

AIS데이터 기반 해상물동량 추정 연구

Estimation of Seaborne Trade Volume based on AIS Data

황수진 · 이호춘 · 최건우 · 김병주



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

저자	황수진, 이호춘, 최건우, 김병주
내부연구진	연구책임자 황수진 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 전문연구원 공동연구원 이호춘 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 부연구위원 공동연구원 최건우 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 전문연구원 공동연구원 김병주 한국해양수산개발원 해운·물류연구본부 연구원

연구기간	2021. 1. 1. ~ 2021. 10. 31.
------	-----------------------------

보고서 집필내역

연구책임자	황수진 연구총괄, 제1장 일부, 제2장, 제3장, 제4장, 제5장 일부
내부연구진	이호춘 제1장 일부 최건우 제5장 일부 김병주 제1장 일부

발간사

해운분야에서 시황에 대한 예측은 과거부터 지속적으로 시도되고 있지만 주식시장을 훨씬 상회하는 변동성을 가지고 있어 가시적인 성과를 거두기 어려웠다. 하지만 탱커, 컨테이너 시장에 비해 장기계약 비중이 적고 다수의 선사들이 참여하는 건화물선 시장은 수요와 공급에 따라 움직이기 때문에 이를 측정하면 시황 예측 정확도를 향상시킬 수 있다. 특히 건화물선 시장은 코로나19로 인해 항만의 검·방역이 강화되면서 항만 대기척수가 늘어나게 되었으며 결과적으로 공급에 차질을 빚게 되어 운임이 크게 상승했다. 기상이변 외에도 과거에 비해 시장 전체에 영향을 미치는 사건들이 빈번하게 발생함에 따라 실시간으로 시장을 모니터링할 수 있는 시스템에 대한 요구는 지속되었다.

이번 연구에서는 AIS를 이용해 시의성 있는 자료를 생성하기 위해 노력했다. 2018년부터 AIS(AIS: Automatic Identification System) 관련 연구가 본격적으로 진행되었으며, 이러한 시대적 흐름에 맞춰 2019년 국제통화기구(IMF)는 해사 안전 분야에 한정되어 활용되던 데이터를 선박 제원 데이터와 연계하여 국가 간 교역 패턴을 분석하고 해상물동량을 추정하는 프로젝트를 추진하고, 2021년 그 결과를 서비스하여 제공하고 있다. 이외에도 일본, 중국 등 개인 연구자들이 AIS 데이터를 활용해 실시간 해상물동량을 추정하는 모형을 개발하기 위한 연구를 진행하고 있으나, 국내에는 아직 AIS 데이터의 활용범위가 해양 안전 분야에 한정되고 있다.

이처럼 국제기구가 프로젝트 단위로 해상물동량 및 교역 패턴 데이터의 모형개발을 추진하는 등 데이터의 활용 관점과 가치가 변화하고 있는 국제적 흐름 속에서 국책 연구기관인 한국해양수산개발원이 국내에 이러한 연구를 소개하고 새로운 모형을 제안하여 국내에서 AIS 데이터의 해운 분야에 활용연구를 선도하고 있다는 점에서 의미가 있다고 생각하며, 이번 연구의 결과를 바탕으로 향후 관련 연구가 기대된다.

따라서 이번 연구에서는 국내에서 최초로 AIS를 활용해 실시간 화물량을 추정하는 「AIS-SHIP」 모형 개발을 목표로 했다. 기존 IMF 모형 외에 클락슨, 블룸버그 자료와 비교를 통해 신뢰성을 향상하기 위해 노력했다. 건화물선 전체가 아닌 특정 구간과 화물을 대상으로 실시하였지만 관련 연구가 초기임을 고려해볼 때 유의미한 성과를 거두었다. 향후에는 AIS를 활용한 분석 시스템을 고도화시켜 국적 선사 및 유관기관들에

정보제공의 역할을 수행할 것으로 기대한다.

끝으로 이 연구의 책임을 맡은 해운물류연구본부의 황수진 전문연구원과 연구진의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 이 연구에 자문과 조언을 아끼지 않은 임남균 목포해양대학교 교수와 해양수산부 김한울 서기관에게 깊은 감사를 드린다. 적절한 지적과 조언으로 완성도를 높여 주신 우리 원의 이호춘 센터장, 최건우 전문연구원을 비롯하여 이 보고서가 출판되기까지 도움을 주신 모든 분에게 이 자리를 빌려 감사를 드린다.

2021년 12월
한국해양수산개발원
원장 김 종 덕

목차

요약 _ i

Executive Summary _ xvii

01	서론 _1	
	제1절 연구 배경 및 필요성	1
	1. 연구 배경 및 필요성	1
	2. 연구 목적	4
	제2절 연구 내용과 방법	4
	제3절 선행연구 검토	7
	1. 선행연구	7
	2. 선행연구와의 차별성	16
02	AIS 데이터에 기반한 해상물동량 추정모형 개발사례 분석_23	
	제1절 개요	23
	제2절 모형 개발사례	24
	1. IMF(2019) 모형	24
	2. IMF(2020) 모형	30
	3. 재화중량톤수 정보를 활용한 해상물동량 추정모형	32
	4. Cargo Payload 모형	38
	제3절 시사점	46
03	「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형 구축_49	
	제1절 해상물동량 추정모형 「AIS-SHIP」의 개발	49
	1. 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 정의	50
	2. 데이터의 구축	52

제2절 「AIS-SHIP」 모형의 모듈 설계	59
1. 데이터 통합 모듈	59
2. 필터링 모듈	62
3. 해상물동량 추정 모듈	65
제3절 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정식 개발	66
1. 추정식 개발 배경	66
2. 선박의 주요 요목	68
3. 대상 선박	70
4. 「AIS-SHIP ^{No.1} 」 모형의 추정식	71
5. 「AIS-SHIP ^{No.2} 」 모형의 추정식	76
제4절 시사점	80

04

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정결과_83

제1절 범위 및 데이터	83
1. 범위	83
2. 자료	84
제2절 해운 현황 분석결과	85
1. 분석 결과	85
제3절 해상물동량 추정결과	91
1. 「AIS-SHIP」 모형의 추정결과	92
2. 기존모형의 추정결과	105
제4절 시사점	119

05

결론_121

제1절 요약 및 결론	121
1. 요약	121
2. 한계	123

3. 결론	124
제2절 제언	126
1. 본 연구의 기여	126
2. 제언	127
제3절 기대효과	129
1. 실시간 해상물동량 추정	129
2. 해운 시황 예측 신뢰도 제고	132
3. 해운항만환경 분야에 대한 적용	136

표 목차

〈표 1-1〉 해상물동량 예측 관련 선행연구	7
〈표 1-2〉 선행연구 검토 및 차별성	18
〈표 3-1〉 AIS-SHIP 연계모형 상세	51
〈표 3-2〉 AIS 동적 데이터 상세	54
〈표 3-3〉 AIS 정적 및 항해 데이터 상세	55
〈표 3-4〉 AIS의 정적 데이터 중 선박종류 구분 방법	55
〈표 3-5〉 AIS의 정적 데이터 중 선박 종류 및 화물 타입 상세	56
〈표 3-6〉 IHS 선박 제원 항목	57
〈표 3-7〉 재화중량톤수별 건화물선 선형 구분	62
〈표 3-8〉 기존의 실시간 해상물동량 추정모형	67
〈표 3-9〉 재화중량톤수별 건화물선 선형 구분	70
〈표 3-10〉 남아공 입출항 선박의 횡수 통계	72
〈표 3-11〉 재화중량톤수와 선박 횡수의 상관관계	73
〈표 3-12〉 남아공 입출항 선박의 방형비척계수 기초 통계	76
〈표 3-13〉 재화중량톤수와 선박 횡수의 상관관계	77
〈표 3-14〉 재화중량톤수와 추정식 결과 비교	80
〈표 4-1〉 남아공에 입항한 선박의 입항 횟수 별 재화중량톤수	87
〈표 4-2〉 남아공 출발 철광석 수입지 도착 건화물선 선박 수(2020. 6~2021. 6)	90
〈표 4-3〉 결과 종합	95
〈표 4-4〉 「AIS-SHIP ^{NO.1} 」 모형의 추정결과 종합	99
〈표 4-5〉 결과 종합	101
〈표 4-6〉 「AIS-SHIP ^{NO.2} 」 모형의 추정 결과 종합	105
〈표 4-7〉 결과 종합	108
〈표 4-8〉 DWT 모형의 추정결과 종합	111
〈표 4-9〉 Cargo payload 모형 결과 종합	114
〈표 4-10〉 DWT 모형의 추정결과 종합	117
〈표 4-11〉 결과 비교(해상물동량)	119
〈표 5-1〉 국내 조기경보시스템 사례	130
〈표 5-2〉 HMM의 전용선계약 현황	134

그림 목차

〈그림 1-1〉 연구 흐름도	6
〈그림 2-1〉 몰타항의 선박통항지표 추이(2015~2018년)	25
〈그림 2-2〉 몰타항의 해상물동량지표 추이(2015~2018년)	28
〈그림 2-3〉 분기별 몰타항 입출항 선박 추이 비교(선박통항지표 vs 공식 데이터) ..	29
〈그림 2-4〉 몰타항의 해상물동량 추이 비교(해상물동량지표 vs 공식 데이터)	29
〈그림 2-5〉 세계 해상물동량 증감 추이 비교(GTI vs 공식 데이터)	32
〈그림 2-6〉 원유 추정치와 JODI 데이터 비교 결과	34
〈그림 2-7〉 전 세계 원유 수출국 중 상위 20위 이내의 해상물동량 추정결과 (2013~2015년)	35
〈그림 2-8〉 입출항 선박 구분 및 적하 계수 산출 과정	36
〈그림 2-9〉 재화중량톤수와 적하계수를 이용한 해상물동량 추정치와 실제 데이터 비교결과	37
〈그림 2-10〉 재화중량톤수 관계 요소를 고려한 다변량 회귀식 설계 결과	42
〈그림 2-11〉 Cargo payload 모형의 추정결과 비교	45
〈그림 2-12〉 Cargo payload 모형의 추정결과 분포도 비교	45
〈그림 3-1〉 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 개념	51
〈그림 3-2〉 AIS와 선박/육상 간의 통신방식	53
〈그림 3-3〉 AIS 데이터 및 선박 제원 데이터 활용 결과 비교	57
〈그림 3-4〉 AIS 데이터의 동적 데이터를 활용한 분석 결과	58
〈그림 3-5〉 AIS 데이터와 선종 데이터를 병합하여 적용한 분석 결과	59
〈그림 3-6〉 데이터 통합의 기본 과정	61
〈그림 3-7〉 데이터 통합 모듈 개념도	61
〈그림 3-8〉 AIS 데이터를 활용한 컨테이너선과 건화물선의 운항 패턴 비교	63
〈그림 3-9〉 AIS 데이터를 활용한 컨테이너선의 운항 패턴	63
〈그림 3-10〉 AIS 데이터를 활용한 건화물선의 운항 패턴	64
〈그림 3-11〉 입출항 선박식별을 위한 특정 구역 설정	65
〈그림 3-12〉 방형비척계수	70
〈그림 3-13〉 남아공 입항 선박의 재화중량톤수	71
〈그림 3-14〉 재화중량톤수와 흘수의 관계	73
〈그림 3-15〉 실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP ^{No.1} 」 추정결과 간 상관관계 ..	75

