

학습 기반 영상처리 분석을 통한 적재불량 차량 단속 시스템 개발

신동민¹, 양영의², 백승룡², 정재호^{1*}
¹한국과학기술원 안보융합연구원, ²(주)알씨

Development of a loaded vehicle enforcement system using learning-based image processing analysis

Dong Min Shin¹, Young Eui Yang², Seung Ryong Baek², Jaeho Chung^{1*}

¹Institute for Security Convergence Research, Korea Advanced Institute of Science and Technology

²RC Co., Ltd.

요약 적재불량 차량의 적재물 낙하로 인한 사고는 점차적으로 증가하고 있다. 적재물의 낙하로 인한 사고는 도로 및 차량의 훼손은 물론 인명피해까지 이어질 수 있는 중대한 도로 사고 중 하나이다. 본 연구에서는 적재 불량 차량을 단속하기 위한 시스템을 딥러닝 기법을 사용하여 개발하고자 한다. 본 연구에서는 Yolo V3, Mask RCNN, 적재 불량 라벨링 데이터 등을 활용하여 딥러닝 방식으로 적재 불량 차량의 적재 불량 정도를 정량적으로 점수화하여 단속하는 시스템을 개발하였다. 특히 적재 불량 라벨링 데이터의 경우는 전이학습 기법을 사용하여 시스템을 사용하여 단속을 수행시켜 점점 정확도가 향상되는 방식으로 개발을 진행하였다. 본 연구 결과를 통해 적재 불량 차량의 불량 정도를 점수화로 알려주어, 기존의 적재 불량 단속에 소모된 인력을 줄일 수 있을 것으로 기대되며, 적재 불량 단속 시스템을 도로에 적용시, 시행착오를 방지하고 개발 시간 및 비용을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract Accidents caused by falling loads of poorly loaded vehicles are gradually increasing. The accidents caused by the fall of a load are one of the major road accidents that can damage roads, vehicles, and humans. In this study, we intend to develop a loaded vehicle enforcement system using deep learning techniques. In this study, using Yolo V3, Mask RCNN, and poor loading labeling data, a deep learning method was used to develop a system that quantitatively scored and regulated the degree of loading defects in poorly loaded vehicles. In particular, in the case of poorly loaded labeling data, the system was developed in a way that the accuracy was gradually improved by using the transfer learning method to control the system. The results of this study are expected to reduce the manpower consumed in the existing crackdown on unloading faults by reporting the faulty viscosity of the unloading vehicle by scoring. This study is also expected to be able to reduce the cost.

Keywords : Deep Learning, Loaded Vehicle Enforcement System, Image Process, Yolo V3, RCNN

1. 서론

적재 불량 화물차는 운행 중 언제든지 적재물이 낙하할 위험이 있고, 적재물이 낙하로 인해 다수의 불특정 다수의 피해가 발생할 수 있으며, 적재물의 유형에 따라 대

형사고로 이어질 수 있다. 특히, 고속도로나 자동차 전용도로와 같이 차량의 운행 속도가 높은 도로에서의 적재물 낙하 사고는 추가적인 대형사고로 이어질 가능성이 아주 높다. 또한, 최근에는 새벽 배송과 같은 운송업의 발달로 5 ton 이하 소형 화물차의 과적이 잦아지고 있다.

*Corresponding Author : Jaeho Chung(Korea Advanced Institute of Science and Technology)
email: sscjh1st@kaist.ac.kr

