

# 컬러 위성 영상을 위한 다중 계층 연결 모델

정진원, 이예림, 신요안\*  
승실대학교 전자정보공학부

jinwonj@soongsil.ac.kr, yllee4806@soongsil.ac.kr, yashin@ssu.ac.kr

## Multi-Layered Connectivity Model for Color Satellite Images

Jin Won Jung, Ye Lim Lee, Yoan Shin\*  
School of Electronic Engineering, Soongsil University

(\*Corresponding author)

### 요 약

본 논문은 컬러 위성 영상에 대한 시멘틱 분할 성능 향상을 목적으로 새롭게 변형한 모델을 제안하고 기존 시멘틱 분할 모델과 비교한다. 제안 방식은 각 디코더에 이전 계층 정보를 추가하여 특징 정보 손실을 개선하고 성능 저하를 감소시킨 다중 계층 연결 모델이다. 실험 결과, 기존의 일반적인 시멘틱 분할 모델 대비 새롭게 변형한 다중 계층 연결 모델이 더 나은 성능을 보여준다.

### I. 서 론

컬러 위성 영상을 대상으로 한 시멘틱 분할 (Semantic Segmentation)은 지리 정보, 자연재해 예측 등 다양한 분야에서 중요한 응용 분야로 사용되고 있다. 그러나 시멘틱 분할 모델은 특징 정보 손실로 인한 정확성 오류로 인한 성능 저하 문제가 존재한다. 이러한 문제는 위성 영상에서 객체를 정확하게 분류하고 위치를 추정하는데 있어서 큰 문제로 야기할 수 있다. 따라서, 본 연구는 컬러 위성 영상에 대해 이러한 문제를 해결하여 시멘틱 분할 성능을 향상하고자 한다.

본 논문에서는 새롭게 변형한 다중 계층 연결 모델을 제안하고, 기존 시멘틱 분할 모델과 비교하여 성능이 개선됨을 확인한다. 이를 통해 컬러 위성 영상에서 보다 정확한 객체 분할이 가능함을 보여준다.

### II. 다중 계층 연결 모델

본 연구에서 실험 데이터 세트로 두바이 항공 컬러 이미지를 선택하였다. 이 데이터 세트는 6 개 클래스로 구성되어 있으며, MBRSC 위성을 이용하여 수집된다. 실험에 사용된 소프트웨어는 TensorFlow 2.9.1 과 Python 3.9.16 이며, 영상 크기를 256x256 으로 지정하여 데이터 세트를 처리하였다. 모델 훈련은 Intel i7-9700K 3.60GHz CPU 와 NVIDIA GeForce RTX 2070, RAM 16GB 의 환경에서 수행하였다[1].

제안한 다중 계층 연결 모델을 사용하여 시멘틱 분할을 수행한다. 그림 1 에서 볼 수 있듯이 각각의 인코더는 특징을 추출한 뒤, Multi-Link Block 을 통해 이전 단계의 Encoder Block 에서 추출된 특징과 이전 단계의 Decoder Block 정보를 연결하여 같은 계층의 Decoder Block 로 전달된다. 이러한 방식으로 인코더와 디코더 사이에 다중 연결을 형성함으로써, 특징 정보의 효과적인 전달과 정보 유지를 가능하게 한다. Multi-Link Block 은 이전 단계의 Encoder Block 특징

정보와 Decoder Block 정보를 연결하여, 같은 계층의 Decoder Block 에게 전달하는 역할을 수행한다. 마지막 Block 에서는 컨볼루션 레이어와 Softmax 을 통해 출력 영상을 출력한다. 이를 통해 제안된 다중 계층 연결 모델은 기존의 특징 정보 손실로 인한 정확성 오류 문제를 최소화하는 것을 기대할 수 있다.

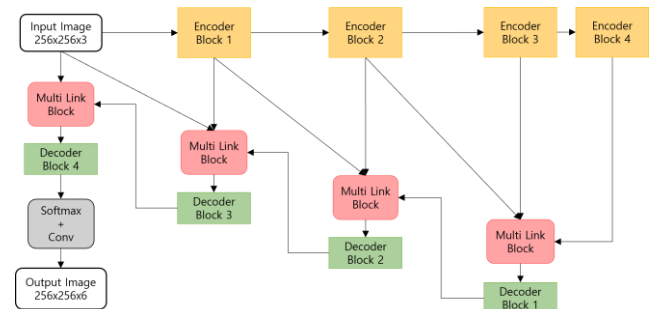


그림 1. 제안된 Multi-layered Connectivity Model 구조

### III. 다중 계층 블록

그림 2 는 Encoder 와 Multi-Layer Block 을 좀 더 상세히 도시한다. 여기서 Encoder Block 은 InceptionResNetV2 모델을 이용하여 Zero Padding 을 활용해서 특징을 추출한다[2]. 이러한 방식으로 추출된 특징은 Transposed Convolution Layer 를 통해 Multi-Layer Block 에서 업샘플링되며, 이후 Concatenate 과정을 통해 다음 단계로 전달된다. 이 Concatenate 과정에서 주목할 부분은 같은 층의 Encoder Block 의 특징 정보를 포함하는 것뿐만 아니라, 이전 Encoder Block 의 특징정보까지 활용한다는 점이다.

그러나 이전 Encoder Block 의 특징 정보를 그대로 활용하면 크기가 맞지 않는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 MaxPooling2D 를 도입하여 Down Sampling 과정을 통해 특징 정보의

크기를 축소하고, 이후에 Concatenate Layer 를 통해 Encoder Block 들을 통합한다. 이렇게 통합된 정보는 Decoder Block 에 전달되며, 이 방식을 통해 이전 Encoder Block 의 특징 정보를 더욱 효과적으로 활용할 수 있으며, 특징 정보 손실로 인한 정확성 오류 문제를 방지하여 성능 저하를 감소시킨다.

