

영상처리기법을 활용한 차량 검출 및 선박복원성 계산

김득봉* · 허준혁** · 김가람** · 서창범** · 이우준**

* 목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수, ** 목포해양대학교 해사대학 학사과정

Vehicle Detection and Ship Stability Calculation using Image Processing Technique

Deug-Bong Kim* · Jun-Hyeog Heo** · Ga-Lam Kim** · Chang-Beom Seo** · Woo-Jun Lee**

* Professor, Division of Navigation Information System, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

** Bachelor's Candidate, College of Maritime Sciences, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요약 : 우리나라는 여러 건의 여객선 사고를 겪으면서, 여객선 안전관리를 위해 다양한 제도를 운영하고 있다. 2021년 기준 우리나라 연안을 운항하는 여객선 162척 중, 차량갑판이 개방된 형태의 차도선이 105척(65%)을 차지하고 있다. 차도선은 2~4개의 섬을 경유하는 운항 패턴을 가지고 있다. 출항지(모항)에서 안전점검은 선원과 운항관리실의 운항감독관, 해사안전감독관에 의해 실시된다. 경유지에서 안전점검은 자체점검이 실시되는 경우가 있다. 어느 제도와 마찬가지로 제도적, 현실적 한계 등이 있다. 이를 위해 영상처리기법을 활용하여 차량을 검출하고 이를 선박 복원성 계산과 연동하는 방안을 제안하고자 본 연구를 수행하였다. 차량 검출을 위해 차영상을 이용하는 방법과 기계학습을 이용하는 방법을 사용하였다. 검출된 데이터를 선박 복원성 계산에 활용하였다. 기계학습을 통해 차량을 검출하는 경우, 차영상에 의한 차량 검출 방법보다 차량 식별에 안정적임을 알 수 있었다. 다만, 카메라가 일몰과 같은 상황에서 역광을 받는 경우와 야간과 같은 상황에서 부두와 선박 내부의 강한 조명에 의해 차량이 식별되지 않는 한계가 있었다. 안정적인 영상처리를 위해 충분한 영상 데이터 확보와 프로그램 고도화가 필요해 보인다.

핵심어 : 여객선, 차도선, 영상처리, 차량 검출, 선박 복원성, 차영상, 기계학습

Abstract : After the occurrence of several passenger ship accidents in Korea, various systems are being developed for passenger ship safety management. A total of 162 passenger ships operate along the coast of Korea, of which 105 (65%) are car-ferries with open vehicle decks. The car-ferry has a navigation pattern that passes through 2 to 4 islands. Safety inspections at the departure point(home port) are carried out by the crew, the operation supervisor of the operation management office, and the maritime safety supervisor. In some cases, self-inspections are carried out for safety inspections at layovers. As with any system, there are institutional and practical limitations. To this end, this study was conducted to suggest a method of detecting a vehicle using image processing and linking it to the calculations for ship stability. For vehicle detection, a method using a difference image and one using machine learning were used. However, a limitation was observed in these methods that the vehicle could not be identified due to strong background lighting from the pier and the ship in the cases where the camera was backlit such as during sunset or at night. It appears necessary to secure sufficient image data and upgrade the program for stable image processing.

Key Words : Passenger ship, Car-ferry, Image processing, Vehicle detection, Ship stability, Difference image, Machine learning

1. 서론

우리나라는 1993년 여객선 서해훼리호, 2014년 여객선 세월호 전복사고 등 여러 여객선 사고를 겪으면서 여객선 안전관리를 위해 중앙정부 차원에서 다양한 제도를 운용하고 있다. 선박운항관리자제도, 선내 비상훈련 의무화, 해상교통

관제제도, 해사안전감독관제도, 여객선 선장의 적성검사, 선박 감항성 결함 신고 의무화 제도 등이 여객선 안전관리를 위해 시행되고 있는 제도이다. 하지만 어느 제도나 제도적, 현실적 한계 등으로 사각지대가 있기 마련이다.

