

선박패스(V-Pass) 자료를 활용한 어업활동 지도 제작 연구*

– 남해동부해역을 중심으로 –

한재림¹ · 김태훈² · 최은영³ · 최현우^{4*}

A Study on the Mapping of Fishing Activity using

V-Pass Data*

– Focusing on the Southeast Sea of Korea –

Jae-Rim HAN¹ · Tae-Hoon KIM² · Eun Yeong CHOI³ · Hyun-Woo CHOI^{4*}

요 약

해양공간계획은 해양을 체계적이고 합리적으로 관리하기 위해 9가지 용도구역으로 지정한다. 그 중 하나가 어업활동의 보호와 육성을 비롯한 수산물의 지속 가능한 생산을 위해 필요한 어업활동 보호구역이다. 본 연구는 V-Pass 자료를 활용하여 어업활동 지도를 제작하고 어업활동 밀집 공간을 도출함으로써 어업활동보호구역 지정에 필요한 요소 중 하나인 어업활동 공간을 정량적으로 파악하고자 한다. 이를 위해 V-Pass 자료를 정적 정보와 동적 정보가 결합된 데이터셋 구축, 어선 속도 계산, 어업활동 지점 추출, 비어업활동 공간 내의 자료 제거와 같은 전처리를 수행하였다. 최종적으로 선별된 V-Pass 점 자료를 이용하여 커널밀도추정으로 어업활동 지도를 제작하고 어업활동이 밀집된 공간을 분석하였다. 또한 어선의 업종과 계절에 따라 어업활동의 공간분포는 차이가 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 수행한 대용량 V-Pass 자료의 전처리 기법과 어업활동의 공간밀도 분석 방법은 향후 어업활동에 대한 공간특성평가 연구에 기여할 것으로 기대된다.

주요어 : V-Pass, 어업활동 지도제작, 커널밀도추정, 해양공간계획

ABSTRACT

2021년 03월 03일 접수 Received on March 03, 2021 / 2021년 03월 12일 수정 Revised on March 12, 2021 / 2021년 03월 15일 심사완료 Accepted on March 15, 2021

* 본 연구는 해양수산부의 “전북·서해안 EEZ 해역 해양공간계획 수립(PG51730)” 사업의 지원을 받아 수행되었으며, 본 논문을 검토해 주신 심사위원님께 감사드립니다.

1 한국해양과학기술원 연수생 Student-in-training, Korea Institute of Science Ocean & Technology

2 한국해양과학기술원 기술원 Researcher, Korea Institute of Science Ocean & Technology

3 해양수산부 주무관 Assistant deputy director, Ministry of Oceans and Fisheries

4 한국해양과학기술원 책임기술원 Principal Researcher, Korea Institute of Science Ocean & Technology

* Corresponding Author E-mail: hwchoi@kiost.ac.kr

Marine spatial planning(MSP) designates the marine as nine kinds of use zones for the systematic and rational management of marine spaces. One of them is the fishery protection zone, which is necessary for the sustainable production of fishery products, including the protection and fosterage of fishing activities. This study intends to quantitatively identify the fishing activity space, one of the elements necessary for the designation of fisheries protection zones, by mapping of fishery activities using V-Pass data and deriving the fishery activity concentrated zone. To this end, pre-processing of V-Pass data was performed, such as constructing a dataset that combines static and dynamic information, calculating the speed of fishing vessels, extracting fishing activity points, and removing data in non-fishing activity zone. Finally, using the selected V-Pass point data, a fishery activity map was made by kernel density estimation, and the concentrated space of fishery activity was analyzed. In addition, it was confirmed that there is a difference in the spatial distribution of fishing activities according to the type of fishing vessel and the season. The pre-processing technique of large volume V-Pass data and the mapping method of fishing activities performed through this study are expected to contribute to the study of spatial characteristics evaluation of fishing activities in the future.

KEYWORDS : *V-Pass, Mapping of fishing activity, Kernel density estimation, Marine Spatial Planning*

서 론

해양공간계획에서 용도구역은 해양의 상태를 직관적이고 쉽게 이해할 수 있도록 해양공간을 9개의 구역으로 지정한 것이다. 그중에서 어업활동을 보호 및 육성하고 수산물의 지속 가능한 생산을 위해 필요한 어업활동보호구역 지정에 대한 중요도가 높아지고 있다. 최근 통신기술의 발달로 선박자동식별시스템(Automatic Identification System, AIS)과 V-Pass 장치를 활용하여 선박의 정확한 위치 정보 구축이 가능하게 되었고 이를 활용한 어선 항행 패턴과 어업활동 공간 연구에 대한 관심이 높아지고 있다(Cho and Choi, 2018).

어선법 개정에 따라 모든 어선은 의무적으로 어선위치발신장치를 갖추어야 하는데 총톤수 10톤 이상인 어선은 AIS, 10톤 미만의 소규모 어선은 V-Pass 장치를 설치해야 한다. 이로 인해 모든 어선의 활동 위치를 실시간으로 모니터링하고, 출항부터 입항까지 대량의 운항 정보를

자동으로 수집할 수 있게 되었으며, 운항 특성이 내포된 어선위치정보를 활용하여 밀도분석을 통해 어선 활동이 이루어지는 공간을 유추할 수 있게 되었다(Kim and Ahn, 2018).

현재 대부분의 선행 연구들에서는 AIS 자료를 중심으로 공간분포를 확인하고 어선 활동에 대한 공간분석을 수행하고 있다. Yoo *et al.* (2017)는 근해 통발 어선의 위치 자료를 기반으로 조업 위치를 추출하기 위해 항적 기반 자료 추출 시스템을 구축하였고 월별 조업 위치를 추출하여 해구 별 시공간 분석을 통해 해양사고 예방의 기초 자료로 제시하였다. Jung and Yoo (2017)의 연구에서는 서해 군산 연안의 조류 방향과 속도 정보를 기반으로 하여 선박의 속도가 2knot 미만인 지점을 조업 구간으로 가정하고 해상교통 흐름을 분석하였다. Kim *et al.* (2019)은 AIS 자료를 수집·분석하여 채낚기 조업 어선의 출어 어장을 탐색하고 제주도 주변 해역을 감안하여 0~0.15knot의 운항 특성을 가진 어선의 위치를 추출한 후, 출현 밀도의 분포도를 분석함으로써 어장의 이동 변화를 유추

하였다. 또한 후속 연구에서 AIS 장치에서 수신되는 선박의 운항 정보를 분석함으로써 제주도 남해안에서 중국 어선들이 조업하는 어장을 파악하여 조업금지구역에서의 중국어선 출현 밀도를 선속 및 계절별로 분석하였다.