Received July 19, 2021

Accepted November 5, 2021

Revised September 2, 2021

Published November 30, 2021

2017년 경찰청 통계 자료에 의하면, 국내 국도 및 고속 도로에서 낙하물로 인한 사고는 총 287건이 발생하였으며, 이 중 54.01%가 낙하물 충돌로 인한 사고였으며, 25.09%는 낙하물을 피하려는 차량과의 충돌 사고였다. 이와 같이, 적재불량으로 인한 적재물 낙하는 도로의 훼손, 교통사고, 차량 파손사고 등으로 이어질 가능성이 높으며, 낙하물에 의한 교통사고는 예측이 어려운 상태에서 발생하는 사고로 심각한 인명피해 및 물질 손실을 발생시킬 수 있고 이로 인한 도로정체로 도로 이용자의 시간 손실을 유발한다. Fig. 1은 과적불량 차량의 예시를 보여주고 있다. 현재 적재 불량 단속은 관련 기관의 담당자에 의한 대면 단속 또는 CCTV를 사용한 비대면 단속으로 이뤄지고 있다. 이 중 CCTV를 이용한 비대면 단속의 경우는 정해진 시간에 CCTV 사진의 촬영한 후, 사후에 검사원에 의한 육안검사 후 적발 통보서 작성하여 경찰에 고발하는 형식으로 이루어지고 있어, 많은 노동력이 소모된다. 또한, 과적 단속의 경우에는 단순히 화물차의 중량만을 고려하기에, 각종 압력 및 압전센서를 활용한 과적 단속기가 개발되고 있으나, 이를 통해 과적 차량 단속은 가능하지만, 적재 불량 차량의 경우에는 단속을 할 수 없는 단점이 있다.



Fig. 1. Examples of overloaded vehicles

본 연구에서는 Yolo (You Only Look Onve) V3 딥러닝 기반의 인식 알고리즘, Mask RCNN 영상 형상 추출 기법 및 적재 불량 점수 체계를 활용하여 적재불량 단속 시스템을 개발하고자 한다. YOLO V3모델을 사용하여[1-3], Letter Box 이미지를 생성하고, 원본 이미지의 왜곡 현상을 제거하기 위해 Letter Box를 활용하였다. 또한 원본 이미지를 격자(grid)로 분할하여 학습에 적용시켰다[4,5]. 그리고 Mask RCNN 기법을 활용하여 동영상에서 차량의 형상을 추출하였으며[6-10], 적재 불량 점수 체계를 개발하여 적재 불량을 점수로 표시하여 학습함으로써 적재 불량 정도에 따른 학습 기반 확률 분포를 부여하였다. 이로 인해, 본 연구에서 개발한 프로그램은 최종적으로 적재 차량에 대해 점수를 부여함으로써, 적재 불량 단속에 필요한 노동력을 줄이고, 단속률을 높

일 수 있을 것으로 기대한다.

2. 딥러닝 적재 불량 검출 시스템

2.1 학습 과정 및 추론 과정 전체 설계도

Fig. 2는 본 연구에서의 전체적인 시스템 프로세스를 보여주고 있다. CCTV를 이용하여 실시간 촬영된 사진을 적재 영역 인식 신경망을 통해 적재 불량 차량을 판단하고 이를 알려주는 시스템이다. 본 시스템은 실시간으로 촬영된 차량 이미지를 바탕으로 우선적으로 차량을 인식하고, 이후 차량에 탑재된 적재물의 이미지 및 적재 불량 라벨링 점수 데이터를 바탕으로 사진 정보를 적재 영역 인식 신경망에서 분석하게 된다. 적재 영역 인식 신경망에서는 차량이 인식되면, 바운딩 박스(bounding box)가 생성되고 화물 적재 영역이 검출되게 된다.

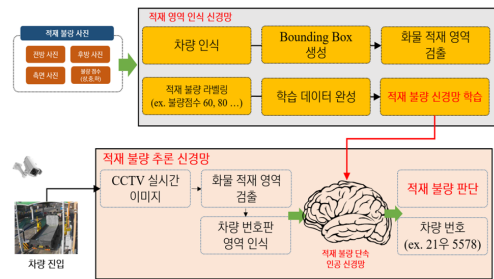


Fig. 2. System schematic diagram

2.2 딥러닝 기반 적재 불량 인식 (Yolo V3)