우리나라는 2021년 기준 162척의 여객선이 운항 중에 있다. 이중 차도선(차량 갑판이 개방된 형태의 카페리 여객선)이 105척으로 전체 여객선의 65%를 차지하고 있다(KOMSA,

† Corresponding Author : kdb@mmu.ac.kr, 061-240-7179

2021). 차도선은 2~4개의 섬을 경유하여 모항으로 들어오는 형태의 운항 패턴을 가지고 있다. 차도선이 모항에서 출항할 때에는 해사안전감독관이나 운항관리실의 감독하에 출항 전 안전점검을 받게 되지만, 경유지에서는 자체 점검으로 대체된다(Kang et al., 2020). 차량의 탑재 대수 확인, 차종의 식별, 차량 고박의 유무, 선박 감항성 확보 여부 등 선박 감항성 점검 및 증빙에 어려움이 있는 것이 현실이다.

이를 위해 실시간으로 녹화된 동영상으로 차량 고박 유무를 증빙하고, 영상처리기법을 활용하여 차량을 검출하여 이를 선박 복원성 계산에 활용하는 방안을 제안하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 여객선 운항실태 및 해양사고 현황

2.1 국내 여객선 운항실태

한국해양교통안전공단(KOMSA) 자료에 의하면, 2021년 기준 우리나라 연근해를 운항하는 여객선은 총 162척이며, 이중 차량과 여객을 동시에 실을 수 있는 선박은 총 116척으로 차도선(CF: Car-ferry)과 쾌속카페리선(HS-CF: High speed Car-ferry), 일반 카페리선(Gen. CF: General car-ferry)이 있다. Fig. 1과 같이 차도선은 총 105척으로 전체 여객선의 65%를 차지하고 있다(KOMSA, 2021).

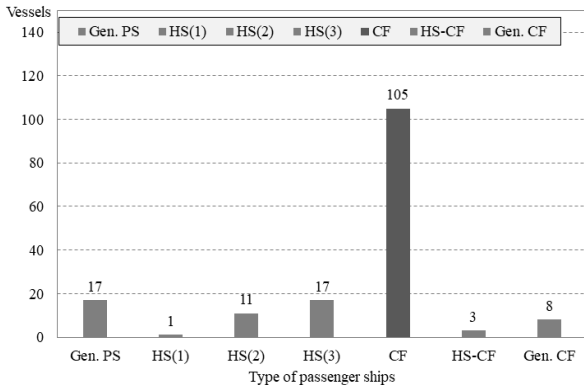


Fig. 1. Passenger ship operation status (2021 year).

2.2 차도선의 구조 및 특징

차도선은 3~4개 갑판(deck)으로 이루어져 있으며, 차량갑판, 여객실, 조타실, 기관실, 청수탱크, 연료탱크, Void space로 구성되어 있다. 가장 큰 면적을 차지하는 것은 차량갑판으로, 총톤수 500톤급 차도선의 경우 차량갑판의 면적은 약 650 m²이다(Eunseong Shipyard, 2020)

차도선은 크기에 따라 150톤급, 300톤급, 500톤급, 800톤급으로 구분되며, 300톤급과 500톤급 차도선이 가장 많다. 우리나라에서 가장 큰 차도선은 800톤급으로 길이 약 76m, 폭

16.6m, 총톤수 792톤, 배수톤수 1,572톤이었다. 이 선박은 소형 승용차 기준 63대를 적재할 수 있다. Table 1은 차도선 크기별 규모를 나타낸다.

Table 1. Comparison by Car-ferry size

Gross tonnage	150ton class	300ton class	500ton class	800ton class
LOA(m)	46.2	65.6	67.5	75.2
LBP(m)	36.0	52.0	54.0	59.0
Breadth(m)	8.2	11.4	13.5	16.6
Mean draft(m)	1.7	2.1	1.8	2.4
Crew & passengers(P)	60	240	304	505
Cargo(small cars)	12	43	52	63

2.3 전복사고 현황

최근 10년간(2011년~2020년) 해양사고 통계에 의하면 21,593건의 해양사고가 있었으며, 이 중 선박 전복사고는 574건이 발생하였다. 전복사고로 575명이 사망·실종하거나, 부상을 입었다(KMST, 2021).

Table 2는 최근 10년간 주요 해양사고 종류별 인명피해 현황이다. 안전사고(충돌, 침몰, 전복 등과 무관하게 사람이 사망·실종, 부상을 입은 사고)를 제외하고 전복사고가 사고 발생 시 인명피해 비율이 가장 높았다.