국외의 연구에서는 어업활동을 파악하기 위해 이미 AIS 자료와 같은 어선의 위치정보를 활용하여 어획 강도에 대한 정보와 고해상도 지도를 제작하는 등 해양활동 정보 제작을 위해 어선위치정보를 적극 활용하고 있는 실정이다. 이와 관련하여 Fabio *et al.*(2014)는 AIS 자료를 무감속 분류를 통해 선박이 어업활동을 하고 있는 지점을 식별할 수 있는 어업 행동탐지 알고리즘을 제안하였다. Fabrizio *et al.*(2015)는 개별 선박의 속도 분석을 토대로 어업활동을 파악하고 AIS 자료를 바탕으로 어업활동 고해상도 지도를 제작하는 방법을 개발하였다. Michele *et al.*(2016)은 9천만 개의 AIS 자료에서 실제 선박 경로를 시각화한 사례를 설명하였다. Erico *et al.*(2016)는 AIS 자료를 데이터 마이닝과 머신러닝 기법을 이용하여 세 가지 주요 업종인 트롤, 주낙 및 그물 어선의 활동을 탐지하고 지도화하는 방법을 개발하였고 검증 결과 트롤과 주낙 어선의 경우에는 평균 83%, 그물 어선은 97%의 정확도를 보였다. Kroodsma *et al.*(2018)는 2012년부터 2016년까지 220억 개의 AIS 자료를 처리하고 7만 개가 넘는 산업용 어선을 추적하여 이전 자료보다 2~3배 더 높은 공간 및 시간 해상도로 전 세계적으로 역동적인 어업활동 지도를 제작하였다. 이처럼 국외의 경우 어선의 위치정보를 이용한 어선활동 공간분석과 기계학습을 이용한 어선항행 패턴 탐지 연구가 진행되고 있다.

이와 같은 선행연구를 통해 어선위치정보 중에서도 AIS 자료를 이용하여 어선의 항행 특성 파악과 활동공간에 대한 연구를 활발하게 진행하고 있음을 알 수 있다. 하지만 해양수산부 통계에 따르면(MOF, 2019) 2018년 기준 국내 등록된 어선 중 10톤 미만의 어선이 약 94%를 차지하여 국내연안에서 AIS 자료를 활용한 어선 및 어업 관련 연구는 한계가 존재함을 알 수

있다. 따라서 본 연구에서는 모든 어선에 설치해야 하는 V-Pass에서 발신된 자료를 활용하여 어업활동 지도를 제작하고 어업활동 밀집 공간 도출 사례를 제시함으로써 국내 연안의 어업공간특성평가 연구에 기여하고자한다.

연구 자료 및 방법

1. 연구 대상지역 및 자료

본 연구에서는 우리나라 남해 동부해역의 어업활동 공간을 분석하기 위해 경상남도 남해 연근해부터 부산 기장 연근해까지를 연구 대상으로 선정하였다(그림 1). 연구를 위해 2018년 한 해 동안의 V-Pass 자료를 사용하였다. V-Pass는 어선위치발신장치의 하나로 해양사고 발생 시 신속한 대응을 위해 어선의 위치 및 긴급구조신호를 발신하고 어선의 출항·입항 신고를 자동으로 처리하기 위해 모든 어선에 의무적으로 설치해야 하는 통신장비이다. V-Pass 시스템은 GPS가 연결된 단말기가 정기적으로 송신하는 GPS 위치정보를 해안가에 설치된 기지국 안테나가 수신하여 위치를 추적하여 관리하는 것으로 해양경찰청에서 구축하여 이를 관리한다(KCG, 2017). V-Pass 자료에 포함된 어선운항정보는 어선 식별번호, 선명, 업종, 총톤수 등과 같은 정적 정보와 어선의 위치 좌표, 침로, 속력, 발신 시각과 같은 동적 정보가 있다. 이러한 V-Pass 자료는 출항부터 입항까지의 어선의 운항정보가 실시간으로 생산되고 있기 때문에 선박의 출입항에 대해 자동화하여 관리하고 운항 정보를 과학적으로 활용할 수 있다.

2. 연구 방법

V-Pass 자료는 개별 어선에서 초 단위로 수집되는 해양의 빅데이터 중 하나이다. 자료 수집부터 어업활동 공간 추정에 이르는 연구방법을 자료 전처리, 분석, 시각화 과정으로 정의하였다(그림 2). 먼저 자료 전처리 과정은 3단계로 세분된다.

첫째, V-Pass 자료를 해양과학기술원의 빅

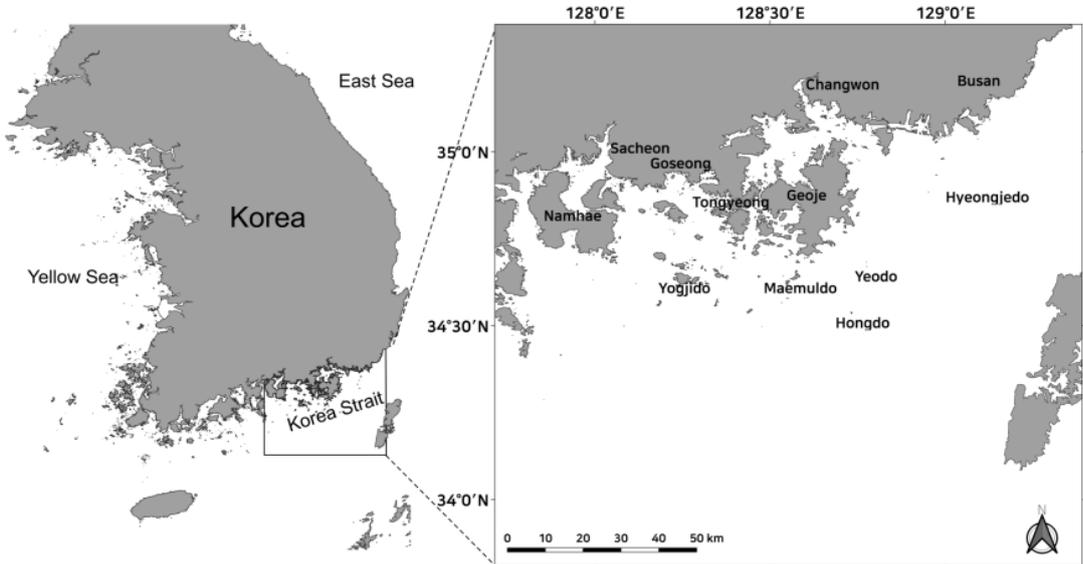


FIGURE 1. Study area

데이터 분석 플랫폼(KIOST Big data Analytic Platform: KIBIG)에 분산 저장하고 Scalar와 R 프로그래밍 언어를 사용하여 어선 식별번호를 키(key) 값으로 하는 동적 정보와 정적 정보를 결합한 데이터 셋을 구축하는 단계이다. KIBIG은 총 9대의 서버로 클러스터링 하여 대

용량 자료를 분산 저장 가능한 하둡 분산 파일 시스템(Hadoop Distributed File System, HDFS)과 인메모리 기반 분산 프레임워크인 아파치 스파크(Apache Spark)로 구축된 컴퓨팅 인프라이다.