〈그림 3-16〉 재화중량톤수와 선박의 방형비척계수의 상관관계	77
〈그림 3-17〉 실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP ^{No.21} 」 추정결과 간 상관관계	79
〈그림 3-18〉 재화중량톤수 대비 추정결과와의 비교	81
〈그림 4-1〉 철광석 해상물동량(주요 수출국)	84
〈그림 4-2〉 기관별 철광석 해상물동량	85
〈그림 4-3〉 남아공 월별 입항 선박 수	86
〈그림 4-4〉 남아공에 입항한 선박의 입항 횟수	87
〈그림 4-5〉 건화물선 항로(2020. 7~2021. 5)	89
〈그림 4-6〉 건화물선 철광석 무역 패턴	89
〈그림 4-7〉 「AIS-SHIP ^{No.1} 」의 남아공 월별 해상물동량 추정치와 데이터 간 비교	93
〈그림 4-8〉 실제 데이터 대비 「AIS-SHIP ^{No.1} 」의 추정결과 비율	94
〈그림 4-9〉 남아공 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교	95
〈그림 4-10〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	96
〈그림 4-11〉 「AIS-SHIP ^{No.1} 」를 활용한 남아공 주간 해상물동량	97
〈그림 4-12〉 남아공 월별 해상교역량 추정결과	98
〈그림 4-13〉 「AIS-SHIP ^{No.2} 」를 활용한 남아공 월별 해상물동량 추정결과	100
〈그림 4-14〉 실제 데이터 대비 「AIS-SHIP ^{No.2} 」의 추정결과 비율	100
〈그림 4-15〉 남아공 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교	101
〈그림 4-16〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	102
〈그림 4-17〉 연계모형3을 활용한 남아공 주간 해상물동량	103
〈그림 4-18〉 남아공 월별 해상교역량 추정결과	104
〈그림 4-19〉 DWT 모형 활용 남아공 월별 해상물동량 추정치와 실제 데이터 비교	106
〈그림 4-20〉 실제 데이터 대비 DWT 모형의 추정결과 비율	107
〈그림 4-21〉 남아공의 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교	107
〈그림 4-22〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	109
〈그림 4-23〉 DWT 모형의 추정치와 선박 통항량 비교(주간 단위)	110
〈그림 4-24〉 DWT 모형의 남아공 월별 해상교역량 추정결과	111
〈그림 4-25〉 Cargo payload 모형을 활용한 남아공 월별 해상물동량 추정결과	112
〈그림 4-26〉 실제 데이터 대비 Cargo payload 모형 추정결과 비율	113
〈그림 4-27〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	113

〈그림 4-28〉 Cargo payload 모형 기반 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	115
〈그림 4-29〉 Cargo payload 모형 기반 남아공 주간 해상물동량	116
〈그림 4-30〉 Cargo payload 모형을 활용한 남아공 월별 해상교역량 추정 결과 ..	116
〈그림 4-31〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교	118
〈그림 4-32〉 비교 데이터 대비 모형의 추정 비율 차이(총합 기준)	120
〈그림 5-1〉 해운시장 조기경보 개발 프로세스	131
〈그림 5-2〉 특정 구간 선박 수와 운임의 관계	132
〈그림 5-3〉 인공지능을 활용한 패턴 인식	133
〈그림 5-4〉 LA/LB항 대기척수	135
〈그림 5-5〉 대서양 선박(케이프사이즈) 수와 운임(C14) 간의 관계	136
〈그림 5-6〉 AIS 자료를 활용한 연료소모량 추정 프로세스	137
〈그림 5-7〉 AMP 적용 전후 황산화물 대기확산 추정	137

약어 목록

- AIS: 선박자동식별장치(Automatic Identification System)
- SOLAS: 해상인명안전협약(International Convention for the Safety of Life at Sea)
- IMO: 국제해사기구(International Maritime Organization)
- IMF: 국제통화기구(International Monetary Fund)
- Cb: 선박 방형비척계수(block coefficient)
- B: 선박 너비(Ship Breadth)
- d: 선박 흘수(Ship Draft)
- DWT: 재화중량톤수(Dead Weight Tonnage)
- GT: 총톤수(Gross Tonnage)
- L: 선박 길이(Ship Length)
- LWT: 경하중량톤수(Lightship Weight Tonnage)
- NT: 순톤수(Net Tonnage)

요약

1. 연구의 목적

- 본 연구에서는 AIS 데이터를 활용해 실시간 해상물동량을 추정할 수 있는 모형을 개발하여 제안하고자 함
 - 최근 들어서 해사 분야에서 주로 활용하던 AIS 데이터의 활용범위가 해운까지 확대되고 있음
 - 초창기의 해운 분야에서 AIS 데이터는 선박의 항적 분석을 통해 교역의 패턴을 확인하는 정도로 사용범위가 한정되었음
 - 최근에는 선박 제원 데이터와 결합하면서 활용범위가 넓어짐
- 정부와 해운기업에 데이터에 기반한 시의성 있는 정보를 제공하고자 하나, 데이터 확보의 어려움으로 인해 외신에 의존하는 경우가 많음
 - 해운 시황을 분석하는 데 수급 측면에서 운임에 가장 큰 영향을 미치는 해상물동량 데이터를 확보하는 과정에서 제공기관의 상황에 따라 공표 시기가 달라지는 데이터 시의성 확보의 어려움에 여러 차례 직면함
 - 이로 인해 제공기관이 공표하는 시기에 맞춰 동향 분석을 수행해야 하므로 사후적 분석에 그치는 경우가 많으며, 외신에 의존하는 환경이 조성됨

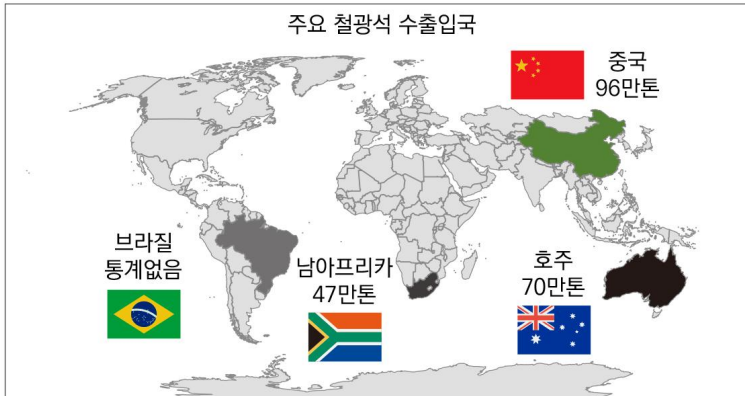
2. 연구 특징 및 방법

1) 실시간 해상물동량을 추정할 수 있는 모형 개념 제안

- 국내에서는 아직 생소한 개념으로 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 결합해 해상물동량을 실시간 추정할 수 있는 모형임
 - 실시간에 대한 개념은 AIS 데이터의 생성 주기가 짧아 언제든지 이를 가공해 해상물동량으로 활용할 수 있는 최소 시간 단위를 말함
 - 또한 해상물동량을 이용하고자 하는 사용자가 언제든지 제안한 모형의 알고리즘에 따라 해상물동량 데이터를 원하는 시점과 기간에 사용할 수 있음을 이번 연구에서 말하는 실시간의 개념으로 한정함
- 데이터 대부분은 주요 국가 위주이며 특히 생성 주기가 길어 해운 시황을 분석하거나 모델 구축에 활용하는 데 활용성이 떨어짐
 - 일부 해상물동량 통계 데이터는 발표되지 않음. 주요 국가 위주의 통계가 주로 제공됨
 - 주요 화물의 주요 수출입 국가 해상물동량 통계가 제공되기는 하나, 통계 데이터의 주기가 저빈도(연간 단위)로 생성되는 경우가 많아 해운 시황 분석 및 예측 모델을 구축하는 데 활용성이 떨어짐
- 이번 연구를 통해 해상물동량 데이터의 주기와 종류를 세분화하여 제안함
 - 주요 국가의 주요 터미널의 화물 종류별 해상물동량 통계를 생성할 수 있도록 모형을 설계함
- 제안한 모형은 교역량을 추정할 수 있도록 설계함
 - 선박의 항적을 통해 교역 패턴을 파악하는 연구는 많으나, 교역 해상물동량을 추정하는 연구는 그 수가 적음

해상물동량 데이터 활용 한계

- 일부 통계 미제공/지연
- 주요 국가 위주 통계 제공
- 거래량 미제공



자료: 저자 작성

2) 새로운 모형인 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형 설계

- 제안한 모형은 세 가지 모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈의 목적과 역할 및 구성요소에 대해 제안함
- 실시간 해상물동량 구축 사례를 심도 있게 분석하고 시사점을 도출한 후 모형의 전체 개념 및 설계 방향을 결정함

3) 「AIS-SHIP」 추정식 제안

- 기존 선행연구 분석을 통해 보완해야 할 점을 파악하고 새로운 방법론을 제안함
- 선박 흘수에 따른 체적 비율과 방형비척계수의 차이를 비율로 환산하여 해상물동량을 추정할 수 있는 두 가지 추정식을 제안함

-
- 추정식은 실제 선박을 대상으로 항목 간 관계를 분석한 후, 선박의 적재 화물량과 항목 간의 관계를 다시 비교하여 검증함
 - 최종적으로 실제 항만에 식을 적용하여 약 11개월 동안의 해상물동량을 추정하고 그 결과를 실제 데이터와 다른 기존 선행연구에서 제시한 추정식과 비교하여 제시하는 실증분석을 통해 추정식의 유용성과 활용성을 검증함

기존의 실시간 해상물동량 추정모형

구 분		데이터	종속변수	특징
GTI (2019; 2020)	IMF(2019) ¹⁾	• AIS • 선박 제원	• 재화중량톤수 • 흘수(최대, 운항²⁾)	• 흘수의 비율을 이용해 화물량 추정
	IMF(2020) ³⁾		• 재화중량톤수 • 흘수(최대, 경하, 운항)	• 흘수의 비율을 이용해 화물량을 추정
재화 중량 톤수 모형 ⁴⁾ (2017; 2020)	Adland, Jia, and Stranden (2017)		• 재화중량톤수	
	Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki (2020)		• 재화중량톤수 • 적하계수(Load Factor)	• 항별 적하 계수 개발
Cargo payload 모형 ⁵⁾ (2019)	VL 모형		• 방형비척계수(운항, 계획) • 선박의 길이, 너비 • 흘수(운항, 계획)	• 방형비척계수 이용 • 운항 방형비척계수는 흘수의 비율로 추정 • 계획 방형비척계수는 LBD로 단순화하여 계산
	PL 모형		• TPC • 설계흘수 • 선적계수(load factor)	• TPC 이용 • 선박의 선적계수는 케이프선에 한하며, 다른 실험논문의 결과를 인용하여 0.775로 고정
	Reg(7)		• 재화중량톤수 • 선박의 길이, 너비 • 선박의 흘수 • 선박의 화물 종류와 접안항	• 회귀식 • 재화중량톤수, 화물 종류와 접안항을 변수로 활용
	Reg(8)		• 재화중량톤수 • VL 모형 결과	• 회귀식 • VL 모형의 종속변수 데이터가 필요

자료: 저자 작성

1) Arslanalp, Marini, and Tumbarello(2019), pp. 1-34.

2) 운항흘수란 선박이 특정 항에 입항 또는 출항하는 시점에 흘수를 말한다.

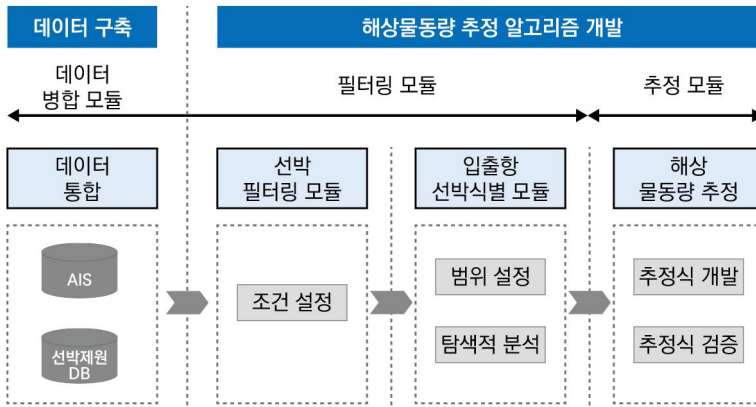
3) Cerdeiro *et al.*(2020), pp. 1-44.

3. 연구결과

1) 연구결과 요약

- 제안한 모형은 세 가지 모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈의 목적과 역할 및 구성요소에 대해 정의함
 - 데이터를 정제하여 데이터 분석결과와 품질을 높이고 병합 및 추출을 통해 개별적인 데이터를 통합함으로써 데이터의 용량을 줄여 계산 성능과 효율성을 향상시키는 과정을 데이터 통합 모듈이라고 함
 - 필터링 모듈에서는 각 화물, 선박의 교역 패턴을 분석하는 단계로 병렬적으로 동시에 두 가지 과정이 수행되며, 해상물동량을 추정하기에 앞서 반드시 수행되어야 하는 과정임. 추정 모듈은 개발된 추정식을 통해 실제로 해상물동량을 산출하는 단계임

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 개념



자료: 저자 작성

4) Adland, Jia, and Strandenes(2017), pp. 657-665; Shibasaki, Kanamoto,& Suzuki(2020), pp. 143-171.