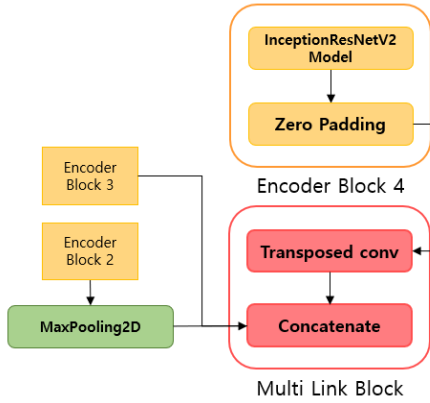


그림 2. Encoder 와 Multi-Link Block 구조

#### IV. 실험 결과 및 결론

본 논문에서 컬러 위성 영상의 시멘틱 분할 성능 향상을 목표로 하며, 이를 위해 Encoder Block 에서 특징을 추출하고, 이를 Multi-Layer Block 에서 업샘플링하였다. 이전 Encoder Block 의 정보는 MaxPooling2D 를 사용하여 차원을 축소한 후 통합되었고, 제안된 다중 계층 연결 모델을 이용해 정보의 손실을 효과적으로 최소화하였다. 이 다중 계층 연결 모델을 기존의 시멘틱 분할 모델인 FPN, LinkNet, U-Net[3][4][5]과의 비교를 통해 성능 우위를 입증하였다. 표 1 과 그림 3 의 실험 결과에 따르면, 제안 모델이 더 우수한 성능을 보임을 알 수 있으며, 이러한 결과는 컬러 위성 영상에서 더욱 정확한 객체 분할이 가능함을 보여준다. 최종적으로, 본 연구는 정보의 손실을 최소화하고 분할 오류를 방지하는 방법을 제시하였으며, 이 방법을 이용해 컬러 위성 영상의 시멘틱 분할 성능 향상에 기여하였다고 할 수 있다.

표 1. 실험 결과

Model	Loss	Dice Coeff.	IoU	Accuracy
<b>Proposed</b>	<b>0.3172</b>	<b>85.5%</b>	<b>75%</b>	<b>88.8%</b>
FPN	0.3212	83.5%	72.6%	87.7%
LinkNet	0.4170	79.4%	63.2%	84.5%
U-Net	0.3798	82.7%	70.5%	86.8%

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-2018-0-01424)

#### 참 고 문 헌

- [1] <https://humansintheloop.org/resources/datasets/semantic-segmentation-dataset-2/>
- [2] C. Szegedy, S. Ioffe, V. Vanhoucke, and A. Alemi, "Inception-v4, Inception-ResNet and the impact of residual connections on learning," *Proc. AAAI Conf. Artificial Intell.* 2017, pp. 4278-4284, San Francisco, USA, Mar. 2017.
- [3] T.-Y. Lin, P. Dollár, R. Girshick, K. He, B. Hariharan, and S. Belongie, "Feature pyramid networks for object detection," *Proc. IEEE CVPR 2017*, vol. 1, pp. 936-944, Honolulu, USA, July 2017.
- [4] A. Chaurasia and E. Culurciello, "LinkNet: Exploiting encoder representations for efficient semantic segmentation," *Proc. IEEE VCIP 2017*, pp. 1-4, St. Petersburg, USA, Dec. 2017.
- [5] O. Ranneberger, A. Fischer, and T. Brox, "U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation," *Lecture Notes in Comp. Sci.*, vol. 9351, Issue Cvd, pp. 234- 241, 2015.

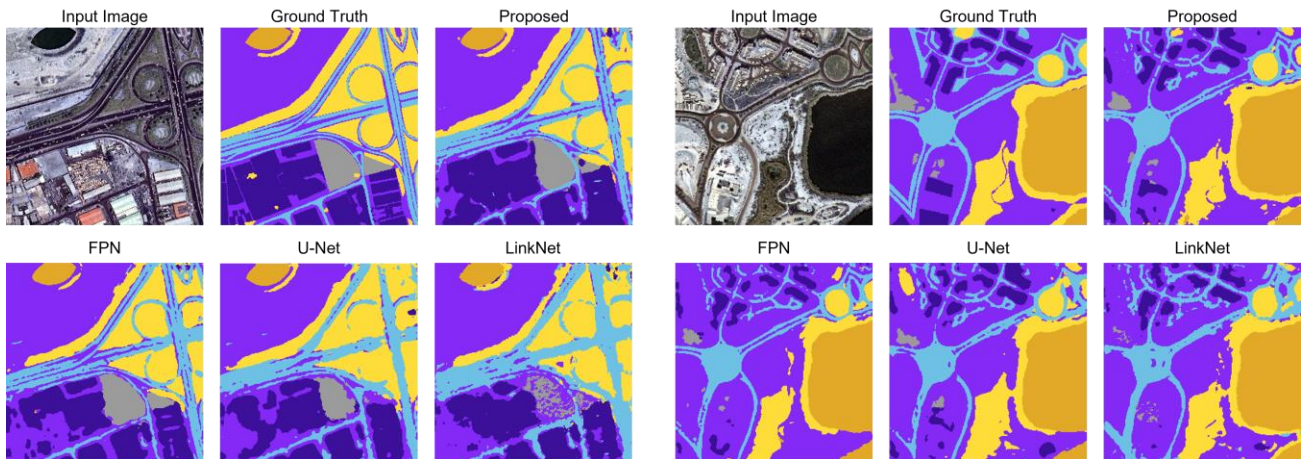


그림 3. 컬러 위성 영상의 다중 계층 연결 시멘틱 분할 결과