으며, 초당 프레임 처리 속도 또한 가장 우수하게 나타났다.

4. 결론

본 연구는 염증성 장질환 환자를 대상으로한 대장내시경 영상에서의 MES 평가지표 자동화를 위한 인공지능 기반 모델을 제안하였다. 실제 임상현장에서의 사용성을 높이기 위하여 보다 중요한 것은 인공지능 모델의 실시간 처리 능력이므로, 기존에 객체 분류 모델 중 실시간 시스템에 적합한 YOLO 모델을 사용하여 기존 머신러닝 모델과 객체 분류 모델로 많은 성과를 보이고 있는 Faster R-CNN과의 정확도, 속도 비교를 통해 제안하는 방법의 성능을 증명하였다. 정확도는 기존 머신러닝 알고리즘(MLP: 75.3%, SVM: 78%)에 비해 Faster R-CNN(90.5%)과 제안하는 방법(92.7%)이 월등히 높은 성능을 보였다. 자연환경에서의 비교적 작은 객체 검출을 위한 영상의 경우 기존 보고된 연구들에 의하면 Faster R-CNN이 YOLO보다 유사하거나 일반적으로 높은 성능을 보이나,

본 연구에서 활용한 영상의 경우 영상에 비교적 넓은 분포로 이루어져 있는 염증성 장질환에 대한 검출을 수행하였으며, Faster R-CNN의 경우 일부 작은 영역에 대한 오검출이 발생하여 YOLO 기반의 모델이 더욱 높은 정확도를 보였다. 속도 측면에서는 기존 머신러닝 알고리즘에 비해 Faster R-CNN이 약 10배가량 빠른 처리속도를 보였으며, Faster R-CNN보다 YOLO기반의 모델이 region proposal 부분에서 오버헤드가 발생하지 않아 10배 이상의 빠른 처리 속도를 보여 실시간 시스템에 적합함을 증명하였다.

MES는 궤양성 대장염 환자를 대상으로 다양한 임상시험에서 내시경적 염증 활성도를 객관적으로 평가하는 대표적인 표준화 지표로 본 연구에서는 인공지능 기술을 적용하여 이에 대한 자동화 평가 모델을 제안하였다. 제안된 인공지능 기반 실시간 MES 자동화 평가 모델은 실제 임상 현장에서 환자의 내시경 시술시 보조적인 의사결정 지원을 수행 할 수 있다.

본 연구에서는 학습데이터의 수를 증가시키기 위하여 Data Augmentation 기법을 적용하여 인공지능 학습에 사용하였지만, 향후 연구에서는 지속적인 추가 데이터 수집을 통해 실제 임상 빅데이터를 구성하여 학습에 사용하고, 인공지능모델의 하이퍼 파라미터의 최적화를 통해 고도화를 수행하고자 한다.

References

- [1] M. Feldman, L. Friedman, L. Brandt, Sleisenger and Fordtran's gastrointestinal and liver disease: pathophysiology, diagnosis, management, Saunders, 2006.
- [2] A. Kornbluth, D. B. Sachar, Practice Parameters Committee of the American College of Gastroenterology, "Ulcerative colitis practice guidelines in adults: American College Of Gastroenterology, Practice Parameters Committee", The American journal of gastroenterology, vol. 105, January 2010, pp. 501-523, doi: 10.1038/ajg.2009.727.
- [3] M. F. Neurath, S. P. Travis, "Mucosal healing in inflammatory bowel diseases: a systematic review", Gut, vol. 61, November 2012, pp. 1619-1635, doi: 10.1136/gutjnl-2012-302830.
- [4] S. P. Travis, D. Schnell, P. Krzeski, M. T. Abreu, D. G. Altman, J. F. Colombel, B. G. Feagan, S. B. Hanauer, M. Lemann, G. R. Lichtenstein, P. R. Marteau, W. Reinisch, B. E. Sands, B. R. Yacyshyn, C. A. Bernhardt, J. Y. Mary, W. J. Sandborn, "Developing an instrument to assess the endoscopic severity of ulcerative colitis: the Ulcerative Colitis Endoscopic Index of Severity(UCEIS)", Gut, vol. 61, April 2012, pp. 535-542, doi: 10.1136/gutjnl-2011-300486.
- [5] E. H. Lee, Y. J. Lee, J. W. Choi, S. J. Lee, "Study of Marker Detection Performance on Deep Learning via Distortion and Rotation Augmentation of Training Data on Underwater Sonar Image", Journal of Korea Robotics Society, vol. 14, no. 1, February 2019, pp. 14-21, doi: 10.7746/jkros.2019.14.1.014
- [6] F. F. Lee, J. Johnson, S. Yeung, "Stanford University, Lecture 7: Training Neural Networks, part II", cs231n.stanford.edu, http://cs231n.stanford.edu/slides/2018/cs231n_2018_lecture07.pdf, (accessed December 1, 2022).

- [7] J. Redmon, S. K. Divvala, R. B. Girshick, A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection", CoRR, vol. 1, June 2015.
- [8] R. Girshick, "Fast R-CNN", International Conference on Computer Vision, September 2015, pp. 1440-1448.
- [9] S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun, "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks", Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 39, June 2015, pp. 1137-1149, doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
- [10] J. R. R. Uijlings, K. E. A. van de Sande, T. Gevers, A. W. M. Smeulders, "Selective search for object recognition", International Journal of Computer Vision, vol. 104, April 2013, pp. 154 - 171, doi: 10.1007/s11263-013-0620-5.