본 연구에서는 Yolo V3 딥러닝 모델을 사용하여 적재 불량 차량을 인식하였다. Yolo는 이미지를 한 번 보는 것으로 목적물의 종류와 위치를 추측하는 딥러닝 기술[11]로 단일 네트워크를 통해 여러 개의 테두리 상자에 대한 객체 확률을 계산한다. 우선 본 연구에서는 원본 이미지의 왜곡 현상 제거를 위해 Letter Box를 활용하였다. Letter Box는 원하는 비율에 맞게 원본 이미지 비율을 변경하면서 생기는 화면 위아래의 검은색 띠로 이는 비율을 맞추기 위해 이미지를 왜곡하지 않고 남은 공간을 생성하는 것으로 원본 이미지는 보통 4:3 또는 16:9를 갖게 되며, Fig. 3은 Letter Box의 적용 예시를 보여주고 있다. Letter Box를 사용한 이유는 촬영하는 CCTV의 종류에 따라, 비율이 다르게 된 이미지를 그대로 본 시스템에 넣을 경우 발생하는 찌그러짐 등의 왜곡을 피하기 위해서이다. 또한, 본 연구에서는 Yolo 모델

의 이미지를 $S \times S$ 개의 그리드 셀로 분할하여, 각 셀마다 하나의 객체 예측을 하게 하였으며, 테두리 상자를 통해 객체의 위치 및 크기를 파악하였다. 본 연구에서 사용된 훈련 프로세스는 Fig. 4와 같으며, Fig. 5는 이를 통해 나온 Yolo의 그리드와 픽셀의 관계를 보여주고 있다. 각 셀은 각각의 크기와 중앙점을 가지고 있으며, Fig. 4에서 P_0 은 해당 셀의 Objectness, 즉 물체가 존재할 확률을 의미하고, X , Y 는 해당 셀의 원점 좌표를 뜻한다. 또한, b_w , b_h 는 해당 셀에 있는 Anchor Box의 w , h 값으로 모든 값은 오차 최소를 위해 0-1 사이의 값으로 Normalize 되었다. 그리고, b_x 와 b_y 는 셀의 왼쪽 위 모서리에서부터 거리를 의미한다.



Fig. 3. Examples of Letter box application

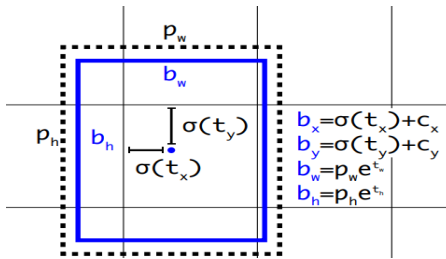


Fig. 4. Yolo V3 grid cell training process

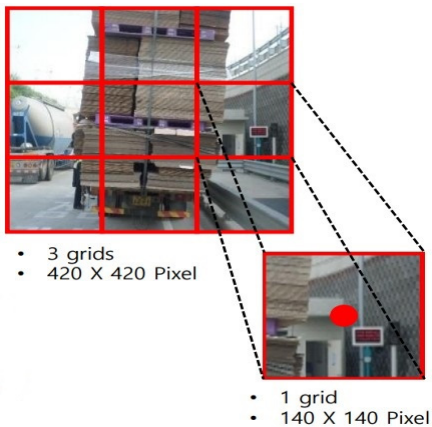


Fig. 5. Relationship between grid and pixel in Yolo

2.3 적재 영역 형상 픽셀 추출 (Mask RCNN)

본 연구에서는 개체분할 알고리즘인 Mask RCNN를 이용하여 이미지를 생성 및 레이블링 작업을 자동화함으로써, 물체인식 및 개체분할 알고리즘에 사용할 수 있는 데이터셋 생성을 위한 레이블링 비용을 대폭 줄일 수 있게 하였다. Fig. 6은 적재 영역 형상 픽셀을 추출하는 알고리즘의 구조를 보여주고 있다. Bilinear interpolation 이미지를 Padding을 이용하여 사이즈를 변경시키고, ResNet-101을 통해 각 레이어에서의 형상 맵을 생성한다. 이후, FPN을 통해 형상맵을 생성하고, 최종 형성된 형상맵에 각각 RPN을 적용하여 분류값을 도출하여 적재 영역 형상을 추출한다.