둘째, 어업활동으로 판단되는 점 자료를 추출

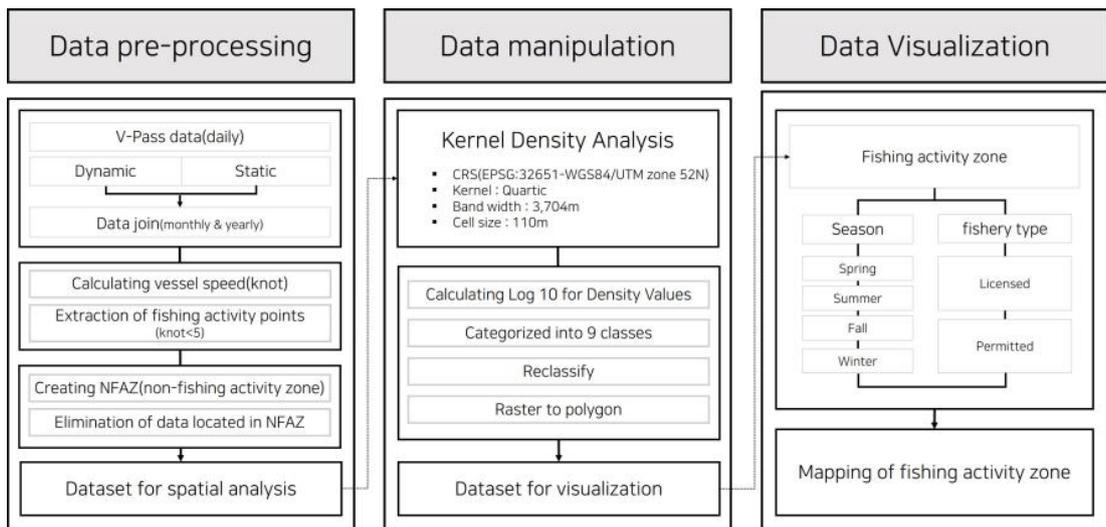


FIGURE 2. Study flow chart

하기 위해 어선의 지점 간 평균 이동속도를 계산하는 단계이다. 계산 방법은 자료를 날짜 별, 선박 별로 그룹화하고 시간 순으로 정렬하여 선박별 연속하는 두 지점 간의 시간차와 거리차를 나누는 것이다. 거리 차이는 구체의 두 지점의 거리를 구할 때 사용하는 허버사인 식 1을 통해 계산하였다.

$$\text{hav}\left(\frac{d}{r}\right) = \text{hav}(\rho_2 - \rho_1) + \cos(\rho_1)\cos(\rho_2) + \cos(\rho_2)\text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1) \quad (1)$$

여기서 $\frac{d}{r}$ 는 두 지점을 잇는 호의 중심각, ρ_1, ρ_2 는 1 지점과, 2 지점의 위도, λ_1, λ_2 는 1 지점과 2 지점의 경도이다. 두 지점의 거리를 구하기 위해서 역함수인 사이의 아크허버사인을 곱해주면 두 점 사이의 거리를 구할 수 있다 (Maria *et al.*, 2020). 어선은 일반적으로 목적지로 이동 시 고속으로 이동하며 목적지에 도달하였을 때 저속으로 항행하는 특성이 있다. 본 연구에서는 V-Pass 장치 매뉴얼의 투망행위 기준 속도가 0~5knot인 것을 근거로 하여 속도가 5knot 미만의 저속인 점 자료를 어업활동 지점으로 추출하였다.

셋째, 항·포구와 같이 현실적으로 어업활동의 가능성이 낮은 공간에 위치한 자료를 제거함으로써 분석에 필요한 자료만을 추출하는 단계이다.

두 번째 분석 단계에서는 전처리가 수행된 자료를 QGIS의 커널밀도추정 기법을 통하여 어업활동 밀도 래스터 자료로 생성 한 후 ArcGIS를 이용하여 밀도값을 재분류하고 벡터자료로 가공하였다. 분석에 사용된 커널밀도추정은 비모수적 통계모델링으로서 관측된 자료의 분포로부터 원래 변수의 분포 특성을 추정하고자 하는 것이며 이를 이용한 공간분석은 관측된 자료가 집중된 공간을 시각적으로 식별하기 쉽도록 표현할 수 있다는 점에서 유용한 기법이다(Go, 2010). 추정된 커널 추정치(kernel estimate)는 식 2와 같다(Silverman, 1986).

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (2)$$

여기서 x 는 확률변수이고 X_i 는 자료, n 은 자료의 개수이다. 그리고 $K(\cdot)$ 는 커널함수이고 h 는 탐색반경이다. 커널함수는 식 3과 같이 모두 적분값이 1인 non-negative 함수이며, 식 4와 같이 모든 값이 대칭인 함수를 말한다(Lee *et al.*, 2020).

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(u)du = 1 \quad (3)$$

$$K(-u) = K(u) \text{ for all values of } u \quad (4)$$

커널밀도추정의 결과는 커널함수의 종류 및 탐색반경의 크기에 의해서 결정되는데, 본 연구에서는 국지적 밀도값보다 밀도의 전체적인 분포 경향을 파악하기에 적합한 Quartic 함수를 이용하였다(Koo, 2020). 특히 탐색반경의 크기가 중요한데 작을수록 자료에 대해서 편의는 작아지고 분산은 커지는 과대적합 현상이 발생할 수 있고 클수록 평활해져서 자료보다 넓은 산포를 가지는 왜곡된 현상을 초래할 수 있다. 탐색반경을 설정하는 방법으로 주관적인 방법, 표준화에 의한 방법, 자동선택 방법 등이 있다(Nam, 2000). 본 연구에서 확률밀도함수를 추정하고자 하는 목적은 시범적으로 연구 대상지 내의 V-Pass 자료의 전체적인 분포 경향을 파악하는 것을 목적으로 하였기 때문에 탐색반경을 주관적으로 설정하였다. 어선의 속도가 5knot 미만일 때 어업활동이 이루어지므로 평균 2.5knot로 한 시간 이내에 도달할 수 있는 거리인 2해리(3,704m)를 탐색반경으로 설정하였다.

시각화 단계에서는 어업활동 공간의 계절적인 변화와 업종에 따른 차이를 파악하기 위해 계절 및 업종정보를 활용하여 어업활동 지도를 작성하고 각각의 어업활동 공간 면적을 계산하였다. 또한, 우리나라의 어업방식이 허가어업과 면허

어업으로 구분되는 특성을 고려하여 어업 활동 공간을 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 어업활동 지도제작을 위한 자료 전처리

1) 데이터셋 구축

V-Pass 자료는 밀리 초단위로 수집되어 자료의 용량이 방대하기 때문에 분석 목적에 맞게 정보를 선택하는 것이 효율적이다. V-Pass 자료는 정적 정보와 동적 정보로 구분되며 정적 정보는 어선 식별번호, 선명, 총톤수, 업종, 선박길이 등 변경이 없는 정보이며, 동적 정보는 어선 식별번호, 시간, 경도, 위도, 속도, 방위각 등 GPS로부터 자동으로 입력되는 정보이다. 2018년 1월부터 12월까지 연구 해역에서 3억 레코드 이상의 대용량 동적 정보가 csv 형식으로 수집되었고 빅데이터 분석 플랫폼을 통해 정적 정보와 동적 정보를 결합하여 시공간 정보와 업종 정보가 포함된 데이터 셋을 구축하였다. 수집된 자료의 처리과정과 분석에 사용된 소프트웨어는 표 1과 같다.