5) Jia, Prakash, and Smith(2019), pp. 25-40.

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 상세

구분	데이터 병합 모듈	데이터 필터링 모듈		추정 모듈
		선종	입출항	
목적	분석 환경 조성	특정 선박 추출	특정 항만에서의 선박의 입출항 식별	주기성이 확보된 해상물동량 데이터 생성
방법	특정 기준에 따른 데이터 구축	조건을 설정하여 분석을 원하는 선종, 선형 데이터만 추출	선박의 입출항 특성 파악	AIS 데이터와 선박제원을 활용해 추정식 개발
구성 요소	AIS 데이터 선박 제원 DB	조건설정	범위 설정 탐색적 분석	추정식 개발 추정식 검증
특징	• 데이터 구축 과정이나, 병합과 같은 간단한 전처리를 포함함	• 데이터 전처리 1 단계임	• 항만, 국가, 기간 설정 가능 • 데이터를 시각화하여 선박의 입출항 패턴 분석	• 개발과정에서는 선박의 제원 정보를 활용 예: 재화중량톤수 등
결과물	AIS 데이터와 선박 제원 DB 연결한 통합 데이터	특정 선종, 선형 데이터 추출	주요 항만의 선박 입출항 및 교역 패턴	특정 항만의 해상물동량 주단위, 월단위

자료: 저자 작성

- 「AIS-SHIP^{No.1}」 모형의 추정식은 선박 흘수에 따른 체적 비율을 이용하여 특정 항만의 해상물동량을 추정하는 방식임
- 추정식의 구성 항목과 선박의 최대 화물 적재량을 나타내는 기초 통계량과 재화중량톤수의 관계를 분석하고 그 결과를 제시함

남아공 입출항 선박의 흘수 통계

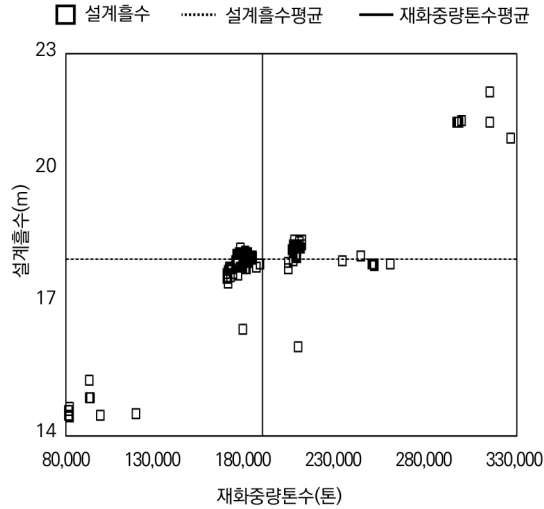
단위: 재화중량톤수는 ton, 흘수는 m

항목	재화중량톤수	설계흘수	입항흘수	출항흘수
최소값	80,962	14.43	7.40	5.10
하위 25%	177,814	18.07	10.50	17.90
중위수	180,391	18.22	10.50	18.20
상위 25%	206,204	18.30	10.60	18.30
최대값	327,180	22.10	18.20	21.50
평균	189,192	18.15	10.53	17.65
표준편차	36,244	1.04	0.98	1.93

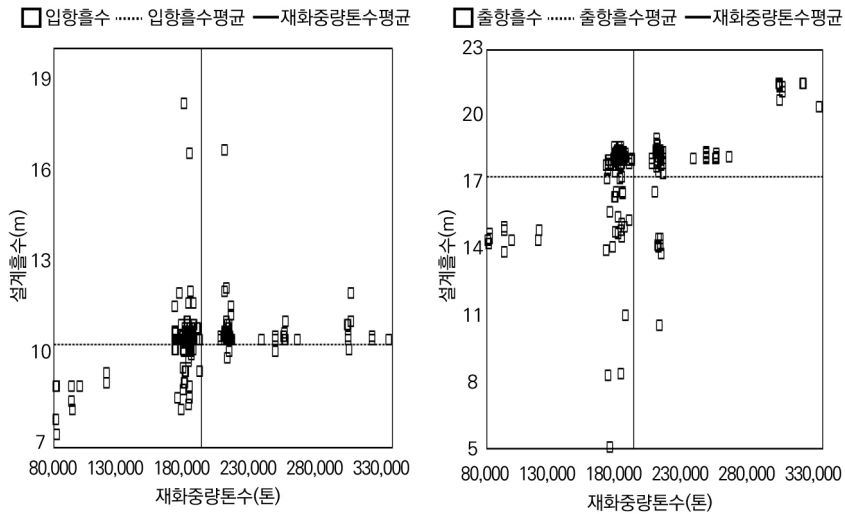
자료: 저자 작성

재화중량톤수와 흙수의 관계

(a) 재화중량톤수와 선박의 설계 흙수의 상관관계



(b) 재화중량톤수와 입항 흙수의 상관관계 (c) 재화중량톤수와 출항 흙수의 상관관계



자료: 저자 작성

$$AIS-SHIP_t^{No.1} = \sum_t DWT_{i,t} \times \frac{d_i^{dep} - d_i^{arr}}{d_{i,deg} - d_i^{arr}}$$

여기서,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ 은 t 시간 동안의 특정 항의 해상물동량

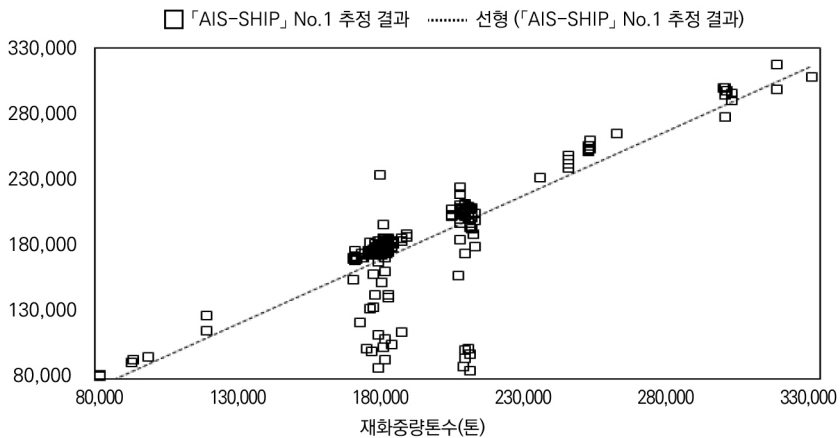
$DWT_{i,t}$ 은 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 재화중량톤수

d_i^{dep} 은 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 출항 시 선박의 흘수

d_i^{arr} 은 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 입항 시점의 선박 흘수

$d_{i,deg}^{arr}$ 은 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 설계 흘수

실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP^{No.1}」 추정결과 간 상관관계



자료: 저자 작성

- 이 방식은 선박이 입항하고 출항할 때 선박의 화물 적재 정도에 따른 비율을 선박 흘수값 변화를 활용하여 반영할 수 있는 장점이 있으나, 선박 흘수는 수기로 작성되어 정확성이 떨어진다는 한계가 있음
- 「AIS-SHIPNo.2」 모형의 추정식은 선박의 용적 간 변화 차이를 비율로 변환하여 실시간 해상물동량을 추정하도록 설계됨
- 추정식 구성 항목과 선박 최대 화물 적재량을 나타내는 기초 통계량과 재화중량톤수의 관계를 분석하고 그 결과를 제시함

남아공 입출항 선박의 방형비척계수 기초 통계

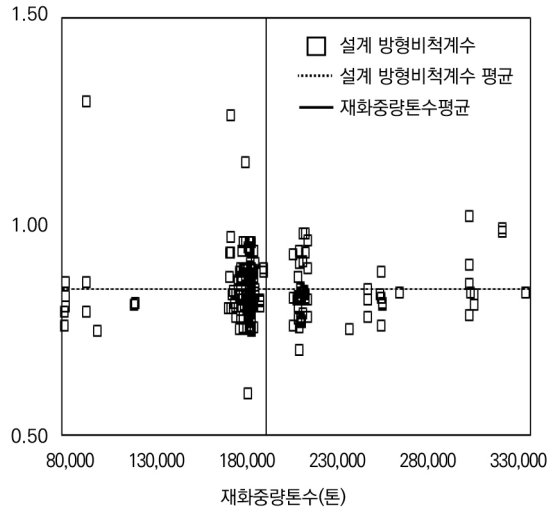
단위: 재화중량톤수는 ton, 방형비척계수는 무차원

항목	재화중량톤수	설계	입항	출항
최소값	80,962	0.60	0.52	0.57
하위 25%	177,814	0.81	0.77	0.81
중위수	180,391	0.83	0.80	0.83
상위 25%	206,204	0.89	0.86	0.89
최대값	327,180	1.30	1.36	1.34
평균	189,192	0.85	0.82	0.85
표준편차	36,244	0.08	0.09	0.08

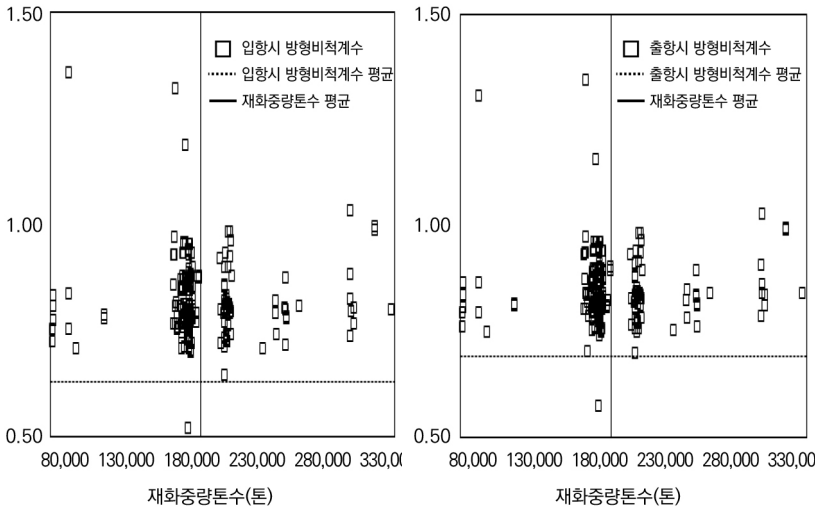
자료: 저자 작성

재화중량톤수와 선박의 방형비척계수의 상관관계

(a) 재화중량톤수와 선박의 설계 방형비척계수의 상관관계



(b) 재화중량톤수와 입항방형비척계수의 상관관계 (c) 재화중량톤수와 출항방형비척계수의 상관관계



자료: 저자 작성

$$AIS-SHIP_t^{No.2} = \sum_t DWT_{i,t} \times \frac{|Cb_i^{dep} - Cb_i^{arr}|}{|Cb_{d_i} - Cb_i^{arr}|}$$

여기서,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ 은 t 시간 동안 특정 항의 해상물동량

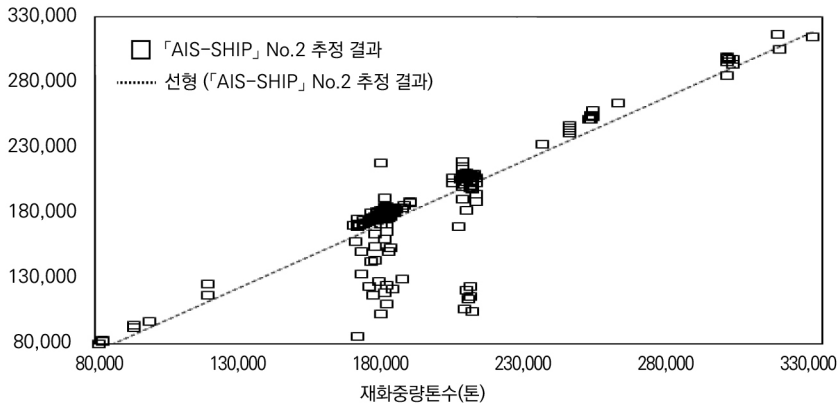
$DWT_{i,t}$ 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 재화중량톤수

Cb_i^{dep} 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 출항 시 방향비척계수

Cb_i^{arr} 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 입항 시 방향비척계수

Cb_{d_i} 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 설계 방향비척계수

실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP^{No.2}」 추정 결과간 상관관계



자료: 저자 작성

- 최종적으로 주요 선행연구에서 제안한 추정식과 이번 연구를 통해 제안한 추정식의 결과를 비교하여 제시함

결과 비교(해상물동량)