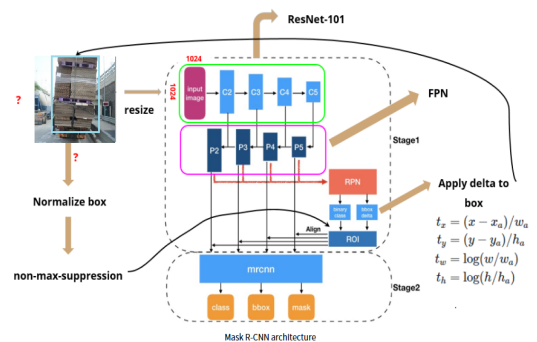


Fig. 6. Loading area shape pixel extraction algorithm structure

2.4 적재 불량 점수 라벨링

본 연구에서는 차량의 적재 불량 학습을 위해 적재 불량 점수 라벨링 체계를 자체적으로 도입하였다. Fig. 7은 적재 불량 점수 체계의 예시를 보여주고 있다.

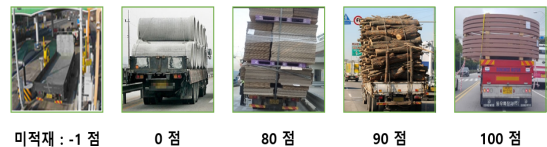


Fig. 7. Example of bad load score labeling scheme

본 연구에 도입한 적재 불량 점수 라벨링 체계는 미적재 시에는 -1점을 주어 비정상 인식을 통해 학습에서 제외하였으며, 적합 적재 차량의 경우 0점, 적재 불량 차량의 경우에는 1~100점을 부여하여 불량 정도를 정량적으로 점수화 하였다. 이는 불량 정도에 따른 학습 기반 확률 분포를 부여하여 Parameter 근사식을 통해 점수를

산정한 것이다. Fig. 8은 적재 차량의 bounding box와 적재 점수 점수 라벨링을 위한 라벨링 박스의 차이를 보여주고 있다.

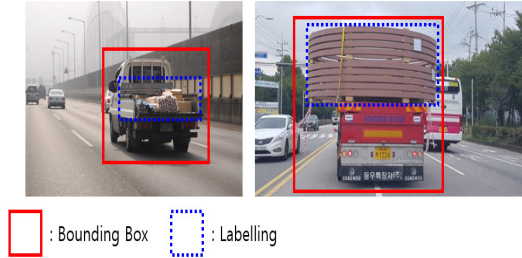


Fig. 8. Difference between Bounding box and Labelling box

적재 불량 점수 라벨링 체계 도입을 위한 전처리 작업으로 Table 1과 같은 법률 근거에 따른 단속 위반 시에는 100점으로 학습을 진행하였다. 그리고, 육안으로 확인 시, 적재를 하지 않은 차량은 0점으로 학습하였으며, 0~100점 사이의 값은 초기 정의된 값을 기반으로 CNN의 적재 점수가 자동적으로 부여되게 개발하였으며, 이때 CNN의 적재 점수는 Regression 회귀 모델로 2500개의 근사식으로 구성시켰다.

Table. 1 Legal basis for bad load score labeling

No.	단속 항목	법적 근거	라벨링 점수
1	뒷게 포장 의무 위반	적재화물 이탈방지 기준 제 21조 7항 2호	100
2	적재물 포함 차량 폭이 2.6m 이상인 경우	도로법 시행령 제79조	100
3	적재물 포함 차량 높이가 4.3m 이상인 경우	도로법 시행령 제79조	100
4	적재물 포함 차량 길이가 16.9m 이상인 경우	도로법 시행령 제79조	100

3. 연구 결과

Fig. 9는 본 연구에서 개발된 적재 불량 차량 단속 시스템의 인식장면을 보여주고 있다. 본 시스템에서의 차량 인식 시간은 0.5초 이내로 픽셀 단위에 대한 학습으로 비정상적인 진입이나 차량의 흔들림이 결과에 미치는 영향을 배제시켰다. Fig. 9에서 보이듯이, Bounding box와 Labelling box의 사전 학습으로 화물 영역이 자동적으로 인식되고 점수가 나타나는 것을 알 수 있다.