2) 어업활동 지점 추출

그림 3은 어선의 속도에 따라 어선의 활동 분류가 가능한지 확인하기 위해 일주일간의 V-Pass 자료를 속도에 따라 점 자료로 시각화한 결과이다. 이를 통해 어업활동으로 추정되는 5knot 미만의 저속 지점은 주로 동-서 방향의 항적 형태가 나타나고, 5knot 이상의 고속 지점은 이동항행으로 보이는 남-북 방향의 항적 형태가 주를 이루어 항행 패턴이 명확하게 구분됨

을 파악하였고, 어선의 어업활동 공간과 이동 공간을 어선 속도에 따라 분류할 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 5knot 미만의 자료를 어업활동 지점으로 추출하고 효율적인 분석을 위해 5분 단위로 샘플링하였다.

3) 비어업활동 공간 내 자료 처리

추출된 5knot 미만의 점 자료는 항·포구와 같이 현실적으로 어선의 어업활동 가능성이 낮은 공간에서 발신된 자료가 다수 포함되어 있다. 이러한 자료는 어선의 자동 출입항 신고처리를 위해 어선 출·입항 구역에서 발신된 자료와 어선이 V-Pass의 전원이 켜진 상태로 항·포구에 정박된 경우에 발신된 자료가 누적된 결과이다. 따라서 어업활동 공간 추정 시 해당 공간에 위치한 자료를 제거하는 과정이 필수적이다. 본 연구에서는 국내 주요 항·포구 반경 300m 및 수심 2m 미만, 약최고고조면 반경 50m를 어업활동 가능성이 낮은 비어업활동 공간(non-fishing activity zone, NFAZ)으로 정의하고 공간자료로 생성하였다. 그림 4의 굵은 선 내 빗금 친 영역은 비어업활동 공간의 예시로서 해당 공간과 중첩하는 점 자료를 제거하여 법적으로나 지리적으로 어업활동이 가능한 공간의 자료만을 추출하였다. 사례지역에서 수집된 V-Pass 원시자료는 335,458건인데 비어업활동 공간과 중첩한 자료 제거를 통해 추출된 자료는 88,542건으로 약 74%의 자료가 비어업활동 공간에 위치한 것으로 파악되었다.

TABLE 1. Step of data processing

Step	Content	Number of data	S/W
1	Data pre-processing	Joining dynamic & static information	388,110,357
		Extracting fishing activity points	338,264,538
		Sampling fishing activity points in 5 minutes	67,893,176
		Eliminating points within the non-fishing activity zone	27,799,210
2	Data manipulation	Kernel density estimation	QGIS, R
3	Data Visualization	Mapping of fishing activity zone	ArcGIS, QGIS

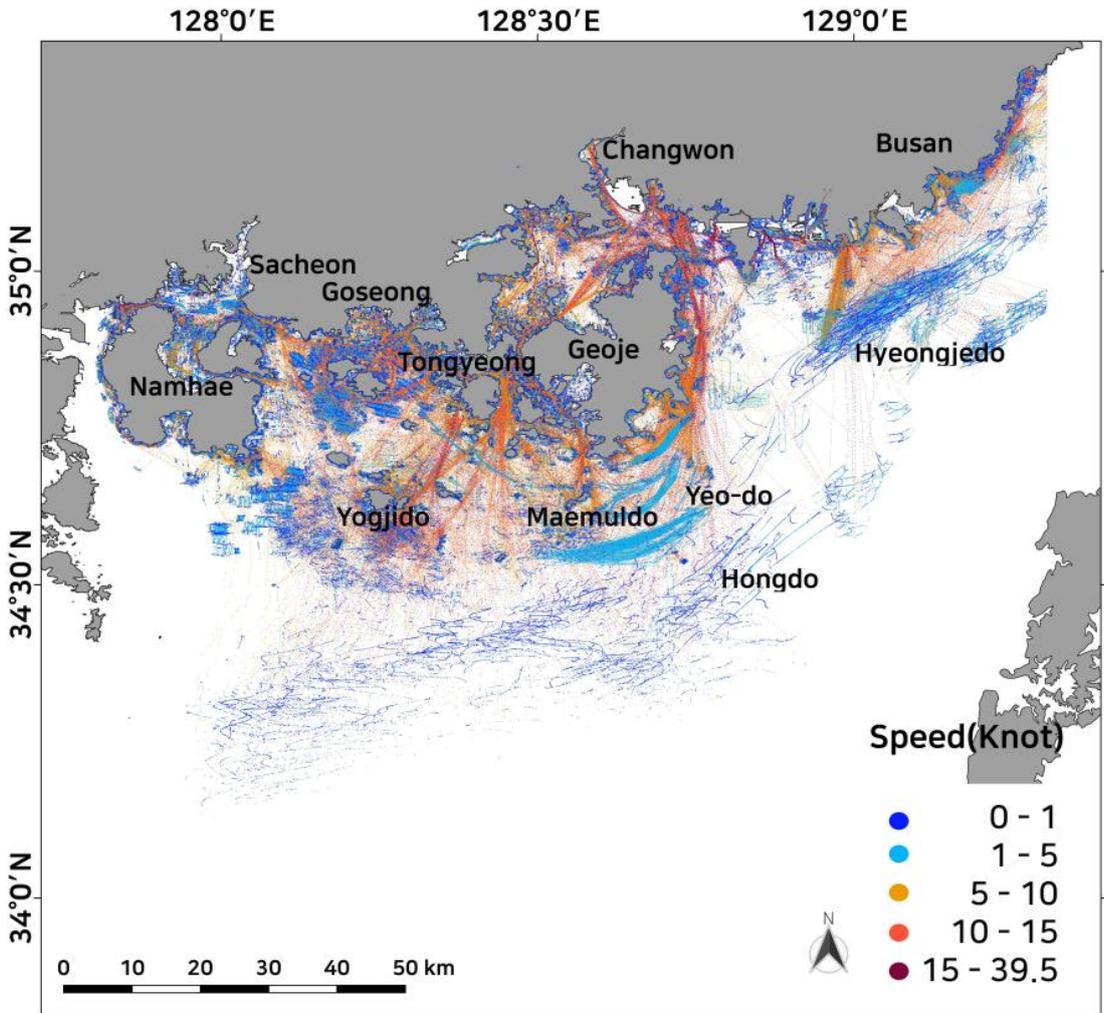


FIGURE 3. Example of fishing vessels navigation pattern from Nov. 4 to Nov. 10 in 2018

2. 커널밀도추정을 이용한 어업활동 공간 도출

그림 5는 전치리를 통해 추출된 어업활동 지점을 커널밀도추정을 이용하여 어업활동 지도로 제작한 결과이다. 붉은색에 가까울수록 어업활동 밀도 값이 높은 공간이며 파란색에 가까울수록 낮은 어업활동 공간이다. 어업활동 공간을 시각화하기 위해 커널밀도추정 값의 분포를 9개로 등급화 하였다. 추정된 밀도 값은 정규분포를 따르지 않고 극도로 치우친 분포를 보였는데 이러한 자료를 일반적인 등 간격 분류나 분위수