1949년 여객선 평해호 전복사고로 108명, 1950년 여객선 조춘호 전복사고로 127명, 1951년 여객선 남경호 침몰사고로 167명, 1970년 여객선 남영호 침몰사고로 323명, 1973년 여객선 한성호 침몰사고로 95명, 1986년 여객선 카페리2호 전복사고로 28명, 1993년 여객선 서해훼리호 전복사고로 292명, 2014년 여객선 세월호 전복사고로 304명의 인명피해를 입은 일이 있다. 이러한 사고는 여객선의 복원성과 관련이 깊다(KMST, 2017a). 해양수산부는 안전사고, 충돌사고, 전복사고를 ‘3대 인명피해사고’로 규정하고 사고 예방에 중점을 두고 있다(MOF, 2021).

Table 2. Status of casualties by marine accident (last 10 years)

Type of Marine accident	Number of accidents	Casualties(P)	Ratio
Collision	2,284	1,503	0.7
Contact	280	228	0.8
Grounding	1,270	312	0.2
Capsizing	574	575	1.0
Fire/Explosion	1,053	269	0.3
Sinking	401	144	0.4
Safety accident	1,166	1,395	1.2

차도선의 전복사고는 1986년 카페리2호(총톤수 55톤)와 2010년 향로페리투호(총톤수 495톤)가 있었다. 2010년 향로페리투호는 풍랑주의보가 발효된 상태에서 전남 신안군 가거도에서 목포항으로 항해하다가 풍랑을 만나 전복되었다. 사고 원인은 차량 고박 소홀이었으며, 이 사고로 차량 4대가 전손되었고, 승선원 15명은 해양경찰에 의해 구조되었다(KMST, 2011).

2.4 여객선 안전관리 정책 변화

우리나라는 여러 건의 여객선 전복과 침몰사고를 겪으면서 여객선 운항관리에 노력하고 있다. 1961년 「선박안전법」 제정을 통해 연·근해구역을 항해하는 총톤수 150톤 이상 선박에 만재흡수선을 의무적으로 표시하게 했으며, 1966년 선박검사관제 신설, 1972년 선박운항관리자제도 신설, 1973년 선내 비상훈련 의무화, 1983년 한국해운조합에 운항관리자를 두고 여객운송사업자를 지도 및 감독하게 했으며, 2009년 해상교통관제제도 도입, 2014년 해사안전감독관제 도입, 2015년 한국해운조합 운항관리자를 선박안전관리공단(현, 한국해양교통안전공단)으로 업무 이관, 여객선 선장의 적성검사기준 강화, 선박 감항성 결함 신고 의무화 제도를 시행하고 있다(KMST, 2017b).

하지만 아무리 좋은 시스템에도 한계가 있기 마련이다. 제도는 마련되어 있으나 현실적 한계, 기술적 한계로 시행을 못 하거나 소홀히 하는 부분이 있다. 육상과 섬의 다리 역할을 해주는 차도선은 출항지에서 해사안전감독관이나 운항관리자에 의해 출항 전 안전점검을 받으나, 경유지(섬)에서는 자체 안전점검으로 대체된다. 자체 안전점검을 했다고 하더라도 자료 증빙에 한계가 있다(선박 감항성 점검의 경우). 이를 위해 영상처리기법을 활용한 차량 검출과 이를 선박 복원성 계산에 연동하는 방안이 필요하다 판단하였다. 본 연구는 영상처리기법을 활용하여 차도선에 탑재되는 차량의 대수와 차종을 식별하고, 이 데이터를 이용하여 차도선의 복원성을 계산해보자 하였다.

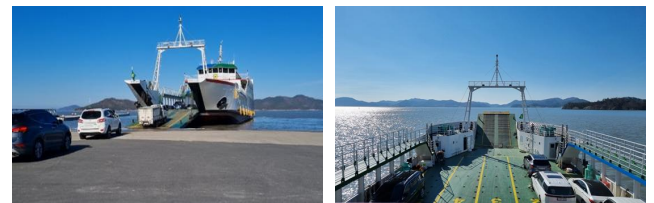
3. 차량 검출 방법

3.1 시스템의 구성

차량 검출을 위해 Fig. 2와 같이 L사의 웹캠과 S사의 노트북을 이용하였다. 영상처리를 위해 사용한 소프트웨어는 매트랩 R2019b 버전이다. 카페리 여객선에 차량이 탑재되는 장면을 촬영하기 위해 2021년 11월과 12월 기간 중 목포항에서 전남 신안군 장산도와 상대도를 오가는 차도선을 이용하였다. Fig. 3은 차도선에 차량이 탑재되는 장면이다.