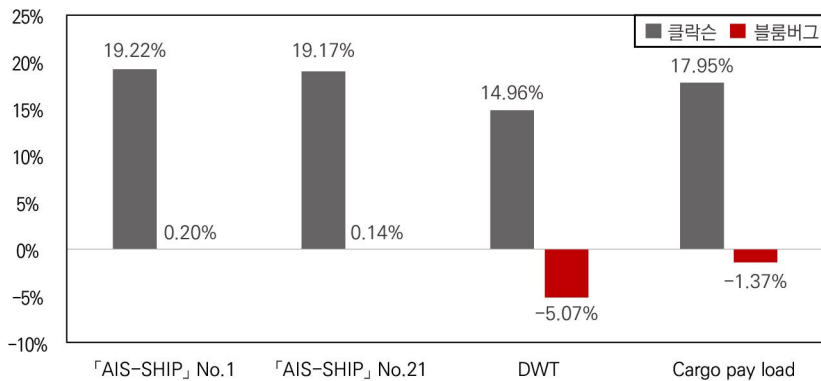
단위: 백만 톤

구분	실제 데이터(비교 데이터)		제안 모형		기존모형	
	클락슨	블룸버그	「AIS-SHIP」 ^{No.1}	「AIS-SHIP」 ^{No.21}	DWT	Cargo payload
총합	61.18	49.52	49.42	49.45	52.03	50.2
평균	5.56	4.50	4.49	4.49	4.73	4.56
표준편차	0.64	0.58	0.63	0.60	0.54	0.56
비율(%)	100 ⁶⁾	-	80.78	80.83	85.04	82.05
	-	100 ⁷⁾	99.80	99.86	105.07	101.37

자료: 저자 작성

비교 데이터 대비 모형의 추정 비율 차이(총합 기준)

단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

- 6) 클락슨 데이터의 2020년 7월부터 2021년 5월까지 해상물동량의 총합 대비 동일 기간 모형의 추정치 합의 비율을 말한다.
- 7) 블룸버그 데이터의 2020년 7월부터 2021년 5월까지 해상물동량의 총합 대비 동일 기간 모형의 추정치 합의 비율을 말한다.

2) 제언

- 이번 연구는 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형을 개발하는 데 기초연구로서 해상물동량의 시의성을 확보하는 데 주안점을 두어 수행함
 - 이번 연구는 AIS 데이터 활용의 가능성, 선박 제원 데이터를 활용한 해상물동량 추정식의 검증 및 실제 적용 가능성을 검토하는 데 주안점을 두고 수행함
- 해상물동량 데이터의 시의성 확보가 가능함을 확인함
 - 해상물동량 데이터의 시의성 확보가 가능하게 되었음. 연구 진행 과정에서 데이터가 공표되어 의미가 퇴색되어 삭제되었으나, 통계 발표 이전 시점에 데이터 확보가 가능함을 확인하였음
- 다양한 방법론을 도입하여 예측모형으로 범위를 확장할 필요
 - 관련 연구가 최근 활발히 진행되고 있으나, 아직은 시작 단계로 다양한 전통적 계량, 인공지능 등의 방법론을 구축해 추정 및 예측 가능한 모형을 개발해야 함
- 실시간 해상물동량 모형의 지속적 개발이 필요함
 - 여전히 연구적인 측면을 포함해 다양한 한계가 있음. AIS 데이터 구매 및 모형을 개발하고 실제 서비스까지 진행하는 데에는 예산, 시간, 인력의 한계가 존재함
 - 지속적인 개발을 통해 모형을 개발함으로써 직접적으로 운임을 결정하는 수요 측면의 변화를 실시간에 가깝게 파악하고 분석할 수 있는 환경이 조성될 것으로 기대됨
 - 또한 해상물동량 예측모형을 통해 산출된 결과물은 해상운임 예측 모형의 예측기간 확장에도 큰 도움이 될 것으로 기대됨

- 실제 서비스로 이어질 수 있도록 프로토타입 구축 및 산학연 공동연구 추진 필요
 - 모형을 개발하고 구축해서 서비스까지 진행하는 데는 시간이 필요하며, 특히 통계를 제공하는 경우 여러 차례의 시범 서비스를 운영하여 모형의 신뢰성을 확보해야 함
 - 조선, 해운업계의 산학연 공동연구 추진으로 사용자에게 친화적인 인터페이스를 구축하여 서비스가 제공될 수 있어야 하며, 한편으로 이론적인 부분과 기술적인 부분의 품질 고도화를 추진할 필요가 있음

EXECUTIVE SUMMARY

1. Purpose

- This study aims to develop and present a model to estimate maritime traffic in real-time utilizing AIS data.
 - Recently, Areas for utilizing AIS data, mostly used in the maritime sector, have been expanded to shipping.
 - Initially, the use of AIS data in shipping was limited in identifying patterns of trade by analyzing the tracks of ships.
 - At present, however, the scope of utilization has expanded by combining them with ship description data.
- Despite intentions of providing data-based timely information to the government and shipping companies, difficulties in securing data have forced the industry to depend on foreign press.
 - In analyzing shipping market conditions, securing maritime traffic-related data is important as they pose the biggest impact on ocean freight in terms of supply and demand. However, due

to the varying time of public announcement depending on the situation surrounding data providers, the industry has faced a number of difficulties in securing the right timing.

- As a result, analysis of trends had to be conducted following the time at which data providers' announcements take place, thus most analysis may end up with ex-post analysis, while creating an environment heavily dependent on foreign press.

2. Methodology and Features

1) Suggesting a model concept capable of estimating real-time maritime traffic volume

- Being unfamiliar concept in Korea as of yet, this model combines AIS data with ship description data, estimating the maritime traffic volume in real-time.
- The concept of real-time refers to the minimum unit of time as the interval of generating AIS data is short, allowing data to be processed whenever needed and then to be utilized in estimating maritime traffic.
- In addition, the concept of real-time is limited in this study as users with an intention to utilize maritime traffic are able to use maritime traffic-related data in accordance with algorithms suggested by the model whenever a user wishes for the duration of time they desire.

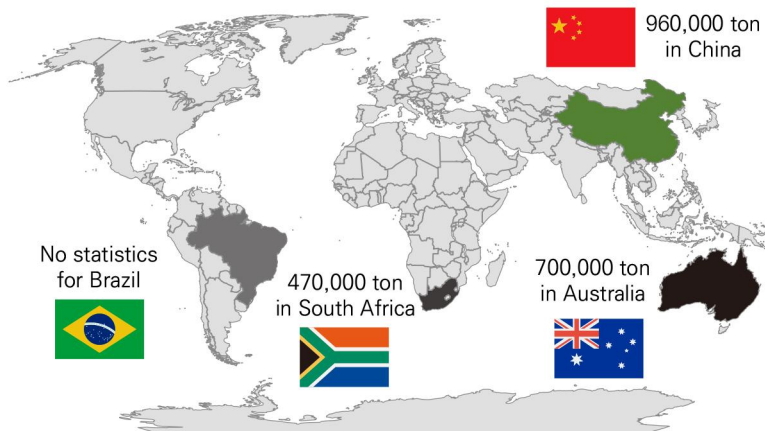
- The majority of data is centered on major countries. In particular, as the cycle for generating data has been too long, the data has not been utilized in analyzing shipping market conditions or establishing models.
- Some of the maritime traffic statistics have not been announced while statistics have been mainly oriented around major countries.
- Statistics regarding major importing and exporting countries' maritime traffic statistics of major cargoes are available. However, these statistics are generated rather infrequently (annually), the utilization of this data has been low in terms of analyzing shipping market conditions and establishing a forecasting model.
- This study broke down the cycle and type of maritime traffic data and made suggestions.
- The model was designed to generate maritime traffic statistics of major terminals in major countries by the type of cargoes.
- The suggested model is designed to estimate the trade volume.
- There are many studies that have identified trade patterns by analyzing the tracks of vessels, but studies estimating the maritime traffic volume remain few.

The concept of 「AIS-SHIP」, the estimation model of maritime traffic

AS-IS

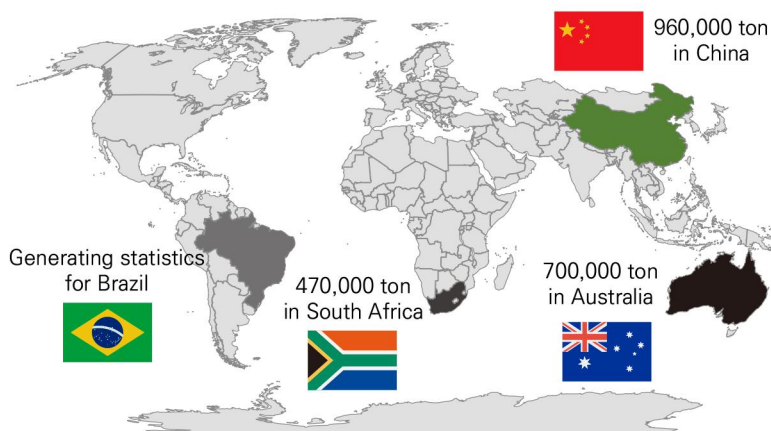
- Some of the statistics not provided/delayed
- Providing statistics centering around major countries
- Transaction volume not provided

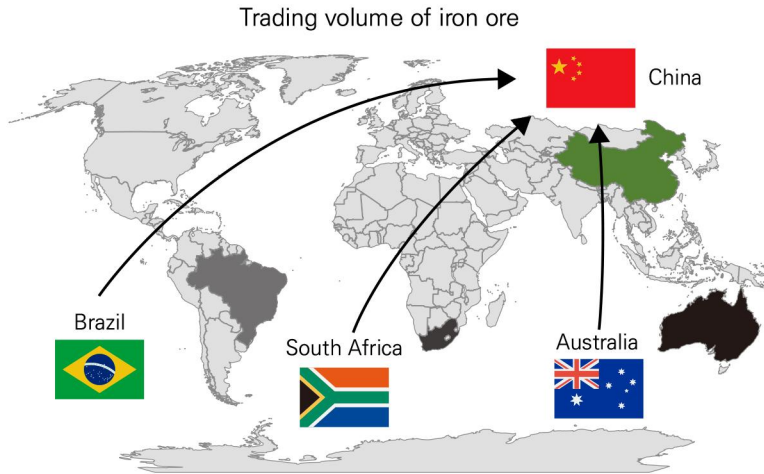
Major importers/exporters of iron ore



TO-BE

Major importer/exporter of iron ore





Source: Prepared by the author

2) Designing of 「AIS-SHIP」, a new estimation model of maritime traffic

- The model suggested by this study consists of three modules; the purpose, roles and constituents of each model have been formulated and proposed.
- After conducting an in-depth analysis of cases of constructing real-time maritime traffic data and drawing implications, this study determined the overall concept and design direction of the model.

3) Proposing an estimation equation for 「AIS-SHIP」

- After identifying areas for improvement based on the

analysis of preceding studies, this study proposed a new methodology.

- This study proposed two equations that are able to estimate maritime traffic volume by converting the difference between the volume ratio in accordance with a ship's draft and block coefficient into a ratio.
- The estimation equations were verified after analyzing the relations between elements targeting actual ships, and then comparing the relationship between the cargo loading capacity of the ship and specific elements.
- This study ultimately verified the effectiveness and utilization of estimated equations by applying the equation to actual ports and estimating maritime traffic for the duration of 11 months. The results of estimations were compared with actual data while conducting an empirical analysis by comparing the estimation equations proposed in preceding studies and proposing suggestions.