Fig. 9. Recognition result of the vehicle enforcement system for bad loading

적재 불량 라벨링 점수에 따라 사전에 라벨링된 점수 데이터를 바탕으로 생성한 학습데이터는 적재 불량에 대한 점수를 부여하게 된다. 그리고, 적재 불량 추론 신경망에서는 차량 진입 시, CCTV로 촬영된 실시간 이미지를 이용하여 화물 적재 영역을 검출하고, 차량 번호를 인식하게 된다. 본 시스템은 최종적으로 적재 불량 단속 인공지능망을 이용하여 적재 불량을 판단하게 되고 적재 불량으로 판단 시, 차량 번호를 검출하여 별도의 공간에 저장하게 됨으로써, 적재 불량 차량을 단속하는 시스템이다.

이에 따라 Table 2는 단속 시스템을 통해 적재 불량으로 인식된 차량의 정보와 라벨링된 점수 결과에 대한 데이터를 구체적으로 나타낸다. 특히 적재 불량과 같이 데이터가 많지 않은 분야에 신경망 전이 학습 (Transfer Learning)이 가능하여 학습에 매우 효과적이며 높은 정확도를 제공하기 때문에 추가되는 소모 인력이 필요하지 않으므로 Man Power를 크게 감소할 수 있을 것으로 예상된다.

Table. 2 Example results of vehicles recognized as poorly loaded

No	Car number	Labeling score
1	12가 3000	80
2	41마 4400	90
3	48마 8800	100
4	52오 4700	90
5	67나 1800	100
6	68서 3800	80
7	72러 3300	90

4. 결론

본 연구에서는 학습 기반 딥러닝 기법 (Yolo, RCNN, Learning data set)을 이용하여 적재 불량 단속 시스템을 개발하였다. 본 연구 결과는 다음과 같이 정리할 수

있다.

- (1) Yolo를 이용하여 픽셀의 object 영역을 추출하였고, Mask RCNN기법을 사용하여 픽셀에서의 적재 영역 형상을 추출하였다.
- (2) 적재 불량 점수 라벨링 체계를 도입함으로써 적재 불량 차량에 대한 적재 불량 정도를 정량적으로 점수화 하였다.
- (3) Yolo의 One-look 방식을 적용하여 실시간 적재 불량 차량 단속이 가능하다는 것을 확인하였다.
- (4) 적재 불량 데이터가 많지 않은 상황에서, 본 시스템을 사용하여 확보한 적재 불량 차량의 데이터를 전이 학습 시킴으로서, 시간이 지날수록 적재 불량 단속의 정확도가 올라가는 것이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구 결과는 딥러닝 학습을 통한 적재 불량 차량을 단속하는 분야의 연구에 도움이 될 것으로 본다. 적재 불량을 단속하는데 소모되는 맨파워를 초기에 50% 이상 감소시킬 수 있을 것으로 기대하며, 적재 불량 데이터와 그에 따른 라벨링 데이터가 추가되면 추후에는 90% 이상의 맨파워 감소가 가능할 것으로 예상된다. 본 연구 결과를 통해, 적재 불량 단속을 하는 정부 기관 및 외주 업체에서는 적재 불량을 단속하는 데 소모되는 인력을 크게 줄일 수 있을 것으로 판단되며, 적재 불량 차량 단속 시스템을 개발하는데 따른 시행착오를 방지하고 개발 시간 및 비용을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

