

서포트 벡터 머신을 이용한 완도 인근해역 추천항로 개선안에 관한 연구

유상록* · † 정초영

*해양경찰청 완도항해상교통관제센터, † 군산대학교 해양산업·운송과학기술학부 교수

A Study on the Improvement of Recommended Route in the Vicinity of Wando Island using Support Vector Machine

Sang-Lok Yoo* · † Cho-Young Jung

*Wando Vessel Traffic Services, Korea Coast Guard, Wando 59126, Korea

† Division of Marine Industry - Transportation Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

요 약 : 항로 설정은 통항 선박들의 안전을 위해 교통 흐름을 반영할 필요가 있으며, 선박들이 항로를 잘 준수하는지 지속적인 경과 분석이 필요하다. 본 연구에서는 완도항 인근해역 추천항로의 문제점을 도출하고 이에 대한 개선안을 제시하였다. 효율적인 항로 중앙선을 설정하기 위해 선박 항적을 기반으로 서포트 벡터 머신을 이용하였다. 추천항로 중앙선을 기준으로 우측으로 항해해야 하므로 통항 선박들의 항적이 2개의 군집으로 분할된다. 서포트 벡터 머신은 패턴 인식 등 많은 분야에서 이용되고 있으며, 특히 이진 분류 기능이 뛰어나다. 연구 결과 장죽수도 방향의 2.4 NM 추천항로 구간에서 동진하는 상선은 약 79.5%가 추천항로를 준수하지 않는 것으로 나타나 선박 충돌 사고 위험이 상존하는 것을 확인하였다. 추천항로를 현 위치에서 북쪽으로 약 300 m 재설정할 경우, 동진하는 상선은 항로를 역주행할 비율이 79.5%에서 30.9%로 낮아지는 것으로 나타났다. 본 연구에서 적용한 서포트 벡터 머신은 선박 항적을 두 군집으로 분류가 가능하므로 항로 중앙선을 효과적으로 설정하는데 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

핵심용어 : 서포트 벡터 머신, 분류, 항적, 추천항로, 역주행

Abstract : It is necessary to set a route to reflect the traffic flow for the safety of the traffic vessels. This ongoing analysis is needed to ensure that the vessels comply with a route. The purpose of this study is to discover the problems of the recommended route vicinity for Wando Harbor and suggest an improvement plan. We used a support vector machine based on the ship's trajectory to establish an efficient route center line. Since the vessels should navigate to the starboard side, with reference to the center line of the recommended route, the trajectories of the vessels were divided into two clusters. The support vector machine is being used in many fields such as pattern recognition, and it is effective for this binary classification. As a result of this study, about 79.5 % of the merchant eastbound ships in a 2.4 NM distance to Jangjuk Sudo did not observe the recommended route, so the risk of collision always existed. The contraflow traffic rate of the route of the eastbound ships decreased from 79.5 % to 30.9 % when the recommended route was reset about 300 meters to the north, from its present position. The support vector machine applied in this study is expected to be applicable ,to effectively set the route center line because the ship trajectories can be classified into two clusters.

Key words : Support Vector Machine, Cluster, Trajectory, Recommended Route, Contraflow Traffic

1. 서 론

선박 교통량 등으로 해양사고가 일어날 우려가 있는 항로에는 선박의 속력 및 항행 안전에 필요한 사항을 고시하고 있다(MOF, 2017).

그동안 항로 설정에 관한 연구는 지속적으로 이루어졌다. 항로 설정에 관한 연구로는 부산 신항 항로(Seong et al., 2004), 광양항 항로(Jong et al, 2005a), 포항항 항로(Song et al., 2005), 울산항 항로(Jeong et al, 2010), 목포항 항로(Hong et al., 2003; Jong et al., 2005b) 등이 있었다. 또한, 기존에 설

정된 항로를 개선하기 위해 부산항 제1항로(Lee et al, 2007), 마산항 출입 항로(Kim, 1997), 부도수도 항로(Hong and Jeong, 1999), 여수·광양항 출입항로(Jeong et al, 2005; Kim et al, 2006; Kwon et al, 2017), 대산항 항로(Kim et al, 2011) 등에 관한 연구가 진행되었다. 이러한 연구로 우리나라 전국 항만 및 연안에는 14개의 항로 고시가 설정되었다. 하지만 항로에 관한 대다수 연구들은 국내 항로 설계 지침이나 PIANC(Permanent International Association of Navigation Congress) Rule 등을 참고하여 설정하여 왔으나(MOF, 2014; PIANC, 2014), 분류 성능이 뛰어난 패턴 인식 기법을 적용한

† Corresponding author, 종신회원, wjdchdud@kunsan.ac.kr 063)469-1815

* 정회원, yoosangrok82@naver.com 061)555-2550

연구는 없었다.