를 통해 분류하면 비정상적으로 분포를 벗어난 아웃라이어로 인해 전체적인 패턴을 이해하기 어려운 방식으로 시각화될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 어업활동 공간의 전체적인 분포를 파악하기 위해 표 2와 같이 밀도 추정 값을 log10으로 변환하고 9개 등급으로 구분하였다. 어업활동 밀도 값(log10)이 1 이하는 모두 9등급으로 분류하였으며, 1에서 부터 3까지는 간격을 1로 나누고 3에서 부터 6까지는 0.5씩 간격을 나누었다. 2018년 어업활동의 밀도가 가장 높았던 1등급의 공간은 경남 하동군 대도 동쪽

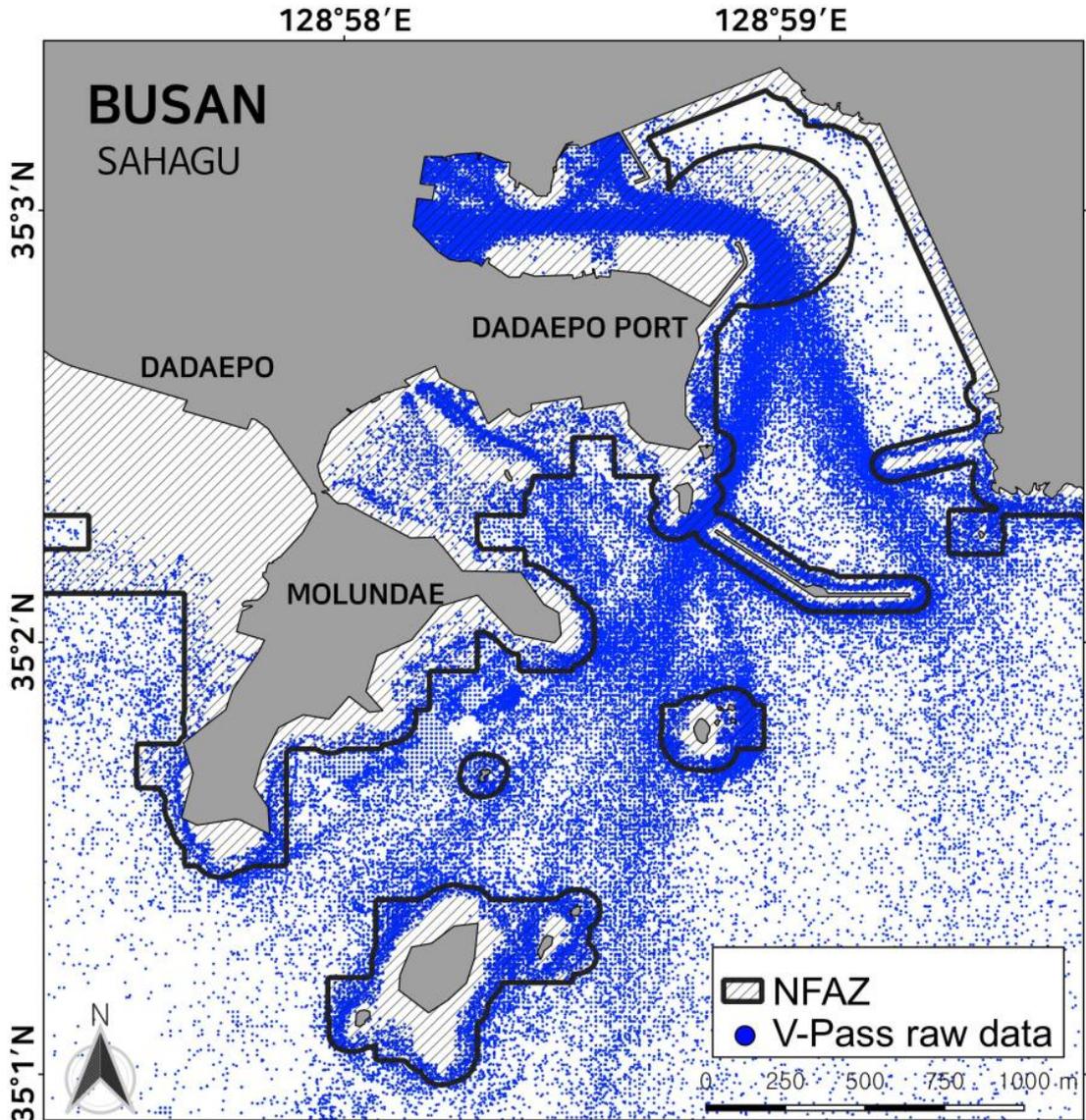


FIGURE 4. Example of fishing vessels distribution within non-fishing activity zone (near Dadaepo Port, Busan)

해역, 수령도 동쪽 해역, 경남 사천시 마도 동쪽 해역부터 신수도 서쪽해역, 경남 거제시 저도 서쪽 해역, 부산 해운대구 청사포 인근 해역으로 나타났다. 해당 공간의 면적은 0.4%를 차지하였다.

1) 계절별 어업활동 공간

그림 6은 계절별 어업활동 공간을 시각화한 결과이다. 계절에 따라 어선의 활동이 다르게 나타나기 때문에 표 3과 같이 9개로 구분된 2018년 어업활동 밀도 등급을 바탕으로 4개 등급으로 재분류하였다. 어업활동 공간은 면적을