Existing models for estimating real-time maritime traffic

Classification		Data	Dependent variables	Characteristics
GTI (2019; 2020)	IMF(2019) ⁸⁾	• AIS • Ship description	• Dead Weight Tonnage (DWT) • Draft (maximum, operation)⁹⁾	• Estimate the cargo volume utilizing the draft ratio
	IMF(2020) ¹⁰⁾		• Dead Weight Tonnage (DWT) • Draft (maximum, light weight,	• Estimate the cargo volume utilizing the draft ratio

Classification	Data	Dependent variables	Characteristics
		operation)	
Dead Weight Tonnage (DWT) model ¹¹⁾ (2017; 2020)	Adland, R., Jia, H., and Strandenæs, S. P.(2017)	• Dead Weight Tonnage (DWT)	
	Shibasaki, R., K. Kanamoto, and T. Suzuki. (2020)	• Dead Weight Tonnage (DWT) • Load Factor	• Develop load factor per port
Cargo payload model ¹²⁾ (2019)	VL Model	• Block coefficient (operation, plan) • Length and width of a ship • Draft (operation, plan)	• Use block coefficient • Block coefficient during operation is estimated by the draft ratio • Design block coefficient is calculated by simplifying it as LBD
	PL Model	• TPC • Design draft • Load factor	• Use TPC • The load factor of ships is limited to capsize vessels, and fixed to 0.775 based on the results of other manuscripts.
	Reg(7)	• Dead Weight Tonnage (DWT) • Length and width of a ship • Draft of a ship • Type of cargo and berthing port	• Regression equation • Utilize DWT, type of cargo and berthing port as variables
	Reg(8)	• Dead Weight Tonnage (DWT) • Result of VL model	• Regression equation • Require dependent variable data of VL model

Source: Prepared by the author

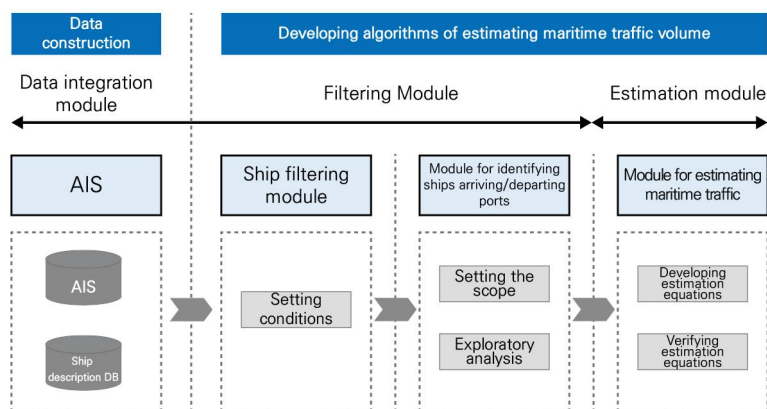
3. Results

1) Summary

- The model suggested by this study consists of three modules; the purpose, roles and constituents of each model were defined.
- Data integration module is the process of enhancing the quality of data analysis through data refinement as well as integrating individual data through integration and extraction, ultimately boosting the performance and efficiency of calculations by reducing data storage.
- A filtering module is the stage of analyzing trade patterns of each cargo or ship, simultaneously performing two processes. This is a prerequisite process that must be done before estimating maritime traffic. An estimation module is the stage of calculating maritime traffic volume based on developed estimation equations.

-
- 8) Arslanalp, S., Marini, M., and Tumbarello, P., Big Data on Vessel Traffic: Nowcasting Trade Flows in Real Time, IMF Working Paper, pp.1–34, 2019;
- 9) Draft during operation refers to the draft at the time of entering or exiting a specific port.
- 10) Cerdeiro D., Komaromi A., Lui Y. and Saeed M., World Seaborne Trade in Real Time: A Proof of Concept for Building AIS-based Nowcasts from Scratch. IMF Working Paper, pp.1–44., 2020
- 11) Adland, R., Jia, H., & Strandenes, S. P. , Are AIS-based trade volume estimates reliable? the case of crude oil exports. *Maritime Policy & Management*, 44(5), pp. 657–665, 2017,; Shibasaki, R., K. Kanamoto, and T. Suzuki., Estimating global pattern of LNG supply chain: a port-based approach by vessel movement database, *Maritime Policy & Management*, 47(2), pp.143–171. 2020
- 5) Jia, H., Prakash, V., & Smith, T., Estimating vessel payloads in bulk shipping using AIS data. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 11(1), pp. 25–40, 2019.

The concept of 「AIS-SHIP」, a model for estimating maritime traffic



Source: Prepared by the author

Details of 「AIS-SHIP」, a model for estimating maritime traffic

Classification	Data integration module	Data filtering module		Estimation module
		Ship type	Port arrival/departure	
Purpose	Create an analysis environment	Extract specific ships	Identify ships' arriving/departing ports in a specific port	Produce maritime traffic data that secures the periodicity
Method	Construct data following specific standards	Extract data of specific type or model of a ship after setting conditions	Identify characteristics of ships arriving/departing ports	Develop estimation equations utilizing AIS data and ship descriptions
Constituents	AIS data DB of ship descriptions	Condition setting	Scope setting Exploratory analysis	Develop estimation equation Verify estimation equation
Characteristics	• Include simple pre-processing such as	• The first data pre-processing stage	• Able to set port, nation and period • Analyze the	• Utilize ship description information during the

Classification	Data integration module	Data filtering module		Estimation module
		Ship type	Port arrival/departure	
	the process of establishment or integration of data		pattern of arriving/departing ports through data visualization	development stage ex) Dead Weight Tonnage (DWT) etc.
Outcome	Integrated data connecting AIS data and DB of ship descriptions	Extract the data of specific type and model of ships	Major ports' patterns of ships arriving and departing ports as well as trade	Maritime traffic volume of a specific port Weekly, monthly-based

Source: Prepared by the author

- The estimation equation of the 「AIS-SHIP No.1」 model is to estimate the maritime traffic volume of a specific port by utilizing the volume ratio in accordance with the draft of a ship.
- The relationship between constituents of the estimation equation and basic statistics as well as Dead Weight Tonnage (DWT), which represent the maximum cargo loading capacity of a ship, were analyzed and then presented in the results.

Draft statistics of ships arriving and departing ports in South Africa

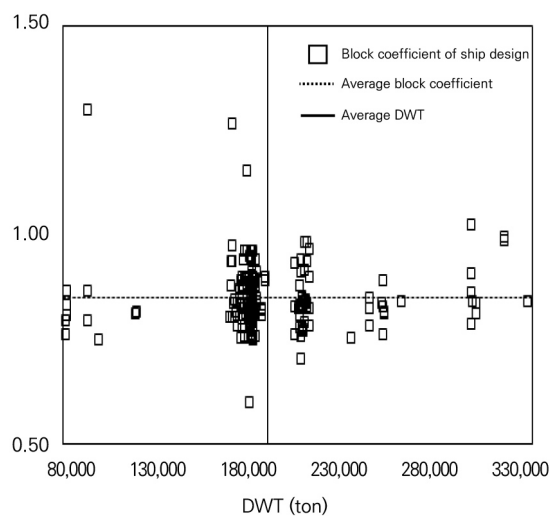
Unit: ton for DWT, m for draft

Elements	DWT	Design draft	Draft of port arrival	Draft of port departure
Minimum value	80,962	14.43	7.40	5.10
Lower 25%	177,814	18.07	10.50	17.90
Median	180,391	18.22	10.50	18.20
Upper 25%	206,204	18.30	10.60	18.30
Maximum value	327,180	22.10	18.20	21.50
Average	189,192	18.15	10.53	17.65
Standard deviation	36,244	1.04	0.98	1.93

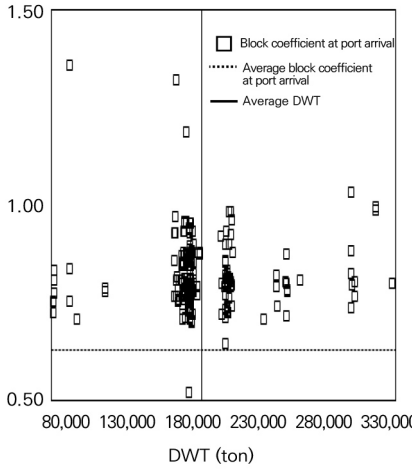
Source: Prepared by the author

Correlation between DWT and block coefficient of ship

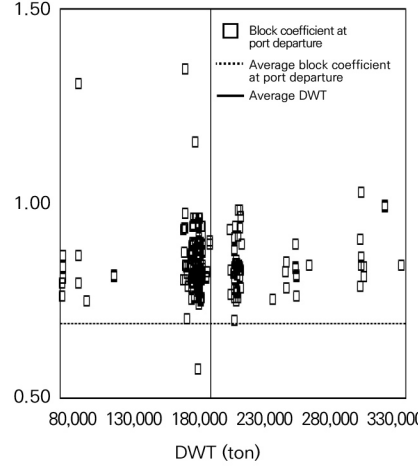
(a) Correlation between DWT and block coefficient of ship design



(b) Correlation between DWT and block coefficient at port arrival



(c) Correlation between DWT and block coefficient at port departure



Source: Prepared by the author

$$AIS-SHIP_t^{No.1} = \sum_i DWT_{i,t} \times \frac{d_i^{dep} - d_i^{arr}}{d_{i,dep} - d_i^{arr}}$$

Where,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ is the maritime traffic volume of a specific port during the time t ;

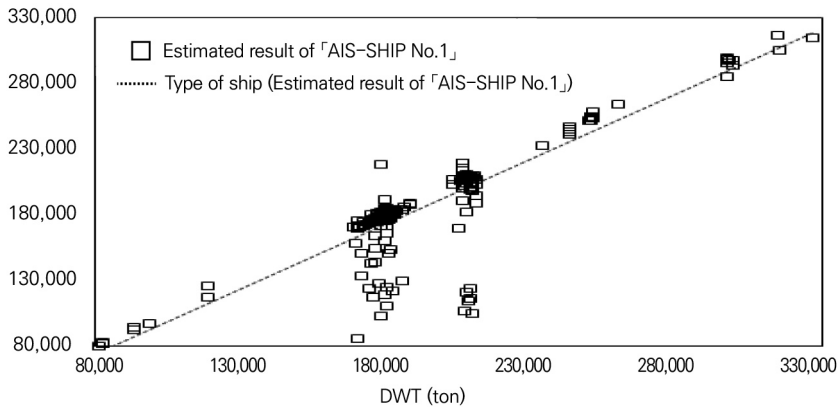
$DWT_{i,t}$ is the DWT of ship that arrived and departed i th at the time of t ;

d_i^{dep} is the draft of ship at port departure that arrived i th at the time of t ;

d_i^{arr} is the draft of ship at port arrival that arrived i th at the time of t ;

$d_{i,des}^{off}$ is the draft of ship design that arrived i th at the time of t ;

Correlation between DWT of an actual ship and the estimated result of 「AIS-SHIP No.1」



Source: Prepared by the author

- This method possesses an advantage that the ratio in accordance with the level of cargo loading when arriving and departing a port can be reflected to the results by utilizing the change of draft values of a ship. However, it poses a limitation that the draft of a ship is recorded manually, reducing the accuracy.
- The estimation equation of the 「AIS-SHIP No.2」 model is designed to estimate maritime traffic in real-time by converting the difference of changing volumes of ship into a ratio.
- This study analyzed the relationship between constituents of the estimation equation, basic statistics which represent the maximum cargo loading capacity of a ship and DWT, and then presented the result.