References

- [1] P. Hurtik, V. Molek, J. Hula, M. Vajel, P. Vlasane, T. Nejezchleba, "Poly-YOLO: higher speed, more precise detection and instance segmentation for YOLOv3", arXiv preprint arXiv:2005.13243, 2020.
- [2] R. Huang, J. Pedoeem, C. Chen, "YOLO-LITE: a real-time object detection algorithm optimized for non-GPU computers", *Proceeding of 2018 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, IEEE, pp.2503-2510, Jan 2018.
- [3] Y. Tien, G. Yang, Z. Wang, H. Wang, E. Li, Z. Liang, "Apple detection during different growth stage in orchards using the improved YOLO-V3 model", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol.153, pp.417-426, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.012>
- [4] M. Bartolo, A. Roberts, J. Welbl, S. Riedel, P. Stenetorp, "Beat the AI: Investigating adversarial human annotation for reading comprehension", *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, Vol.8, pp.662-678, 2020.
DOI: https://doi.org/10.1162/tacl_a.00338
- [5] Z. Yang, H. Ai, "Demographic classification with local binary patterns", *Proceeding of International Conference on Biometrics*, pp.464-473, Aug 2007.
- [6] J. Y. Chiao, K. Y. Chen, K. Y. K. Liao, P. H. Hsieh, G. Zhang, T. C. Huang, "Detection and classification the breast tumors using mask R-CNN on sonograms", *Medicien*, Vol.98, No.19, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015200>
- [7] R. Fu, B. Li, Y. Gao, P. Wang, "Content-based image retrieval based on CNN and SVM", *Proceeding of 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications*, pp.638-642, Oct 2016.
- [8] C. H. Sudre, B. G. Anson, S. Ingala, C. D. Lane, D. Jimenez, L. Haider, M. J. Cardoso, "3D multirater RCNN for multimodal multiclass detection and characterisation of extremely small objects", *Proceeding of International Conference on Medical Imaging with Deep Learning*, pp.447-456, May 2019.
- [9] X. Gao, M. Jian, M. Hu, M. Tanniru, S. Li, "Faster multi-defect detection system in shield tunnel using combination of FCN and faster RCNN", *Advances in Structural Engineering*, Vol.22, No.13, pp.2907-2921, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1177/1369433219849829>
- [10] L. Hu, C. Wei, X. Yang, T. Wang, "Special faster-RCNN for multi-objects detection", *Proceedings of the 3rd International Conference on Pattern Recognition*, Jul 2018.
- [11] T. Kim, S. Ok, G. Heo, I. Lee, "An Overheight Warning System for High Height Vehicles", *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol.24, pp.849-856, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.6109/ikiice.2020.24.7.849>

신 동 민(Dong Min Shin)

[정회원]



- 2015년 2월 : KAIST 해양시스템 공학과 (공학석사)
- 2019년 8월 : KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2019년 8월 ~ 2020년 5월 : 군산대학교 조선해양기자재역량강화센터 연구교수
- 2020년 6월 ~ 현재 : KAIST 안보융합연구원 연구조교수

<관심분야>

딥러닝, 유체역학, 해양파, 선박 복원성

양 영 의(Young Eui Yang)

[정회원]



- 1995년 2월 : 한국국제대학교 가정과 (학사)
- 2009년 9월 ~ 2012년 12월 : ㈜에스에이시스템 대표이사
- 2012년 12월 ~ 2013년 2월 : ㈜성호에스엔씨 이사
- 2013년 3월 ~ 2015년 12월 : ㈜알씨 이사
- 2015년 12월 ~ 현재 : ㈜알씨 대표이사

〈관심분야〉

다기능 CCTV, 적재단속 시스템, 도로 상황 인지 시스템

백 승 룡(Seung Ryong Baek)

[정회원]



- 2004년 2월 : 남서울대학교 컴퓨터학과 (학사)
- 2009년 8월 ~ 2011년 11월 : ㈜아이티에스 통신사업부 과장
- 2014년 8월 ~ 현재 : ㈜알씨 책임연구원

〈관심분야〉

딥러닝, 적재단속 시스템, 터널유고 시스템

정 재 호(Jaeho Chung)

[정회원]



- 2011년 8월 : KAIST 해양시스템 공학과 (공학석사)
- 2018년 2월 : KAIST 기계공학과 (공학박사)
- 2018년 4월 ~ 2019년 2월 : 한국기계연구원 박사후연구원
- 2019년 9월 ~ 현재 : KAIST 안보융합연구원 연구조교수

〈관심분야〉

딥러닝, 유체역학실험, CFD, Shock M&S