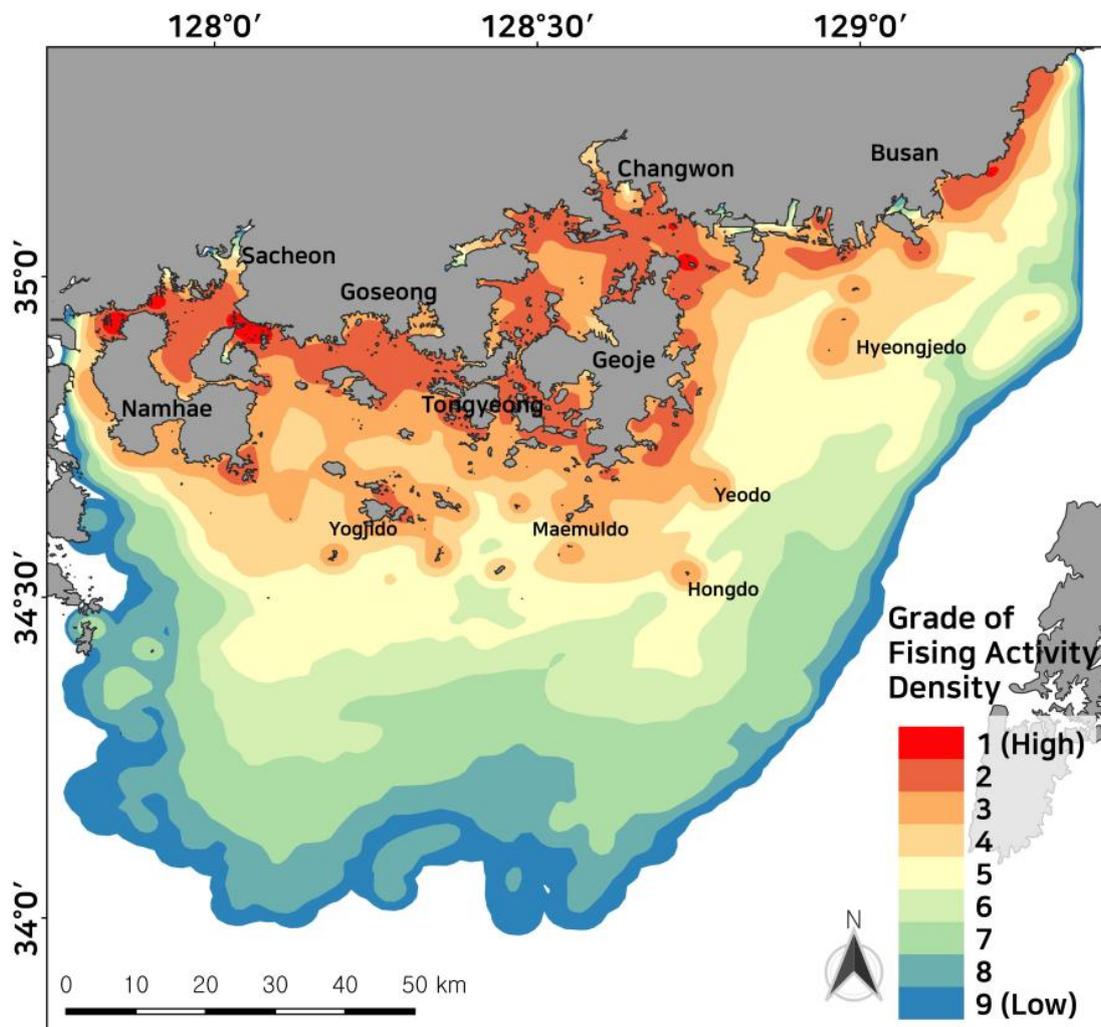


FIGURE 5. A Fishing activity map produced from 2018 V-Pass data using kernel density estimation

TABLE 2. The area per grade of kernel density estimated value (log10) for V-Pass data

Grade	Range(log10)	Area(km ²)	Ratio(%)
1	5.5 <	52.9	0.4
2	5.0 to 5.5	1,252.1	9.0
3	4.5 to 5.0	2,113.4	15.1
4	4.0 to 4.5	1,719.7	12.3
5	3.5 to 4.0	2,251.5	16.1
6	3.0 to 3.5	1,776.4	12.7
7	2.0 to 3.0	2,237.9	16.0
8	1.0 to 2.0	1,379.1	9.9
9	< 1	1,200.6	8.6
Total		13,983.6	100.0

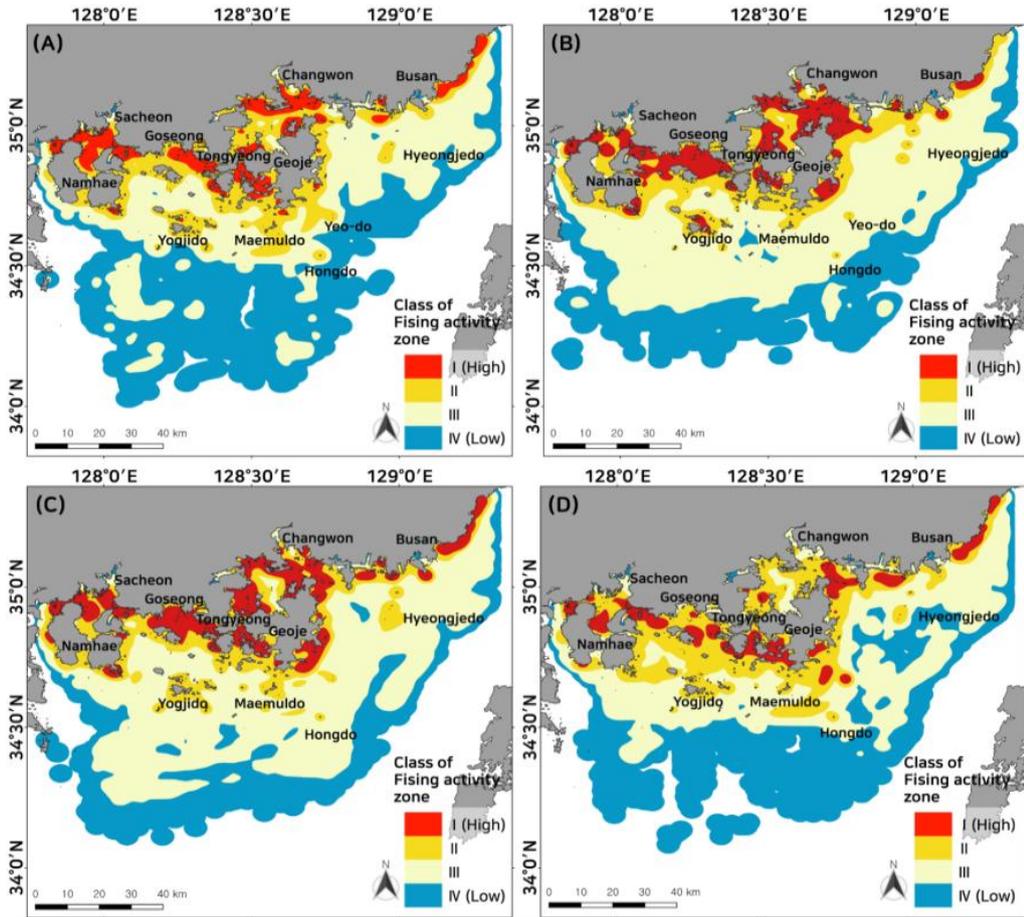


FIGURE 6. Spatial distribution maps of fishing activity zone by season
 ((A)Spring, (B)Summer, (C)Fall, (D)Winter)

TABLE 3. The area of fishing activities by season according to the grade of fishing activity intensity

Grade	Area(km ²)				Class
	Spring	Summer	Fall	Winter	
1	0.0	0	0	0	I
2	0	0.1	0	0	
3	12.1	105.3	113.7	17.2	
4	784.5	989.8	1,112.5	640.2	
5	2,068.2	1,908.2	1,878.7	2,340.8	II
6	1,433.8	1,928.3	1,788.8	1,672.4	
7	2,925.7	3,554.8	4,037.6	2,617.8	III
8	2,922.0	1,904.9	1,767.3	1,798.3	
9	1,981.2	1,678.1	1,402.1	2,738.8	IV
Total	10,146.3	10,391.4	10,698.6	9,086.7	

기준으로 하였을 때 여름, 가을, 봄, 겨울 순으로 높게 나타났고, 어업활동이 가장 밀집한 I 등급 공간은 봄부터 가을까지 증가하는 추세를 보이며 겨울에 어업활동의 밀집이 감소하는 것으로 나타난다.