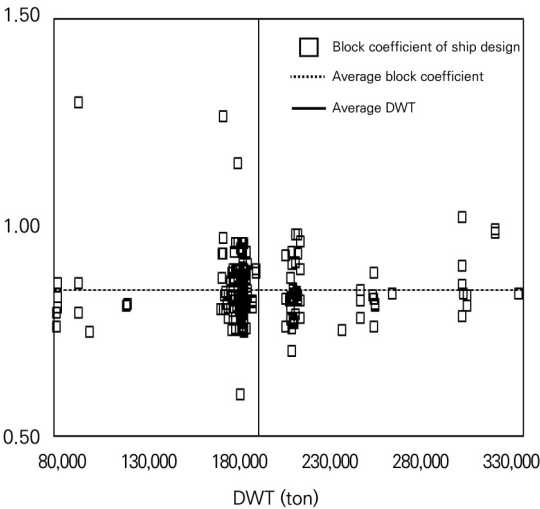
Basic statistics of block coefficient of ships arriving and departing the Republic of South Africa

Unit: ton for DWT, Non-dimensional number for block coefficient

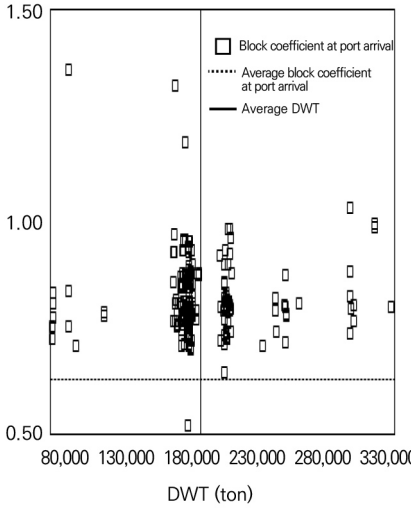
Item	DWT	Design	Arrival	Departure
Minimum value	80,962	0.60	0.52	0.57
Lower 25%	177,814	0.81	0.77	0.81
Median	180,391	0.83	0.80	0.83
Upper 25%	206,204	0.89	0.86	0.89
Maximum value	327,180	1.30	1.36	1.34
Average	189,192	0.85	0.82	0.85
Standard deviation	36,244	0.08	0.09	0.08

Source: Prepared by the author

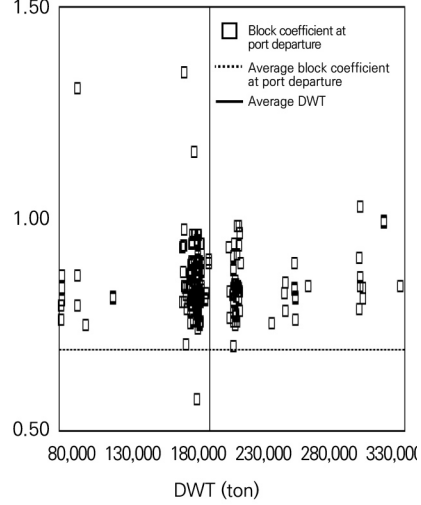
Correlation between DWT and Block Coefficient of ship
(a) Correlation between DWT and Block Coefficient of ship design



(b) Correlation between DWT and block coefficient at port arrival



(c) Correlation between DWT and block coefficient at port departure



Source: Prepared by the author

$$AIS-SHIP_t^{No.2} = \sum_t DWT_{i,t} \times \frac{|Cb_i^{dep} - Cb_i^{arr}|}{|Cb_i^{dep} - Cb_i^{arr}|}$$

Where,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ is the maritime traffic volume of a specific port during the time t ;

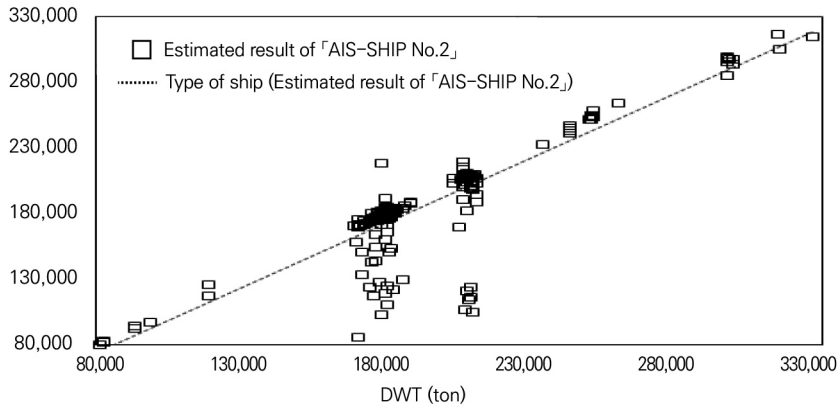
$DWT_{i,t}$ is the DWT of ship that arrived and departed i th at the time of t ;

Cb_i^{dep} is the block coefficient of ship at port departure that arrived and departed i th at the time of t ;

Cb_i^{arr} is the block coefficient of ship at port arrival that arrived and departed i th at the time of t ;

Cb_{di} is the block coefficient of ship design that arrived and departed i th at the time of t ;

Correlation between DWT of an actual ship and the estimated result of 「AIS-SHIP No.2」



- Finally, this study compared and presented the results of estimation equations suggested by major preceding studies with those of estimation equations proposed by this study.

Comparison of the results (Maritime traffic)

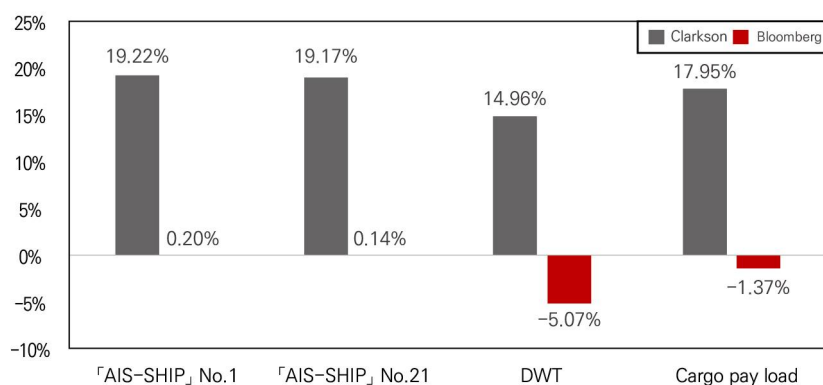
Unit: 1 million ton

Category	Real data (Comparison data)		Suggested model		Existing model	
	Clarkson ¹³⁾	Bloomberg ¹⁴⁾	「AIS-SHIP」 ^{No.1}	「AIS-SHIP」 ^{No.21}	DWT	Cargo payload
Total	61.18	49.52	49.42	49.45	52.03	50.2
Average	5.56	4.50	4.49	4.49	4.73	4.56
Standard deviation	0.64	0.58	0.63	0.60	0.54	0.56
Ratio (%)	100	–	80.78%	80.83%	85.04%	82.05%
	–	100	99.80%	99.86%	105.07%	101.37%

Source: Prepared by the author

Difference of estimated ratio of the model vs. comparison data
(based on total sum)

Unit: 1 million ton



Source: Prepared by the author

13) This is the ratio of the sum of estimates compared to the total sum of maritime traffic of Clarkson data from July of 2020 to May of 2021.

14) This is the ratio of the sum of estimates compared to the total sum of maritime traffic of Bloomberg data from July of 2020 to May of 2021.

2) Suggestions

- Being a basic study for developing the 'AIS-SHIP' maritime traffic estimation model, this study concentrates on securing the timeliness of maritime traffic volume.
- The primary focus of this study is to review the possibility of utilizing AIS data, verification of estimation equations of maritime traffic based on description data of ships, and reviewing the possibility of actual application.
- This study confirmed that the timeliness of maritime traffic data can be secured.
- Securing the timeliness of maritime traffic data has become available. In the process of conducting this study, the data was announced, hence, omitted as the meaning has faded. But it was confirmed that securing the data before the time of data announcement is available.
- The scope of this study can be expanded to forecasting models by introducing a variety of methodologies.
- Although a number of relevant studies have been conducted actively, they still remain at the initial stage. With the establishment of a variety of methodologies such as traditional measurement and AI, a model capable of estimation and forecast should be developed.
- It is necessary to continue developing a real-time estimation model of maritime traffic.

- A variety of limitations still exist including the ones from the research perspective. There are limitations in terms of budget, time and manpower to purchase AIS data, develop a model and push for actual service.
- It is expected to create an environment in which continuous effort results in the development of a model which is able to identify the change almost in real-time and analyze from the perspective of demand that directly determines the freight rate.
- The results calculated from an estimation model of maritime traffic will significantly contribute to the extension of forecasting period of a forecasting model for freight rates.
- It is essential to develop a prototype which can lead to actual service, while pushing forward a joint study between universities, industry and research institutes.
- It takes a certain time from developing a model to rendering a service. In the case of providing statistics, in particular, pilot projects should be operated in multiple times to secure the reliability of the model.
- The implementation of a joint study between universities, industry and research institutes in the shipping and shipbuilding industry will construct a user-friendly interface and able to offer service. Moreover, it is necessary to advance the quality from the theoretical as well as technical perspective.

01

서론

제1절 연구 배경 및 필요성

1. 연구 배경 및 필요성

해운 시장은 화물 수요와 선박 공급의 양 축을 중심으로 시장의 균형을 찾아 이동하면서 계속 변하기 때문에 해운 운임을 예측하는 작업은 결코 쉬운 일이 아니다. 특히 코로나19, 에버그린호 좌초 사고¹⁾ 등과 같은 예측하기 어려운 사건이 발생할 때 대부분의 해운 시장 전망치들은 큰 오차를 남기며 빛나가게 된다. 해운 시장 가운데 부정기선 시장을 대표하는 건화물선은 컨테이너선과 비교해 선박, 화물 그리고 거래 방식 등이 다양해 컨테이너선 시장보다 복잡한 구조로 되어 있다. 일반적으로 건화물선 시장은 수송화물과 선박 크기에 따라 케이프선, 파나마스선, 수프라maks선, 핸디선 시장으로 구분한다.²⁾

1) 2021년 3월 23일 24,000TEU급 초대형 컨테이너선인 에버그린호가 수에즈 운하에서 좌초된 사고로, 이로 인해 수에즈 운하 통행이 막혀 큰 피해가 발생했다. 사고 발생 후 6일 만인 3월 29일에 에버그린호가 인양되면서 수에즈 운하 통행이 재개되었다. 하지만 수에즈 운하가 봉쇄되면서 글로벌 물류 공급망은 심각한 피해를 받았으며, 이 여파로 컨테이너선 운임이 급등하게 되는 원인을 제공하였다.

2) 철광석, 원료탄 등을 주로 수송하는 케이프선(18만DWT), 연료탄, 곡물(대두, 옥수수) 등을 수송하는 파나마스선(8.2만DWT), 곡물, 구리 등을 수송하는 수프라maks선(5.8만DWT), 원목과 원당 등을 수송하는 핸

건화물선 시장은 철광석, 석탄, 구리, 곡물 등의 재화를 생산하는 생산지부터 재화를 소비하는 소비지까지 해상으로 화물을 수송하는 운송 시장이다. 이러한 건화물선의 시장구조로 인해 생산지와 소비지에서 발생하는 모든 사고와 사건은 건화물선 시장의 수급 상황에 영향을 미치며 시차를 두고 건화물선의 운임에 반영된다.

따라서 건화물 시장에서 주요 화물의 생산지와 소비지에서 발생한 다양한 현상을 반영한 실시간 해상물동량은 건화물선의 운임을 예측하는 작업에서 매우 중요한 기초자료가 된다. 외국의 유명한 해운 데이터 제공기관인 클락슨과 드류리의 경우를 보더라도 해상물동량 자료가 공표되는 시점은 실제 화물이 운송되는 시점과 비교해 최소 1개월에서 최대 8개월까지 차이가 발생하고 있다.³⁾

건화물선의 대표항로 가운데 하나인 브라질-중국 항로의 시황을 분석하기 위해 가장 필요한 데이터는 브라질과 중국의 해상물동량 자료다. 브라질은 호주와 더불어 주요 철광석 수출국 가운데 하나이며, 중국은 세계 1위의 철광석 수입국이다.

2019년 1월에 발생한 브라질 남부에서 댐 붕괴사고가 발생하면서 케이프선 시장의 브라질-중국 항로 운임이 일일 4,000달러까지 급락하면서 케이프선 시장은 혼돈에 빠지게 되었다. 그 당시 시장 참여자들은 사고가 발생한 시점의 주 단위나 월 단위의 해상물동량 자료를 바로 구할 수 없어서 과거의 경험과 직관에 의존해 브라질 철광석 수출 일정이 장기간 지연될 것으로 예상하였고, 이러한 불확실한 예측으로 인하여 케이프선 시장에는 막연한 불안 심리가 확산하였다.

다선(3.8만DWT) 등으로 구분한다.

3) 클락슨 제공 데이터는 종류에 따라 생성과 확인 시점 간의 차이가 최소 1개월에서 최대 8개월까지 발생하며, 드류리 제공 데이터는 평균 2개월 정도의 차이가 발생하는 것으로 파악된다(2020년 4월 30일 기준).

이러한 예에서도 볼 수 있듯이 해운 시장에서 예상하지 못한 사건이 발생하는 경우 운임의 변동폭이 예상보다 더 증폭되는 이유는 해상물동량 데이터를 실시간으로 확인할 수 없는 어려움이 일정 부분 영향을 미치기 때문이다. 물론 이 외에도 해운 시장의 수급과 관련한 다양한 요인들과 국가 간 국제무역 분쟁과 같은 경제 외적인 요인들도 해운 운임에 큰 영향을 미칠 수 있다.