Fig. 2. System configuration.



(a) Before vehicle loading (b) After vehicle loading

Fig. 3. Scene where the vehicle is being loaded onto a car-ferry.

3.2 차량 검출 방법

(1) 검출 방법 1: 차영상을 이용한 차량 검출

차량을 검출하는 방법에는 차영상 이용 방법과 영상에서의 윤곽선(edge)을 이용하는 방법이 있다. 본 연구에서는 차영상을 이용하였다.

차영상(difference image)에 의한 차량 검출은 일정 시간 카메라로 촬영된 두 개의 영상에 이전 영상과 현재 영상에 대한 배경 영상의 차를 분석하여 객체를 검출하는 방법이다. 배경 영상의 차는 식(1)과 같이 화소값의 차로 구할 수 있다(Kim, 2014; Lee and Kim, 2015).

$$h(x, y) = g(x, y) - f(x, y) \quad (1)$$

Fig. 4는 본 연구에서 사용한 차량 검출 과정이다. 컬러 영상을 흑백 영상으로 만든 후, 차영상 및 이진화 처리, 잡음 제거, 레이블링 과정을 거쳐 차량을 검출하였다. Fig. 5는 차영상에 의한 차량 검출 결과이다.

영상처리기법을 활용한 차량 검출 및 선박복원성 계산

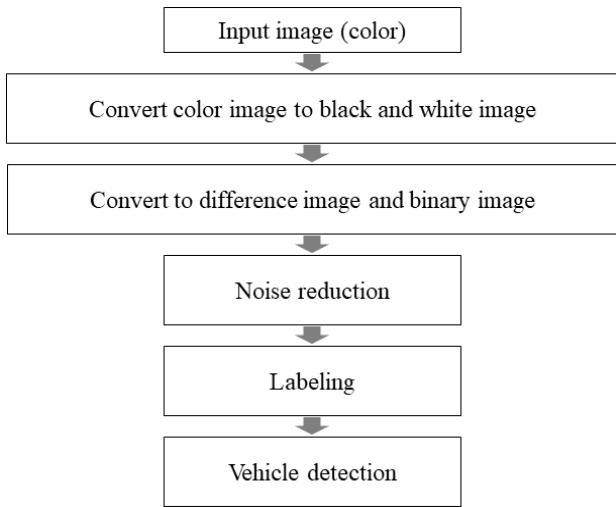


Fig. 4. Vehicle detection process using difference image.



Fig. 5. Vehicle detection result through difference image.

(2) 검출 방법 2: 기계학습을 이용한 차량 검출

기계학습을 이용한 차량 검출은 인간이 사물을 구분할 때와 같은 정보처리 방식을 기계에 적용한 것을 말한다. 객체 검출 알고리즘의 종류로는 물체를 탐색하고 검출된 객체를 2단계(2-stage)로 처리하는 방식과 1단계(1-stage)로 처리하는 방식 등 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

2단계 방식은 객체의 후보 영역을 추출하는 과정과 그 추출된 객체를 분류하는 과정을 나누어서 처리하게 되며, CNN(Convolutional Neural Network) 계열 객체 검출 알고리즘이라고도 불린다. 이 방식은 계산 시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만, 비교적 정확도가 높은 장점이 있다.

1단계 방식은 특정 이미지에 대해서 오직 한 번의 검색으로 객체를 감지하여 분류하는 방법이다. 이 방식은 2단계 방식처럼 후보 영역을 추출하기 위한 별도의 신경망 네트워크를 적용하지 않고, 객체의 위치 탐색 및 분류에 대한 실시간성을 확보하기 위해서 하나의 신경망 네트워크를 사용한다. 이를 YOLO(You Only Look Once) 계열 객체 검출 알고리즘이라고도 한다(Redmon et al., 2015).