한편, 추천항로는 선박의 교통 질서를 확립하기 위하여 권고하는 항로이다(MROOF, 2015). 비록 추천항로는 법적 지위와 그 성격에 있어 강행력이 부족하지만, 해양안전심판원의 재결은 항해사들에게 항법 준수 의무를 부과하고 있다. 이러한 추천항로의 준수는 권고적 성격 이상으로 선원의 상무로 간주하고 있기 때문에 추천항로 설정 역시 통항 선박들의 안전을 위해 교통 흐름을 반영하여 설정할 필요가 있으며, 항로가 잘 준수되고 있는지 지속적인 경과 분석이 필요하다(Kim and Lee, 2016).

이에 본 연구는 선박 항적을 기반으로 패턴 인식 분야에 널리 응용되고 있는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM)을 이용하여 완도 인근해역 추천항로의 개선안을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 범위

완도 인근 해역에는 선박 안전 항해를 위해 2004년부터 Fig. 1과 같이 어룡도에서부터 섬도까지 지정항로와 추천항로가 설정되어 있다. 추천항로 연결선을 보다 명확하게 하기 위하여 동서방향으로 약 38 NM 해상에 홍백 종선의 안전수역 표지 21개가 설치되어 있다.

목포지방해양수산청 고시에 따르면, 추천항로에 근접하여 항행하여야 하며, 가급적 항로로부터 멀리 벗어나지 않고 추천항로에 근접하여 항행하되 추천항로선의 오른쪽으로 항행하여야 한다. 1번 등부표에서는 명량수도 방향과 장죽수도 방향으로 추천항로가 2.4 NM 연장되어 있다. 장죽수도 방향에서 진출입하는 선박은 1번 등부표에서 변침해야 한다. 본 연구 범위는 추천항로 장죽수도 방향 2.4 NM 구간으로 설정하였다(MROOF, 2015).

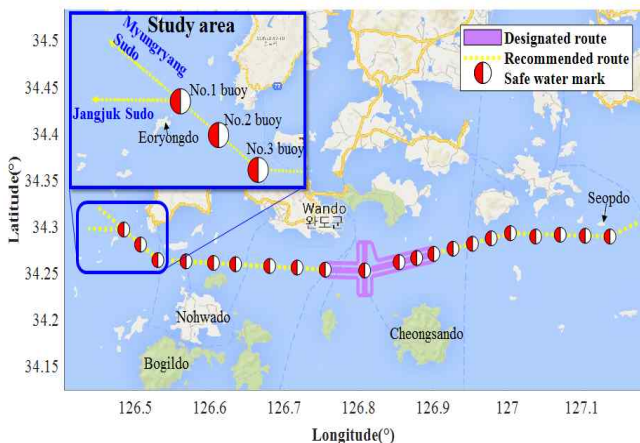


Fig. 1 Study area

2.2 연구 자료

본 연구에서는 2014년 1년간의 선박자동식별장치 (Automatic Identification System, AIS)와 어선위치발신장치 (Vessel Pass, V-Pass) 데이터를 사용하였다. V-Pass는 어선법에 따라 해양사고 발생 시 신속한 대응을 위해 어선의 위치 및 긴급구조신호를 발신하며, 어선의 출·입항 신고를 자동으로 처리하는 장치이다.

2.3 연구 방법

2.3.1 추천항로 역주행 선박 분석

연구 해역의 추천항로를 어느 정도 준수하여 항해하는지 분석하기 위하여 Fig. 2와 같은 절차로 진행하였다. 먼저 AIS와 V-Pass 데이터베이스를 구축하였다. AIS가 설치된 어선 데이터는 V-Pass 데이터와 중복될 수 있으므로 중앙전파관리소의 무선국 현황 자료를 이용하여 AIS가 설치된 어선을 제외한 선박 데이터만을 추출하였다. 그리고 통과선(gate line)을 설정하여 추천항로의 장죽수도 방향 구간 2.4 NM을 항해하는 선박들만을 추출하였다. 다시 서진과 동진하는 선박을 추출하여 이 중 몇 척의 선박이 추천항로 중앙선을 준수하지 않는지 분석하였다.