최근 들어 국내외 해운 기관들을 포함해 대부분의 해운 전문가들이 해운 시장을 관찰하기 위한 기초자료로서 시의성 있는 해상물동량 자료 확보가 중요하다는 점에 인식을 공유하고 있다. 특히 S&P Global Platts⁴⁾와 IHS Markit⁵⁾ 등 해운 정보제공 업체들은 선박자동식별장치(AIS) 데이터를 활용해 시의성 있는 해상물동량을 추정한 후 이를 필요로 하는 해운기업과 연구소 등을 대상으로 다양한 유료 서비스를 제공하고 있다.

AIS는 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)가 해상안전을 위해 선박에 설치하도록 강제화한 시스템으로 주로 연안의 해양사고를 미연에 방지하고 입출항 신고를 자동으로 관리하기 위한 용도이다. 이러한 시스템의 용도로 인해 관련한 연구는 선박 간의 충돌을 방지하거나, 연안의 해양 교통안전성을 평가하는 모델, 연안 지역의 안전을 평가하는 지수를 개발하는 주제가 주를 이룬다.

AIS 데이터가 해운 분야에서 급부상한 이유는 위성 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 사용 가능해지면서부터이다. 위성 데이터의 사용이 가능해지면서 데이터의 활용범위가 교역 패턴 분석, 해상물동량 추정, 운임 예측 등으로 확장하였으며, 관련 연구가 최근 들어 급증하고 있다.

4) S&P Global의 자회사로 1909년에 설립되어 에너지와 원자재 관련 다양한 정보를 제공하고 있으며 상품 시장에서 상품에 대한 벤치마크 가격(benchmark price)을 제공하고 있다.

5) IHS는 에너지, 자동차, 원자재 분야에 특화된 정보업체이고, Markit은 2001년 설립된 이래 구매관리자지수(PMI) 등 경제지표 집계에서 두각을 나타낸 회사로 2016년에 두 회사가 합병해 IHS Markit이 탄생했다.

AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하는 작업은 그 자체로도 큰 의미가 있지만, 여기에 더해 실시간으로 추정된 해상물동량을 활용하여 해운 시황과 선박 공급량을 정교하게 예측하게 되면 우리나라 국적선사들이 해운 시황의 급변에 대하여 선제 대응이 가능해져 경제적 피해를 최소화하는 데에도 도움을 줄 수 있다.

2. 연구 목적

이번 연구는 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하는 모형을 개발해 실시간에 가깝게 해상물동량을 예측하고 이를 활용해 건화물선의 시황 예측에 관한 신뢰도를 제고하는 것을 목적으로 한다. 또한 해상물동량 추정모형을 개발하는 과정의 일환으로 선박 데이터베이스를 구축하는 것과 모형을 통해 도출된 실시간 해상물동량을 적극적으로 활용할 수 있는 방안을 마련하는 것도 본 연구의 목적 가운데 하나다.

제2절 연구 내용과 방법

본 연구는 전체 5장으로 구성되어 있다. 제1장은 본 연구의 배경 및 필요성, 연구 목적 및 주요 내용, 선행연구 검토 및 차별성, 연구수행 방법론 등에 관한 것이다. 제1장에서 해상물동량을 추정하고 예측하는 기존 선행 연구를 전통적인 방법, 인공지능, 빅데이터 세 가지로 분류하여 분석하고 이번 연구를 위해 중점적으로 살펴보아야 하는 연구를 선정하였다. 이어지는 제2장에서 AIS 데이터를 활용해 실시간 해상물동량을 추정하는 주요 선

행연구를 심도 있게 분석하고 그 시사점을 도출하였다.

본격적으로 해상물동량 추정모형을 개념화하고 개발하는 과정은 제3장에서 제시하였다. 본 연구에서 제시하는 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형은 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 활용하여 전 세계 해상물동량을 추정하고 모니터링이 가능하도록 고안된 모형이다. 해상물동량 모형의 분석 체계에 대해 모듈별로 나누고 각 모듈에 대해 상세히 설명하였다.

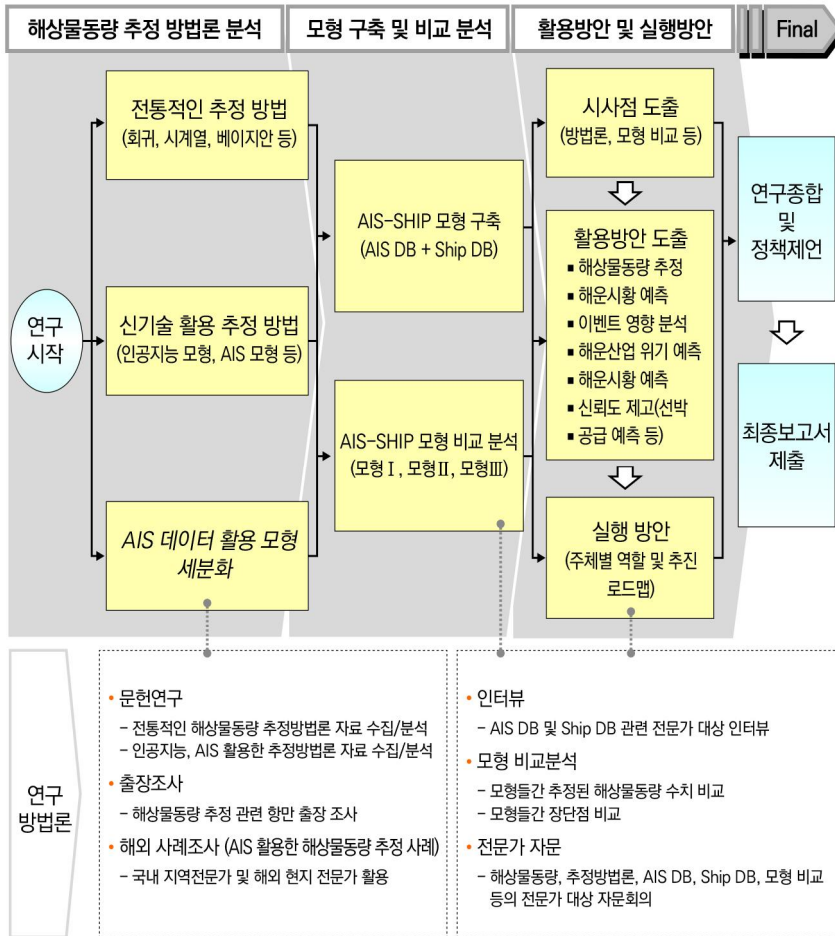
또한 두 가지 추정식을 제안하기 위해 실제 선박 데이터를 이용하여 각각 추정식 구성 항목의 기초 통계와 항목 간 상관분석 결과를 제시하고, 특히 각각 선박 재화중량톤수와 제안한 추정식을 활용해 추정된 적재 화물량 간의 상관관계를 분석하여 추정식이 선박의 화물 적재량을 추정할 수 있으며, 이를 통해 해상물동량을 추정 가능하다는 전제를 검증하였다.

제4장에서는 제3장에서 제안한 「AIS-SHIP」 모형을 활용해 실증분석을 수행하고 모형을 비교·분석한 결과를 제시하였다. 2020년 7월부터 2021년 5월까지 11개월 동안의 블룸버그, IHS, 베셀벨류의 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 사용해 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형에 대한 실증분석을 수행한 후 해운 분야에서 주로 사용하는 데이터 및 주요 선행연구의 추정식 결과와 비교하여 제시하였다.

제5장에서는 제4장의 실증분석 결과와 전문가 인터뷰 등을 활용해 「AIS-SHIP」 모형의 활용방안을 도출하였다. 「AIS-SHIP」 모형개발의 일차적인 목적은 해상물동량을 추정하는 것이다. 하지만 실시간에 근접하면서 주간 단위로 추정된 해상물동량은 해운 시황 예측에 직접 활용이 가능하다.

보다 신뢰도 높은 해상물동량은 해운 시황의 예측정확도를 제고해 줄 수 있으며 이를 통해서 시장 참여자들이 해운 시장의 변화에 더욱 유연하게 대처할 기회를 제공해준다.

〈그림 1-1〉 연구 흐름도



자료: 저자 작성

제3절 선행연구 검토

1. 선행연구

1) 전통적인 해상물동량 추정연구

우리나라 수출입 항만물동량은 2010년 12억 톤, 2015년 14.6억 톤, 2020년 15억 톤⁶⁾으로 꾸준히 증가하고 있으며, 정부는 국정과제로 「해운·조선 상생을 통한 해운강국 건설」을 제시하고, 2018년 4월 ‘해운재건 5개년 계획’을 발표하는 등 해운산업 발전 정책을 추진하고 있다.

이처럼 해운산업에 대한 중요성이 높아지는 가운데 해상물동량에 대한 정확도 높은 예측이 이루어지면 우리나라 해운산업의 발전을 위한 해운·물류 정책을 보다 효과적으로 수립할 수 있으므로 해상운송 물동량 추정연구에 대한 중요성은 매우 크다. 그동안 컨테이너항만 물동량 추정 관련 연구는 많았으나, 해상물동량 추정연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

해상물동량 추정연구에 대한 전통적인 방법으로는 회귀분석, 시계열 분석, 중력모형, 베이지안 등이 있으며 주요 선행연구를 살펴보면 <표 1-1>과 같다.

<표 1-1> 해상물동량 예측 관련 선행연구

	저자	방법론(모형)	독립변수	자료 유형
1	김창범(2015)	ARIMA, 인공신경망모형	해상 수출입물동량	1994~2014 월간 자료
2	Veenstra and Haralambides(2001)	Vector Error-Correction Model(VECM)	원자재(원유, 철광석, 곡물, 석탄) 물동량	1962~1995 연간 자료

6) 해양수산부(해운항만물류정보센터, PORT-MIS)

	저자	방법론(모형)	독립변수	자료 유형
3	Bröcker, Korzhenevych and Riekhof(2011)	중력모형	해상물동량	1993~2004 연간 자료
4	박호·김상열·김율성 (2013)	중력모형	컨테이너물동량	2004~2011 연간 자료
5	장문철(2010)	다항회귀모형, 시계열 분석	해상 수출입물동량	2003~2009 연간 자료
6	고병욱 외(2018)	베이지안	컨테이너물동량	2000~2017 연간 자료

자료: 김창범(2015), pp. 69~84; Veenstra & Haralambides(2001), pp.311~319; Bröcker, Korzhenevych, & Riekhof(2011), pp. 37~44; 박호·김상열·김율성(2013), pp.765~782; 장문철(2010), pp.177~199; 고병욱 외(2018), pp. 1~216의 자료를 바탕으로 저자 작성

시계열 모형은 데이터가 과거에 가지고 있는 고유의 특성이 변하지 않을 것을 가정하며, 평활법, 분해법 등 시계열적 성분(추세, 순환, 변동 등)을 추출하여 예측에 활용하는 전통적 방법과 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average)와 같은 확률적 방법으로 구분할 수 있다.

김창범(2015)⁷⁾은 시계열 자료들이 계절성을 가지는 특성을 도출하여 승법계절 ARIMA 모형을 활용한 해상물동량을 추정한 후 사전적 예측치를 도출하였다. 또한 많은 시계열 데이터가 계절성을 가지기 때문에 아래의 식과 같은 승법계절 ARIMA 모형인 $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s$ 를 도입하였다(여운방·손영숙, 1985)⁸⁾.

$$\psi_p(B)\Phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D z_t = \Theta_q(B)\theta_Q(B)a_t$$

7) 김창범(2015), pp. 69~84.