2) 업종별 어업활동 공간

표 4는 연구 대상지 내의 어선을 업종에 따라 크게 면허어업과 허가어업으로 분류한 결과이다. 허가어업 중에서 선박 식별번호를 통해 확인된 어선 수는 총 12,270척이었으며, 업종은 57개로 구분되었다. 허가어업 중 연안어업이 1만 척으로 약 81.5%를 차지하여 연구 대상지에서 연안어업이 주로 이루어지고 있음을 확인하였고 연안어업을 세분류했을 때 복합어업이 5,013척으로 연안어업 중에서도 40.86%로 가

장 많은 비중을 차지하였다. 면허어업은 전체 1,385척으로 전체 어선 중에서 약 10%의 비중을 차지하였고 6개 업종으로 세분되었으나 그중 양식어업이 9.8%에 해당하였다.

표 5는 2018년 어업활동 등급 기준에 따라 면허어업과 허가어업의 활동 공간 면적을 구분한 결과이다. 총면적은 면허어업에 비해 허가어업의 면적이 약 40% 더 많았으며 I 등급에 해당하는 공간의 면적은 약 23% 더 많은 것으로 나타났다. 면허어업은 IV등급에 해당하는 공간의 면적이 가장 높게 나타났으며 허가어업은 I 등급에 해당하는 공간이 가장 높게 나타났다.

그림 7의 (A), (B)는 각각 면허어업, 허가어업 어선들이 활동한 공간을 등급에 따라 시각화한 결과이다. 면허어업활동 공간은 주로 경상남도 남해, 고성, 통영, 거제 연안과 부산 가덕도, 기장

TABLE 4. The area of fishing activity zones by fishery types

Grade	Area(km ²)				Class
	Licensed	Sub total	Permitted	Sub total	
1	0		38.8		I
2	13.7	1,303.0	2,282.8	5,770.1	
3	316.1		1,170.2		
4	973.3		2,278.2		
5	847.4	1,580.3	958.6	2,773.0	II
6	732.9		1,814.4		
7	1,172.1	1,172.1	2,251.8	2,251.8	III
8	1,218.1	2,642.3	1,387.0	2,530.8	
9	1,424.2		1,143.8		IV
Total	6,697.80		13,325.6		

TABLE 5. The number of fishing vessels according to the fishery types in study area

Class	Type of fishery	Number of vessels	Ratio(%)
Licensed fisheries	Aquaculture	1,202	9.8
	Set net fishery	126	1.0
	Community-based fisheries	52	0.4
	Cooperative aquaculture	3	0.0
	Seaweed aquaculture	1	0.0
	Shellfish aquaculture	1	0.0
Permitted fisheries	Coastal fisheries	10,000	81.5
	Offshore fisheries	466	3.8
	Stationary fisheries	360	2.9
others	Others	59	0.5
Total		12,270	100

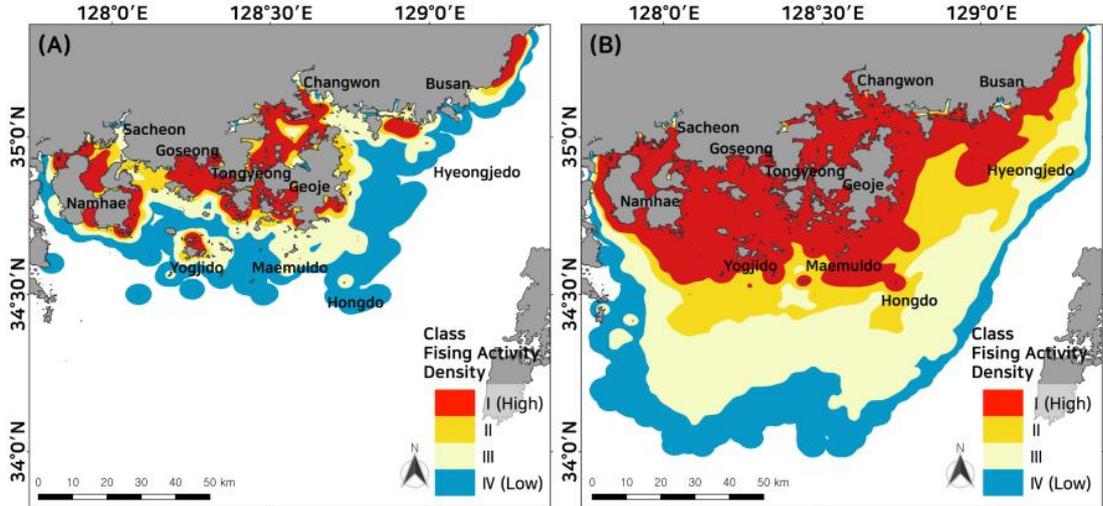


FIGURE 7. Spatial distribution maps of fishing activity zone by fishery types
((A) licensed fishery, (B) permitted fishery)

연안과 같이 연안 해역에 분포하였으며, 허가어업활동 공간은 연안부터, 영해선 인근까지 광범위하게 분포하는 것이 특징으로 나타났다. 이렇게 업종 및 그 규모에 따라서 어업활동 공간은 매우 다르게 나타나기 때문에 어업활동 공간추정 시 업종에 따른 어선의 항행 특성을 고려하는 것이 필요하다.

결론

본 연구는 대용량 V-Pass 자료 처리 및 분석을 통해 어업활동 공간을 도출하여 해양공간계획의 어업활동보호구역 지정의 근거자료로 활용하고자 하였다. 이를 위해 V-Pass 자료의 전처리와 커널밀도추정을 통해 어업활동 지도를 제작하여 어업활동이 밀집되는 공간을 도출하였다. 전처리는 세 단계로 세분된다. 첫 번째는 빅데이터 분석 플랫폼을 이용하여 위치정보를 포함한 동적정보와 어선의 속성정보인 정적정보를 결합하여 데이터셋을 구축하는 과정이며, 두 번째는 어업활동이 이루어지는 위치인 점 자료를 추출하기 위해 어선의 시공간 정보를 활용하여 평균 이동속도를 계산하는 과정이다. 세 번째는 어업활동이 법적으로 허용되지 않거나 지리적으로

로 어업활동이 어려운 공간을 비어업활동 공간으로 정의하여 해당 공간에 위치한 자료를 분석에서 제외하는 과정이다. 이렇게 추출된 어업활동 점 자료는 커널밀도추정을 통해 어업활동 지도를 제작하고 어업활동 밀집 공간을 도출하여 계절 및 업종별로 시각화하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 밀리 초단위로 수집된 대용량 V-Pass 일별 자료를 빅데이터 분석 플랫폼을 이용하여 월별, 연도별 자료를 생성하였고, 시공간 정보를 포함한 동적정보와 어선의 제원 정보인 정적정보를 결합하여 업종정보를 추가한 데이터셋을 구축함으로써 업종 및 계절에 따른 어업활동의 시공간 분석이 가능하였다. 둘째, 어업활동 점 자료를 추출하기 위해 V-Pass 자료의 시공간 정보를 통한 평균 이동속도 계산과정에서 지구의 곡면을 고려한 하버사인 공식을 적용하여 위치오차를 감소시켰다. 계산된 속도정보를 통해 5knot를 기준으로 점 자료를 시각화한 결과, 5knot 이상의 자료에서는 이동방향으로 보이는 남-북 방향의 항적이 주를 이루었지만, 어업활동으로 추출된 5knot 미만의 자료에서는 주로 동-서 방향으로 분포하여 서로 상이한 항행 패