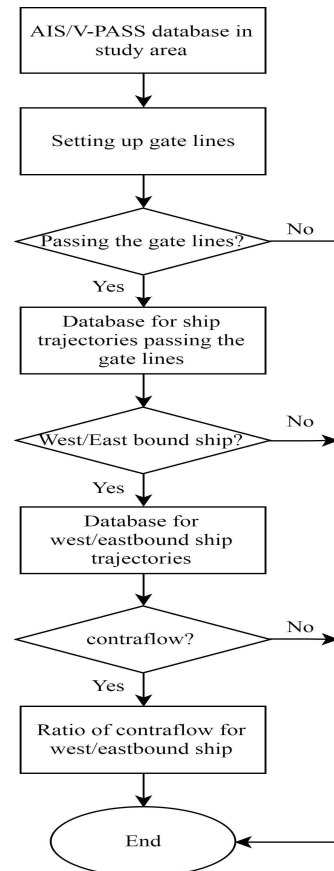


Fig. 2 Flow chart for analysis of contraflow traffic ship in the recommended route

2.3.2 선형 SVM 개념

추천항로 중앙선을 기준으로 우측으로 항해해야 하므로 통항 선박들의 항적이 2개의 군집으로 분할될 수 있다. 본 연구에서는 일반화 성능이 높아 패턴 인식 등 많은 분야에서 이용되고 있는 이진 분류기인 SVM을 활용하였다(Burges, 1998; Vapnik, 1999; Vanik, 2013).

Fig. 3은 선형 분리가 가능한 선형 SVM의 개념을 나타낸 것이다. n 개의 점으로 이루어진 데이터 집합 $D = \{(\vec{x}_i, y_i | x_i \in R^p, y_i \in \{-1, 1\})\}_{i=1}^n$ 이 주어졌을 경우, 입력 변수 \vec{x}_i 는 p 차원의 실수 벡터이고 y_i 는 \vec{x}_i 가 어떤 군집에 속해 있는지를 나타내는 값으로 1 또는 -1의 값을 갖는다. 데이터 집합이 y_i 값에 따라 선형적으로 분리될 수 있을 때, 데이터 집합을 분리하는 것을 초평면이라 하며, 초평면에서 가까운 점들을 서포트 벡터라고 한다. 서포트 벡터와 초평면까지의 거리를 마진(margin)이라 하는데, 이 중 최대 거리로 분리할 수 있는 초평면(maximum-margin hyperplane)이 본 연구에서 도출하고자 하는 항로 중앙선이 된다(Cortes and Vapnik, 1995).

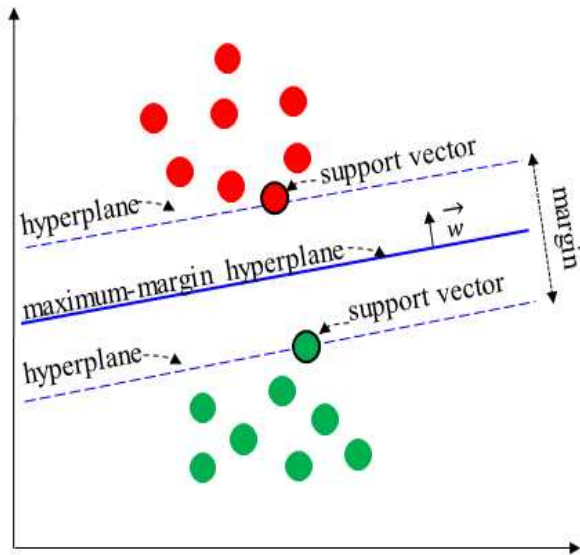


Fig. 3 Concept of linear SVM about separating data into the two cluster (red circles, green circles)

3. 완도 추천항로의 문제점

3.1 충돌 사고 사례

2017년 7월경 완도군 노화읍 어룡도 북방 1 NM 해상에서 항행하는 두 화물선간 충돌 사고가 발생하였다. Fig. 4는 당시 사고 선박과 인근 통항 선박 항적을 나타낸다. 충돌 사고 직전 쌍끌이저인망 C호와 연안복합어선 D호 항적을 보면, 2번 등