본 연구에서는 고해상도의 웹캠 동영상자료로부터 차량의 종류를 인식하고 차량의 입출을 계수하기 위해서 YOLO

계열의 YOLO v2 알고리즘을 사용하였다(Redmon and Farhadi, 2017). YOLO v2 알고리즘은 대량의 분류 데이터를 활용하기 위해 고안된 방법으로, YOLO v1에 비해 정확도와 속도 향상을 위해 일괄 정규화(Batch Normalization) 계층이 추가된 것이 특징이다(Lee and Kim, 2020). Fig. 6과 Fig. 7은 기계학습을 통한 차량 검출 과정이다.

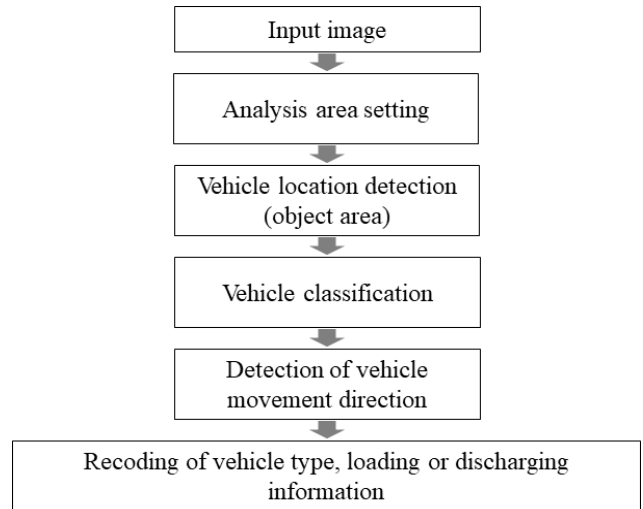


Fig. 6. Vehicle detection process through machine learning.

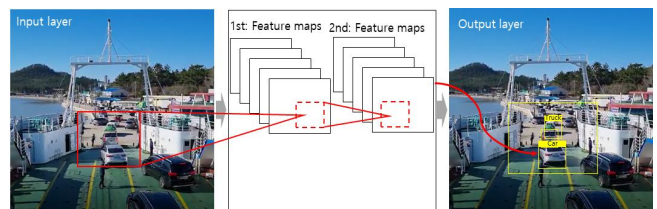


Fig. 7. Vehicle detection concept by machine learning.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 차량 검출 결과

Fig. 8과 Fig. 9는 ‘검출 방법 2: 기계학습을 통한 차량 검출’에 의한 검출 결과이다. 동영상의 촬영 날짜는 2021년 12월 5일 17:10시에서 같은 날 17:13시까지이며, 촬영 장소는 전남 신안군 장산도였다.

이 날 탑재된 차량의 댓수와 차종은 트럭 3대, 승용차 2대였다. 동영상으로부터 검출한 차량 정보의 로그 파일은 아스키(ASCII) 파일 형태로 저장된다.

Fig. 10에서 보는 바와 같이 2021년 12월 5일 18:35시에 촬영된 영상은 분석되지 않았다. 이는 야간 시간에 촬영된 영

상으로 부두 조명과 선박 내의 강한 조명으로 물체 인식이 실패한 것으로 판단된다.

‘검출 방법 1: 차영상을 이용한 차량 검출’의 경우에는 단순 상황에서 차량 검출에 성공하였으나, 차량이 선수 램프(ramp) 부근에서 회전을 하거나, 주위 배경이 어둡거나(야간 상황), 일몰과 같은 상황에서 카메라가 역광을 받는 경우에는 차량 검출에 실패하였다. 영상처리기법 중 차영상, 이진화뿐만 아니라 물체의 윤곽선(edge)을 검출 방법을 이용하거나, 영상 레벨링 작업의 고도화를 통해 프로그램을 개선할 필요가 있다.