턴이 나타나는 것을 알 수 있었다. 셋째, 주요 항·포구와 같이 어업활동이 법적으로 허용되지 않거나 지리적으로 어려운 공간을 비어업활동 공간으로 정의하고 해당 공간과 중첩하는 자료를 제거하는 전처리과정을 수행함으로써 보다 어업활동의 가능성이 높은 자료에 대한 효율적인 분석이 가능하였다. 넷째, 전처리된 자료를 탐색 반경 2해리로 설정하고 커널밀도추정을 통해 밀집도를 9개 등급으로 분류한 결과, 연구 대상지의 연안뿐만 아니라 근해까지 어업활동이 활발했던 공간을 시각적으로 파악할 수 있었으며, 이를 지도로 제작하여 업종 및 계절에 따른 어업활동 공간의 차이를 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 대용량 V-Pass 자료를 수집하고 분석을 위한 데이터셋을 구축하여 어업활동 점 자료 추출 및 분석에 불필요한 자료를 제거하는 전처리를 수행한 후 커널밀도추정을 통해 어업활동 지도를 제작하고 어업활동 밀집 공간을 도출하는 사례를 제시하였다. 이는 어업활동 보호구역에 대한 공간특성평가 연구에서 V-Pass 자료의 활용 가능성과 필요성을 보여주는 데 의의가 있다. 향후 연구에서는 커널밀도추정 시 최적 탐색반경을 고려하여 어업활동 공간 분석을 수행하고 어선의 제원 및 업종에 따른 항행 특성을 파악하여 어업활동 패턴을 탐색하고 기상정보, 수심정보 등 해역의 특성을 포함한 연구를 진행한다면 보다 다양한 결과를 도출할 수 있을 것이다. **KAGIS**

REFERENCES

- Cho, S.J. and H.J. Choi. 2018. Recent trends and their Implications of marine activities mapping for marine spatial planning. *The Journal of the Korean Society for Marine Environment & Energy* 21(4):270-280 (조성진, 최희정. 2018. 해양공간계획을 위한 해양활동지도 제작 동향과 시사점: 어선·선박 정보 활용 사례를 중심으로. *한국해양환경·에너지학회지* 21(4):270-280).
- De Souza, E. N., Boerder, K., Matwin, S. and B. Worm. 2016. Improving fishing pattern detection from satellite AIS using data mining and machine learning. *PloS one* 11(7) Article e0158248:1-20.
- Fiorini, M., Capata, A. and D.D. Bloisi. 2016. AIS data visualization for maritime spatial planning(MSP). *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy* 5(2016):45-60.
- Go, S.H. 2010. GIS-based spatial analysis methods for effective hotspot identification 38pp (고승영, 서울대학교. 2010. 효과적인 사고취약지점 판별을 위한 GIS기반의 공간분석 기법 연구. 38쪽).
- Kang, Y.J., Kim, K.S. and S.B. Yi. 2007. A statistical approach for the determination of location and range of fishing grounds in the coastal vessel fishery. *Journal of Fisheries Business Administration* 38(1): 97-113 (강용주, 김기수, 이성백. 2007. 통계학적 접근에 의한 연안어업의 조업어장 위치 및 범위결정에 관한 연구. *수산경영론집* 38(1):97-113).
- Kim, G.I. and J.Y. Ahn. 2018. A study on appearance frequencies and fishing ground exploration of low-run fishing obtained by analyzing AIS data of vessels in the sea around Jeju Island. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* 54(2):157-163 (김광일, 안장영. 2018. AIS data 분석에 의한 제주도 주변 해역에서의 저속 어선의 출현빈도와 어장 탐색. *수산해양기술연구* 54(2):157-163).
- Kim, K.I., Lee, C.H. and J.Y. Ahn. 2019. The fishing grounds and frequency of appearance of chinese fishing vessels obtained by analyzing AIS data in the

- south coast of Jeju Island. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* 55(4):356–362 (김광일, 이창현, 안장영. 2019. AIS data 분석에 의한 제주도 남해안에서의 중국 어선들의 조업어장과 출현빈도. *수산해양기술연구* 55(4):356–362).
- Koo, H.M. 2020. Exploring the spatio-temporal distribution of commercial gentrification processes in seoul: focus on the change in coffee shops densities. *The Korean Cartographic Association* 20(1):117–129 (구형모 2020, 서울 상업젠트리피케이션 진행 단계의 시·공간 분포 탐색: 커피전문점의 밀도 변화를 중심으로. *한국지도학회지* 20(1):117–129).
- Korea Coast Guard. 2017. A study on the policy measures for improving the report system for departure and entry of fishing vessels 44pp (해양경찰청. 2017. 어선의 출입항 신고체계 개선을 위한 정책방안 연구. 44쪽).
- Kroodsma, D.A., Mayorga, J., Hochberg, T., Miller, N.A., Boerder, K., Ferretti, F., Wilson, A., Bergman, B., White, T.D., Block B.A., Woods, P., Sullivan, B., Costello, C. and B. Worm. 2018. Tracking the global footprint of fisheries. *Science* 359(6378):904–908.
- Lee, J.S, Son, W,J, Lee, H.T. and I.S. Cho.2020. A study on the factors affecting optimal site of offshore wind farm from the perspective of maritime traffic using spatial analysis 7(2): 85–96 (이정석, 손우주, 이형탁, 조익순. 2020. 공간 분석을 활용한 해상교통관점의 해상풍력발전 최적지 영향요인 분석. *한국연안방재학회지* 7(2):85–96).
- Maria, E., E. Budiman and M. Taruk. 2020. Measure distance locating nearest public facilities using haversine and euclidean methods. *Journal of Physics: Conference Series*. 1450, 012080:1–7.
- Mazzarella, F., Vespe, M., Damalas, D. and G. Osio. 2014. Discovering vessel activities at sea using AIS data: mapping of fishing footprints. In 17th International Conference on Information Fusion(2014) pp.1–7.
- Ministry of Oceans and Fisheries. 2019. Statistics of registered vessels. <http://www.mof.go.kr/statPortal/cate/statView.do>. (Accessed January 8, 2021).
- Nam., J.W. 2000. Nonparametric kernel estimation of density function. *The Korean Econometric Society*. 11(4):105–121 (남준우. 2000. 비모수커널추정법에 의한 확률 밀도함수의 추정. *한국계량경제학회지* 11(4): 105–121).
- Natale, F., Gibin, M., Alessandrini, A., Vespe, M. and A. Paulrud. 2015. Mapping fishing effort through AIS data. *PloS one* 10(6) Article e0130746:1–16.
- Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*, CRC press 26:1–5.
- Yoo, S.L., Jeong, J.Y. and Jeong, J.C. 2017. A study on spatiotemporal distribution of offshore trap for the maritime safety. *Ocean Policy Research* 32(1):143–161 (유상록, 정재용, 정종철. 2017. 해상 안전을 위한 근해 통발어선의 시공간적 분포에 관한 연구. *해양정책연구* 32(1):143–161). 