부표 부근에서 추천항로 중앙선을 비스듬히 가로 질러 항해했던 것을 볼 수 있다. 이러한 어선들과의 충돌 조우 상황을 미연에 방지하고자 했던 A호 역시 추천항로 중앙선을 넘어 항해 하였던 것으로 판단되고, 결국 추천항로를 따라 정상적으로 항해하던 화물선 B호와 충돌하였다. 이 사고로 냉동선인 A호는 우현 선미 부분이 파공, 침수 등 암모니아 가스가 누출되기도 하였다.

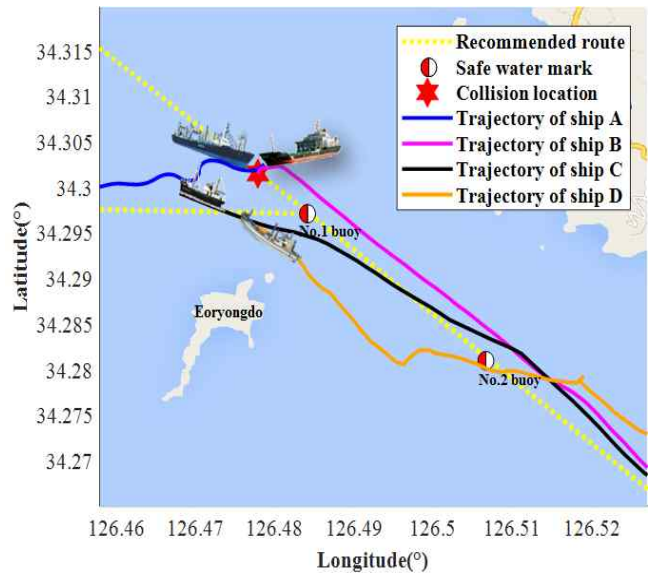


Fig. 4 Outline of collision accident

한편, 2005년에도 어룡도 인근 동일한 해역에서 어선 2척이 추천항로의 중앙선을 넘어 항해하다가 가스운반선 E호와 충돌한 사고가 발생하였다(KMST, 2005). 따라서 이 구역은 추천항로를 준수하는 선박과 역주행하는 선박 간에 충돌 위험이 늘 상존하는 해역임을 알 수 있다.

3.2 추천항로 통항 선박 항적 분석

Fig. 5와 Fig. 6은 2014년 10월 한달간을 샘플로 상선과 어선 항적의 밀집 분포를 나타내기 위하여 0.1 NM 간격으로 격자를 설정하여 항적 밀도를 색상의 단계적 차이로 제시한 것이다. Fig. 7은 상선과 어선 항적을 중첩시켜 나타낸 것이다. 1번 등부표에서부터 3번 등부표 구간은 추천항로 중앙선을 기준으로 통항 상선간 항적이 양분화 된 것을 볼 수 있다. 그러나 어선은 2번 등부표 부근에서 추천항로를 가로질러 항해하는 양상을 볼 수 있다. 이는 통상 어선들은 운항 경로를 단축시키기 위해 2번 등부표 부근에서 비스듬하게 횡단하는 것으로 판단된다. 한편, 추천항로 장죽수도 방향 2.4 NM 구간에서는 중앙선을 기준으로 남쪽보다 북쪽에 선박 항적이 상대적으로 많이 나타난 것을 볼 수 있다.