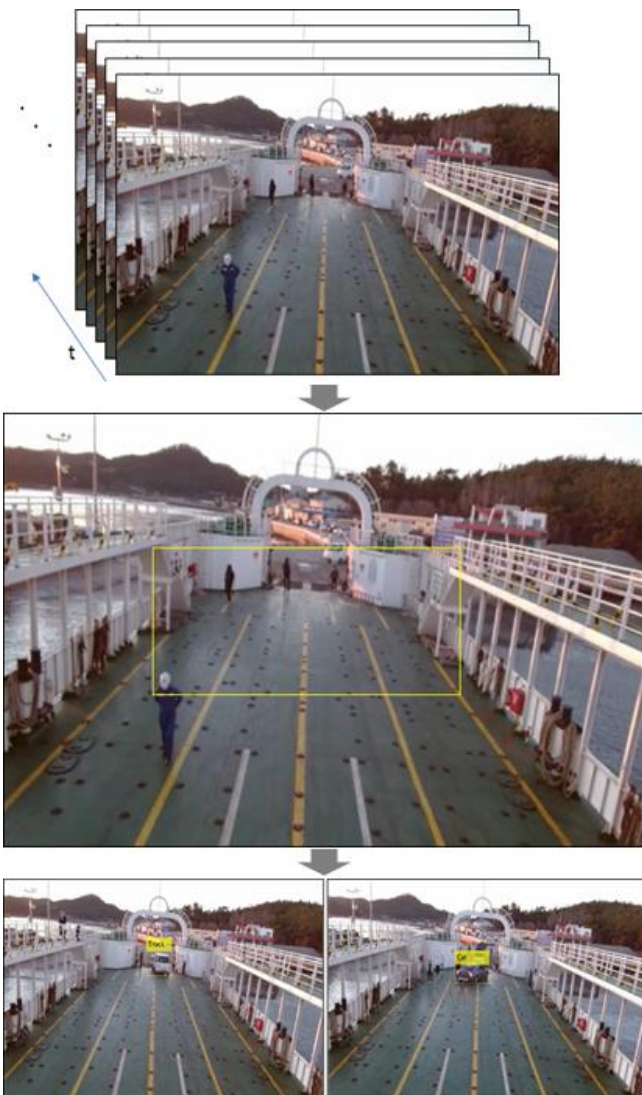


Fig. 8. Vehicle detection result through machine learning.

File Name : cam_202111205_171002.mp4

yyyy	modd	hhmmss	vehicle	in	out
2021	1205	17:10:30	truck	1	0
2021	1205	17:10:07	sedan	1	0
2021	1205	17:10:47	sedan	1	0
2021	1205	17:10:59	truck	1	0
2021	1208	17:11:07	truck	1	0

Fig. 9 Detected vehicle log file.

M - Counter

File Name	Time	Duration	Total_Sedan	Total_Truck	Total
cam_202111205_171002.mp4	2021-12-05 17:10:02	00:03:14	2	3	5
cam_202111205_183532.mp4	2021-12-05 18:35:32	00:05:10	-	-	-

Fig. 10. Vehicle detection result.

4.2 복원성 계산

선박의 \overline{GM} 은 식(2)를 이용하여 구한다(Yang and Kim, 2007; Kim et al., 2018). \overline{KM} 은 배수량 등 곡선도(hydrostatic curves 또는 table)에서 주어진 흘수로써 구할 수 있다. 본 연구에서는 선박 건조 시 조선소에서 ‘완성 비손상 복원력 계산서 (Final trim and stability booklet)’를 이용하였다. \overline{KG} 는 식(3)과 같이 경하배수량에 대한 모멘트와 각 화물에 대한 모멘트, 선박의 배수량으로 구할 수 있다(Fig. 11). 본 연구에서 차량의 중량 및 무게중심은 차량 제조사의 제원표를 이용하였다.

$$\overline{GM} = \overline{KM} - \overline{KG} \quad (2)$$

여기서, \overline{GM} : 무게중심에서 경심까지의 높이(m)

\overline{KM} : 용골에서 경심까지의 높이(m)

\overline{KG} : 용골에서 선박무게중심까지의 높이(m)

$$KG = \frac{\sum w_i h_i}{\sum w_i} = \frac{\Delta_0 \times \overline{KG}_0 + w_1 h_1 + w_2 h_2 + \dots}{\Delta_0 + w_1 + w_2 + \dots} \quad (3)$$

여기서, Δ_0 : 경하상태의 배수량(ton)

\overline{KG}_0 : 경하상태에서 용골에서 선박무게중심까지 높이(m)

w : 각 차량의 무게(ton)

h : 각 차량에 대한 용골에서 차량 무게중심까지 높이(m)

영상처리기법을 활용한 차량 검출 및 선박복원성 계산

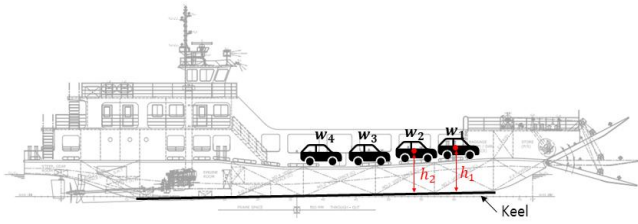


Fig. 11. \overline{KG} calculation concept.