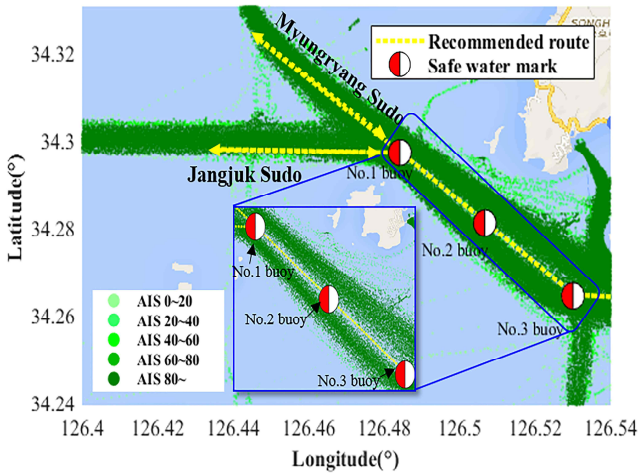


Fig. 5 Merchant ship trajectories on October 2014

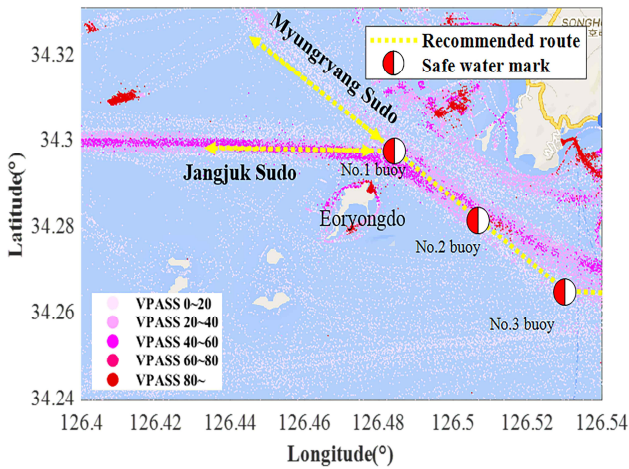


Fig. 6 Fishing ship trajectories in October 2014

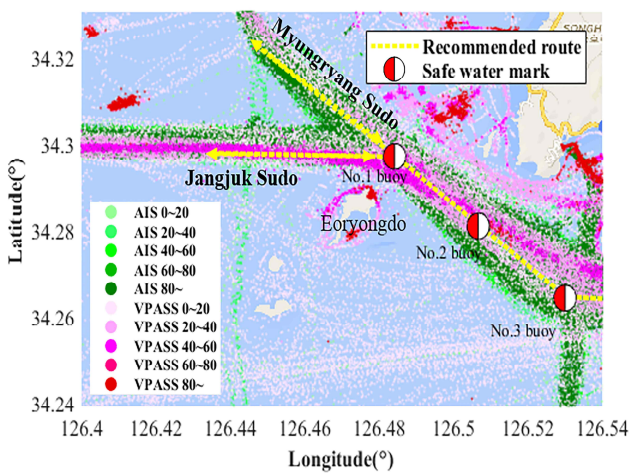


Fig. 7 Merchant ship and fishing ship trajectories in October 2014

Table 1은 추천항로 장죽수도 방향 2.4 NM 구간에서 중앙선을 넘어서 항해한 선박을 분석한 결과이다. 서진하는 상선 2,868척 중 333척이 역주행하였으며, 동진하는 상선은 2,752척 중 2,188척이 역주행한 것으로 조사되었다. 한편, 서진하는 어선은 611척 중 362척이 역주행하였으며, 동진하는 어선은 726척 중 491척이 역주행한 것으로 조사되었다.

현 추천항로의 장죽수도 방향 2.4 NM 구간에서 서진하는 상선 외에는 항로를 역주행하는 비율이 모두 약 59%를 넘는 것을 알 수 있다. 특히 동진하는 상선은 어룡도 부근 조업하는 어선과 역주행하는 어선을 회피하기 위해 여유 수역을 확보하기 위해 추천항로를 역주행하는 비율이 약 79.5%로 높은 것으로 분석되었다. 서진하는 상선은 추천항로를 잘 준수하는 반면에, 동진하는 상선은 추천항로 중앙선을 넘어서 항해하고 있어 충돌 조우가 야기되므로 현 교통 흐름을 반영하여 추천항로를 재설정할 필요가 있다.

Table 1 Number and ratio of contraflow ships in the recommended route

	Merchant ship		Fishing ship	
	Westbound	Eastbound	Westbound	Eastbound
Number of navigating ships	2,868	2,752	611	726
Number of contraflow ships	333	2,188	362	491
Ratio of contraflow ships (%)	11.6	79.5	59.2	67.6

4. 개선안

본 연구에서는 장죽수도 방향 2.4 NM 추천항로 구간을 2014년 1년간 동서진한 상선 항적 5만개를 기반으로 SVM을 이용하여 추천항로 중앙선을 도출하였다.