Table 3과 Fig. 12는 2021년 12월 5일 17:10시의 선박 복원성 계산 결과이다. 출항 당시 승용차 2대, 1톤 트럭 3대가 적재되었다. 총 화물의 무게는 9.2톤이었으며, \overline{KG}_0 와 \overline{KM} 은 비손상 복원력계산서에서 4.15m, 9.60m이었고, \overline{GM} 은 5.43m로 계산되었다.

Table 3. Ship stability calculation results

Items	Input data & Result	Remarks
LBP × B	54.0 × 12.0 m	
mean draft	1.75 m	
Light ship	680.65 tons	
F.W, F.O, Others	27.9 tons	60%
Crew & Passenger	2.16 tons	27 persons
Cargo(cars)	9.2 tons	5 EA
Displacement	690.13 tons	
\overline{KG}_0	4.15 m	Hydro. Table
\overline{KM}	9.60 m	"
\overline{KG}	4.17 m	<Formula 3>
\overline{GM}	5.43 m	<Formula 2>



Fig. 12. Height of GM, KG, KM.

4.3 결과 고찰

본 연구에서는 차영상을 이용한 차량검출 방법과 기계학습을 이용한 차량검출 방법 2가지를 사용하였다. 차영상을 이용한 차량검출의 경우 연산이 비교적 간단하다는 장점이 있었으나, 빛의 조명과 차량의 진입 자세에 따라 차량 인식이 안 되는 경우가 있었다. 기계학습을 이용한 차량검출의

경우 차영상을 이용하는 방법보다 차량 인식에 안정적이지만, 이번 연구에서 YOLO v2의 알고리즘을 적용하였다. 별도로 신경망 네트워크를 훈련시켜 신규로 생성시키기 위한 과정을 거치지 않았고, 일반에 공개되어 제공되는 ResNet-50 네트워크를 사용하였기 때문에 차량 인식 및 분류의 정확도는 다소 떨어졌다. 차량 인식과 분류의 정확도를 향상시키기 위해서는 차량 이미지 데이터의 충분한 확보와 DB 구축, 그리고 YOLO v2 네트워크의 추가 훈련 작업이 필요하다고 판단된다.

이번 연구에서 실시간으로 선박 복원성을 계산하는 데에 한계가 있었다. 추후 연구에서 카메라 영상 정보가 입력되는 동시에 선박 복원성이 자동 계산될 수 있도록 개선이 필요하다.

5. 결론

우리나라는 1986년 여객선 카페리2호 전복사고, 1993년 여객선 서해훼리호 전복사고, 2014년 여객선 세월호 전복사고 등 여러 여객선 전복과 침몰사고를 겪으면서 여객선 안전관리에 깊은 관심을 갖고 다양한 제도를 운용하고 있다. 만재 흡수선 표시 의무화, 선박검사관제 신설, 선박운항관리자제도 신설, 선내 비상훈련 의무화, 한국해운조합 내 운항관리자 제도 도입, 해상교통관제제도 도입, 해사안전감독관제 도입, 한국해운조합 운항관리자를 선박안전관리공단(현, 한국해양교통안전공단)으로 업무 이관, 여객선 선장의 적성검사 기준 강화, 선박 감항성 결함 신고 의무화 제도 등이 여객선 안전관리를 위해 시행되고 있다.

아무리 좋은 시스템에도 한계가 있기 마련이다. 차도선의 경유지(섬)에서 안전점검이 그 예이다(선박 감항성 점검 및 증빙). 이를 위해 영상처리기법을 활용한 차량 검출과 이를 선박 복원성 계산에 연동하는 방안이 필요하다 판단하였다. 본 연구에서는 영상처리기법을 활용하여 차도선에 탑재되는 차량의 대수와 차종을 식별하고, 이 데이터를 이용하여 차도선의 복원성을 계산하였다. 차량을 검출을 위해 두 가지 방법을 사용하였다.