Fig. 8과 같이 분석한 데이터는 두 군집으로 분류되는 것을 볼 수 있으며, 초평면 검정색 선을 기준으로 북쪽에 있는 항적은 녹색 별표로 표시 및 1로 레이블 되었으며, 남쪽에 있는 항적은 빨간색 십자 표시 및 -1 레이블 되어 분류되었다. 이 가운데 초평면에 가까운 위치에 있는 서포트 벡터들은 검정색 원으로 표기하였다.

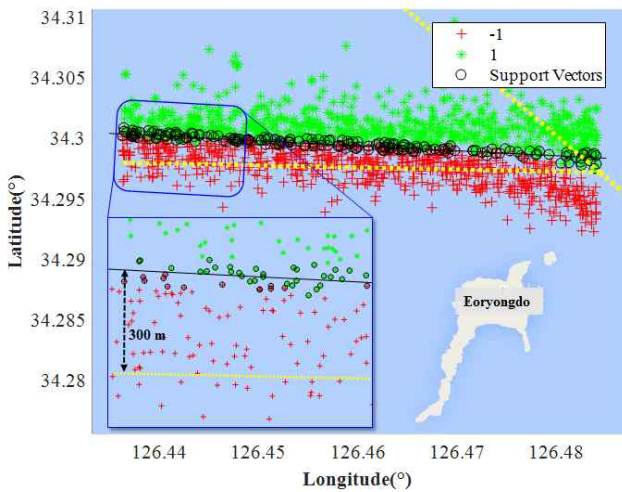


Fig. 8 Improved recommended route using SVM

Table 2는 현 추천항로 중앙선 위치와 본 연구에서 SVM으로 도출한 위치를 나타낸 것이다. 장죽수도 방향 2.4 NM 구간 추천항로를 북쪽으로 약 300 m 이동하고, 이에 따라 1번 등부표도 북서쪽 방향으로 재배치하는 것이다.

Table 2 Current and suggested location in the section of Jangjuk Sudo direction of recommended route

Current location		Suggested location	
34° 17' 50.0"	126° 29' 04.0"	34° 17' 54.6"	126° 28' 57.3"
34° 17' 53.0"	126° 26' 11.0"	34° 18' 01.5"	126° 26' 11.0"

본 연구에서 도출한 위치로 항로를 재설정할 경우, 2014년 1년간 통항한 선박을 기준으로 분석한 결과, 서진하는 상선의 역주행 비율은 11.6%에서 49.9%로 높아지나, 동진하는 상선의 역주행 비율은 79.5%에서 30.9%로 낮아지는 것으로 나타났다. 즉, 동진하는 상선은 기존 추천항로 보다 더 준수할 수 있을 뿐만 아니라, 추천항로를 역주행하는 어선과의 회피 동작을 위한 여유 수역을 더 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 서진하는 상선은 기존보다 약 300 m를 더 항해한 후 1번 등부표에서 변침하게 되므로 역주행하는 비율은 2014년 항적 데이터 기준으로 분석한 49.9% 보다 훨씬 낮아질 것으로 예상된다.

5. 결 론

본 연구에서는 완도 인근해역 추천항로에서 역주행한 선박을 분석하고, 항로 중앙선을 재설정하기 위해 분류 성능이 뛰어난 SVM을 적용하였다.

연구결과, 장죽수도 방향의 2.4 NM 추천항로 구간에서 2014년 1년간 동진하는 상선은 약 79.5%가 추천항로를 준수

하지 않는 것으로 나타나 선박 충돌 사고 위험이 상존하는 것을 확인하였다. 이러한 항로를 개선하기 위해 본 연구에서는 이진 분류 기능이 우수한 SVM을 적용하였다. 현 위치에서 북쪽으로 약 300 m 재설정할 경우, 역주행 비율이 높았던 동진하는 상선은 79.5%에서 30.9%로 낮아질 것으로 예상된다.

본 연구에서는 선박 항적만을 바탕으로 추천항로 이동 필요성을 분석하였으나 향후 선박 종사자들의 설문 조사 등 다양한 의견을 반영하여 본 연구를 뒷받침할 예정이다.

한편 전국 연안에 설정된 항로가 선박 교통 흐름을 잘 반영하여 설정되었는지 분석하여 개선안을 도출하는 연구를 향후 진행하고자 한다. 본 연구에서 적용한 SVM은 선박 항적을 이진 분류가 가능하여 항로 중앙선을 효과적으로 설정하는데 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Burges, C.(1998), "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition", Data Mining and Knowledge Discovery, Vol. 2, No. 2, pp. 121-167.
- [2] Cortes, C., and Vapnik, V.(1995), "Support-vector networks", Machine learning, Vol. 20, No. 3, pp. 273-297.
- [3] Hong, J. H. and Jeong, T. G.(1999), "A Study on the Improvement of the Channel of Pudo-Sudo in Chinhae Man", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 5, No. 2, pp. 79-86.
- [4] Hong, T. H., Seong, T. C., Jeong, J. Y., Jeong, D. D., Park, S. H. and Park, G. K.(2003), "A Study on Routeing in Adjacent Seas of Mokpo Port", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 9, No. 2, pp. 39-46.
- [5] Jeong, J. S., Jong, J. Y. and Kim, C. S.(2005), "A Study on Proposal of the Ship's Routing on Gwangyang Harbor", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 11, No. 2, pp. 9-17.
- [6] Jeong, J. Y., Yoon, D. G. and Kim, C. S.(2010), "A Study on the Improvement of Marine Traffic System in the Ulsan Approaching Waters", Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 16, No. 2, pp. 209-214.
- [7] Jong, J. Y., Kim, C. S. and Jeong, J. S.(2005a), "A Study on Proposal of the Improved Marine Traffic System for Specified Area on Yosu Bay", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 29, No. 8, pp. 653-660.
- [8] Jong, J. Y., Kim, C. S. and Park, S. H.(2005b), "A Study on Proposal of the Improved Marine Traffic System in

- the Mokpo Harbor”, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 11, No. 2, pp. 1-8.
- [9] Kim, C. S., Jong, J. Y. and Park, Y. S.(2006), “A Study on the Investigation of Marine Traffic Environment for Incoming and Outgoing Routes on Yeosu · Gwangyang Bay”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 30, No. 1, pp. 1-8.
- [10] Kim, C. S., Rim, G. S. and Kim, S. C.(2011), “A Study on Improvement of the DAESAN Harbor Fairway”, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 17, No. 2, pp. 143-148.
- [11] Kim, J. H. and Lee, Y. C.(2016), “A Study on the Legal Status of the Recommended Route in Korean Coastal Waters – Focused on the Recommended Route in the vicinity of Homigot Cape”, *Journal of the Korea Institute of Maritime Law*, Vol. 28, No. 1, pp. 1-24.
- [12] Kim, W. S.(1997), “A Simulation Study on the Improvement of the Entrance Channel of Masan Harbour”, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 3, No. 1, pp. 15-31.
- [13] Kwon, Y. M., Lee, H. H. and Lee, C. H.(2017), “A Study on the Entrance Channel of Restrictions on Passage of Oil Tankers in Yeosu-Gwangyang Port”, *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 23, No. 5, pp. 439-446.
- [14] Lee, Y. S., Jung, M., Song, J. U., Park, J. S., Park, Y. S. and Cho, I. S.(2007), “A Study on the Traffic Improvement at an Approach Area of Busan Harbor”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 31, No. 5, pp. 345-351.
- [15] MOF(2014), *Harbour and Fishing port Design Guidelines*, Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, pp. 1-1640.
- [16] MOF(2017), *Maritime Safety Act*, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [17] MROOF(2015), *Notification on Safety of Navigation (recommended route) near Wando Port*, Mokpo Regional Office of Oceans and Fisheries.
- [18] PIANC(2014), *Harbour Approach Channels Design Guidelines*, Permanent International Association of Navigation Congress, pp. 1-309.
- [19] Seong, J. K., Jeong, J. Y., Lee, H. G., Gug, S. G. and Park, J. S.(2004), “A Study on the Ships’ Routeing in the Busan New Harbor”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 28, No. 5, pp. 413-420.
- [20] Song, J. U., Lee, Y. S., Park, Y. S., Kang, J. G., Jung, M. and Jung, C. H.(2005), “A Study on the Traffic Flow and Navigational Characteristic for the Ship’s Routing of Po-hang Port”, *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 29, No. 10, pp. 821-826.
- [21] Vapnik, V.(1999), “An Overview of Statistical Learning Theory”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 10, No. 5, pp. 988-999.
- [22] Vapnik, V.(2013), *The Nature of Statistical Learning Theory*, Springer Science and business media, pp. 1-313.

Received 26 October 2017

Revised 04 December 2017

Accepted 05 December 2017