첫째, 차영상을 이용하여 차량을 검출하였다. 차영상을 이용하는 경우에는 단순 상황에서 차량 검출에 성공하였다. 그러나 탑재 차량이 선수 램프(ramp) 부근에서 회전을 하거나, 주위 배경이 어두운 경우(야간 상황), 일몰과 같은 상황에서 카메라가 역광을 받는 경우에는 차량 검출에 실패하였다. 영상처리기법 중 차영상, 이진화뿐만 아니라 물체의 윤곽선(edge)을 검출 방법, 영상 레블링 작업 고도화를 통해 프로그램을 개선할 필요가 있었다.

둘째, 기계학습을 통해 차량을 검출하였다. 본 연구에서는

YOLO 계열의 YOLO v2 알고리즘을 사용하였다. 기계학습을 이용하는 경우 차영상을 이용하는 방법과 비교하여 차량 검출에 안정적임을 알 수 있었다. 그러나 YOLO v2의 알고리즘을 적용함에 있어, 따로 신경망 네트워크를 훈련시켜 신규로 생성시키기 위한 과정을 거치지 않았기 때문에, 추가적으로 차량 이미지 데이터의 충분한 확보와 DB 구축, 그리고 YOLO v2 네트워크의 추가 훈련 작업이 필요하였다.

이번 연구에서 수집된 영상 데이터를 활용하여 실시간으로 선박 복원성을 계산하는 데에 한계가 있었다. 또한 차량 검출의 경우 소형, 중형, 대형 등으로 세분화해야 하는데 이번 연구에서는 승용차, 화물차로만 구분하였다. 추후 연구에서 차량을 세부적으로 검출하는 방안과 카메라 영상 정보가 입력되는 동시에 선박 복원성이 계산될 수 있도록 프로그램 고도화가 필요하다 사료된다.

후 기

이 논문은 목포해양대학교 LINC+사업단의 ‘산학공동기술 개발과제’ 연구비 지원을 받아 수행되었음.

References

- [1] Eunseong Shipyard(2020), Final trim and stability booklet, Approved 08th Dec. 2020.
- [2] Kang, B. S., C. H. Jung, and D. B. Kim(2020), A Study on Lashing Standards for Car Ferry Ships Sailing in Smooth Sea Areas, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 26, No. 1, pp. 1-7.
- [3] Kim, H. B., Y. H. Lee, Y. S. Park, and G. Y. Kong(2018), A Study on Real Ship Experiments to Estimate the Heeling Angle of Passenger Type Ship when Turning, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 24, No. 5, pp. 497-503.
- [4] Kim, H. S.(2014), A Study on Vehicle Detection using Image Processing, Sangji University, pp. 12-21.
- [5] KMST(2011), General Cargo Ship ‘Hangroferry two’ Capsizing Accident, MPMST 2011-022.
- [6] KMST(2017a), Korea Maritime Safety White Paper, Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 200-315.
- [7] KMST(2017b), Korea Maritime Safety White Paper, Korea Maritime Safety Tribunal, pp. 340-391.
- [8] KMST(2021), Marine Accident Statistics, www.kmst.go.kr (accessed 4h Dec. 2021).
- [9] KOMSA(2021), Coastal Passenger Ship Companies 2021 year, www.komsa.or.kr (Accessed 4th Dec. 2021).
- [10] Lee, C. Y. and N. H. Kim(2015), A Study on Edge Detection using Pixel Brightness Transfer Function in Low Light Level Environments, The Journal of the Koera Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 19, No. 7, pp. 1681-1685.
- [11] Lee, Y. H. and Y. S. Kim(2020), Comparison of CNN and YOLO for Object Detection, Journal of the Semiconductor and Display Technology, Vol. 19, No. 1, pp. 85-91.
- [12] MOF(2021), Intensive Management of Marine Accidents that Cause Large Casualties, Press Release (15th Feb. 2021).
- [13] Redmon, J. and A. Farhadi(2017), YOLO9000: Better, Faster, Stronger, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 6517-6525.
- [14] Redmon, J., S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi(2015), You Only Look Once: Unified, Real-time Object Detection, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 779-788.
- [15] Yang, S. G. and S. G. Kim(2007), Ship Loading and Stability, Haein Publisher, pp. 199-207.

Received : 2021. 12. 03.

Revised : 2021. 12. 27.

Accepted : 2021. 12. 28.