8) 김창범(2015), p. 71, 재인용: 여운방·손영숙(1985), pp.125~126.

$$z_t = \frac{\Theta_q(B^s)\theta_Q(B)}{\psi_p(B)\Phi_p(B^s)\nabla^d\nabla_s^D} \times a_t$$

$$\Phi_p(B^s) = (1 - \Phi_s B^s - \Phi_{2s} B^{2s} - \dots - \Phi_{ps} B^{ps}),$$

$$\nabla_s^D = (1 - B^s)^D, \nabla_d = (1 - B)^d,$$

$$\theta_Q(B^s) = (1 - \theta_s B^s - \theta_{2s} B^{2s} - \dots - \theta_{Qs} B^{Qs}),$$

$$\psi(B) = (1 - \psi_1 B - \psi_2 B^2 - \dots - \psi_p B^p),$$

$$\Theta(B) = (1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 - \dots - \Theta_q B^q)$$

Veenstra and Haralambides(2001)⁹⁾는 다변량 시계열 모형을 활용한 주요 항로별 원자재(원유, 철광석, 곡물, 석탄) 시장의 무역 흐름을 예측하는 연구를 수행하였다. 동 연구에서는 해상 무역 흐름을 예측하기 위해 벡터오차수정모형(VECM: Vector Error Correction Model)을 이용하였다. 연구결과 벡터오차수정모형이 원자재(원유, 철광석, 곡물, 석탄)에 대한 장기 예측력이 뛰어난 것으로 나타났다. 동 연구에서 도출된 벡터오차수정 모형은 다음과 같다.

$$\Delta X_t = \Phi(0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Psi(i) \Delta X_{t-i} + \alpha \beta' \Delta X_{t-1} + u_t$$

중력모형은 지역/구역(zone) 간 통행 수요를 추정하는 데 합리적이고 추정 이 쉽다는 장점이 있어 지역/구역 간 무역(통행량)을 추정하는 데 주로 활용된다. Bröcker, Korzhenevych, and Riekhof(2011)¹⁰⁾은 중력모형을 사용하여 유럽 지역 간 물동량을 예측하는 방법론을 제안하였다.

9) Veenstra & Haralambides(2001), pp.311-319.

10) Bröcker, Korzhenevych, & Riekhof(2011), pp. 37-44.

이 논문에서는 물동량 변화에 미치는 세 가지 주요 요인으로 경제성장, 세계화, 상품구성을 선정하여 유럽 지역의 무역 흐름을 예측하였다. 동 연 구에서 도입한 수정된 중력모형 예측 모델식은 아래와 같다.

$$x_{\ell rs}^t = a_{\ell} (y_r^t)^{\eta_{\ell}} (y_s^t)^{\zeta_{\ell}} h_r^t g_s^t f_{\ell rs}^t$$

여기서,

a_{ℓ} 는 상품의 전체 규모를 나타내는 승수

y_r^t 는 시간 t에서 지역 r의 1인당 실질 GDP

h_r^t 는 지역의 생산성

g_s^t 는 대상 지역의 전반적인 수요 수준

$f_{\ell rs}^t$ 는 무역 저해 요소

η_{ℓ} 및 ζ_{ℓ} 은 각 상품의 탄력성

박호·김상열·김율성(2013)¹¹⁾은 자유무역협정(FTA)와 경제통합 등이 컨 테이너물동량에 미치는 영향을 중력모형을 활용해 분석하였다. 2011년 기 준 컨테이너물동량 10,000TEU 이상의 63개 교역국을 대상으로 실증분석 을 수행한 결과는 다음과 같다. GDP가 교역국 간 거리가 증가하면 해상물 동량이 늘어나고, 교역국 간 거리가 증가할수록 해상물동량이 감소한다는 사실을 확인하였다. 이를 식으로 정리하여 나타내면 다음과 같다.

11) 박호·김상열·김율성(2013), pp. 765~782.

$$\ln Trade(Con)_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln(GDP_{it} \cdot GDP_{jt}) + \beta_2 \ln(pcGDP_{it} \cdot pcGDP_{jt}) + \beta_3 \ln dist + {}_{d1}FTA_{ij} + {}_{d2}(ASEAN+3)_{ij} + {}_{d3}EU_{ij} + {}_{d4}NAFTA_{ij} + {}_{d5}MERCOSUR_{ij} + \mu_{ij} + \epsilon_{ij}$$

여기서,

$\ln Trade(Con)_{ijt}$ 는 t시점 한국(i)과 교역상대국(j) 간 컨테이너물동량 (수출+수입)

GDP, GDP_{jt} 는 t시점 한국과 교역상대국의 국민소득의 곱

$pcGDP, pcGDP_{jt}$ 는 t시점 한국과 상대국 1인당 국민소득의 곱

$dist_{ij}$ 는 i국과 j국의 거리

FTA_{ij} 는 한국과 교역상대국의 FTA 체결 여부(더미변수)

$(ASEAN+3)_{ij}$ 는 동남아국가연합+한, 중, 일 가입 여부(더미변수)

$NAFTA_{ij}$ 는 NAFTA 가입 여부(더미변수)

$MERCOSUR_{ij}$ 는 MERCOSUR 가입 여부(더미변수)를 말한다.

장문철(2010)¹²⁾은 다항회귀모형과 시계열 분석을 통해 수출입물동량을 예측하였다. 수출입물동량에 영향을 미치는 내부경제 영향요인과의 관계를 사용해 다양한 변수가 물동량을 설명해 줄 수 있음을 검증하였다.

12) 장문철(2010), pp. 177~199.

시계열 데이터가 가지는 추세, 순환 등의 성분을 변수로 모형을 설계하였다. 한 국가의 해상물동량의 추이를 파악하기 위해 수출입 화물물동량 데이터를 분해하여 활용한 다항회귀 모형을 아래와 같이 제시하였다.

$$y_t = b_i x_{i_1} + \dots + b_p x_{p_t} + b_0 + \epsilon_i$$

여기서,

y_t 는 t시점 품목별 예측 물동량

b_i, b_p 는 설명변수 계수

b_0 는 상수

x_i, x_p 는 각 독립변수

ϵ_i 는 오차항을 말한다.

고병욱 외(2018)¹³⁾는 해상물동량 데이터 크기로 인해 모형의 예측 성능에 미치는 영향을 최소화하기 위해 베이지안 추론(Bayes' inference)을 활용한 선형 회귀방정식을 제안하였다. 베이지안 추론은 통계적 추론 방법에 해당하며, 확률론적 관점에서 문제를 해결하는 방식이다. 아래와 같이 베이지안 추론을 활용해 해상물동량을 추정할 수 있는 식을 제안하였다.

$$y_t = \beta_1 \times x_{1,t} + \beta_2 \times x_{2,t} + \beta_3 \times x_{3,t} + \beta_4 \times x_{4,t} + e_t$$

여기서,

13) 고병욱 외(2018), pp.1~216.

y_t 는 컨테이너 해상물동량 지수 성장률(exponential growth rate)

$x_{1,t}$ 는 수입국가 GDP 지수 성장률

$x_{2,t}$ 는 해당 항로 총수출 지수 성장률

$x_{3,t}$ 는 수입국가 이자율

$x_{4,t}$ 는 환율의 지수 성장률

e_t 는 잔차항을 말한다.

2) 인공지능·빅데이터에 기반한 해상물동량 추정연구

최근 2년 사이에 해상물동량 데이터의 정시성을 확보하기 위한 새로운 방법으로 해운 분야의 빅데이터로 가치를 재평가받는 AIS 데이터와 4차 산업혁명의 핵심기술 중 하나인 인공지능을 활용해 해상물동량을 추정하는 모형을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 관련한 선행연구를 다음과 같이 살펴보았다.

(1) 선박 제원 정보와 연계한 AIS 데이터의 활용

모형 구축을 위한 데이터 크기의 한계를 극복하기 위해 2010년대 후반 부터 기존에 해사 안전 분야에서 주로 활용되는 AIS 데이터를 선박 제원과 연계하여 해상물동량을 추정하는 연구가 나타나기 시작했다.

초기의 AIS 데이터를 활용한 연구는 해상물동량을 직접 추정하는 연구 보다는 선박의 항적을 이용해 교역 패턴을 추출하는 연구가 주를 이루었다 (김종관, 2019; Kaluza et al., 2010; Halden, 2019). AIS 데이터와 선박

제원 정보를 연계해 해상물동량을 추정하는 연구(Adland, Jia, and Stranden, 2017; Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki, 2020; Yang *et al.*, 2020)는 2019년부터 조금씩 나타나기 시작해 다른 방법론에 비해 그 역사가 짧으며, 상대적으로 그 수가 적다. 또한 2020년에 시도된 연구

를 제외하고는 LNG 선박의 해상물동량을 추정하는 연구로 건화물선 부분에 적용된 연구는 아직 시작 단계에 불과하다.

Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki(2020)¹⁴⁾는 AIS 데이터와 선박 제원 정보를 병합한 데이터를 분석해 선박의 입출항 이력을 추출하고, LNG 선박을 대상으로 해상물동량을 추정하는 모형을 제안하였다.

IMF(2019)¹⁵⁾는 특정 지역인 몰타항(Malta Ports)의 해상물동량 및 교역량을 AIS 데이터를 활용해 추정하고자 시도하였다. 동 연구를 통해 특정 기간 몰타항에 입항한 선박의 수를 합산해 제시하는 지표(Cargo Number Indicator)와 같은 기간 입항한 선박의 적재 화물량을 추정하여 제공하는 화물의 선적 지표(Cargo Load Indicator)를 제시하였다.

화물 선적 지표를 이용하여 항의 실제 해상물동량 추이를 확인할 수 있었다. 다만 제시한 화물 선적 지표는 선박의 입출항 횟수의 비율만을 고려해 실제 선박의 화물량과 차이가 존재한다는 한계를 보였다.

Yan *et al.*(2020)¹⁶⁾은 AIS 데이터를 활용해 선박의 입출항 이력을 분석하고, 선박의 재화중량톤수와 방형비척계수(Cb: Block Coefficient)의 조합으로 해상물동량을 추정하고자 시도하였다.

Jia, Prakash, and Smith(2019)¹⁷⁾는 AIS 데이터를 활용해 특정 항의 선

14) Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), pp. 147-149.

15) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp.1-34.

16) Yan *et al.*(2020), pp.1-15.

17) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp.25-40.

박 입출항 이력을 추출하였으며, 역시 선박의 설계 요소인 방형비척계수를 고려함으로써 선박의 선형을 고려한 식을 제안하였다.

(2) 인공지능 알고리즘의 활용

2010년대 후반에 나타난 또 하나의 연구 흐름의 특징은 인공지능 기반 해상물동량을 추정하는 연구도 같이 본격화되었다는 점이다(Xie, Qian, and Yang, 2019; Ding *et al.*, 2019; 서원태, 2020). Chen and Chen (2010)¹⁸⁾은 컨테이너 항만물동량을 예측하기 위해 유전자 알고리즘을 활용한 모델을 구축하였다.

Xie *et al.*(2013)¹⁹⁾은 항만물동량의 시계열적 특성을 추출하고 이를 서포트벡터머신 알고리즘에 적용한 예측모형을 구축하였으며, 이 연구를 통해 계절성 있는 시계열 데이터의 특징을 추출해 입력변수로 활용할 경우 모델의 예측 성능이 향상되는 것을 입증하였다.

Xie, Qian, and Yang(2019)²⁰⁾은 인공지능망 모형을 활용해 항만물동량을 추정하였는데, 이때 항만물동량 데이터의 변동성을 주파수 분석방법의 하나인 웨이블릿 변환(Wavelet transforms)으로 해석하고 그 특징을 추출해 입력변수로 활용한다는 특징을 갖는다. Ding *et al.*(2019)²¹⁾은 서포트벡터머신이라는 인공지능 알고리즘을 활용하여 중국 Ningbo항의 컨테이너물동량을 예측하였다.

Darendeli *et al.*(2020)²²⁾은 터키 항만의 컨테이너 수요를 예측하기 위해 인공지능망과 의사결정나무(Decision Tree Regression) 알고리즘을

18) Chen & Chen(2010), pp.2054-2058.

19) Xie *et al.*(2013), pp.2232-2241.

20) Xie, Qian, & Yang(2019), pp.178-200.

21) Ding *et al.*(2019), pp.305-319.

22) Darendeli *et al.*(2020), pp.842-852.

활용해 모형을 구축하였고, 이 모형이 터키항의 컨테이너 수요를 예측하는데 적합함을 입증하였다.

2. 선행연구와의 차별성

2000년대 초반까지 해상물동량 추정 관련 연구는 대부분 전통적인 시계열 모형²³⁾과 통계분석 모형²⁴⁾을 활용하는 방식이었다. 2010년대 들면서 해상물동량을 추정하기 위해 기존의 계량분석과 통계분석 외에 중력모델, 베이지안 모형²⁵⁾, 인공지능 모형 등의 새로운 방법론이 등장하기 시작했다. 이와 함께 AIS 데이터를 활용해 해상물동량 패턴을 분석하려는 시도도 일부 진행되었으나, 학술적으로 AIS 데이터와 선박 제원을 활용한 해상물동량 연구가 본격적으로 등장한 시점은 2020년 이후다.

2010년대 후반까지 수행된 해상물동량 추정 관련 연구를 보면 연간 데이터인 국내총생산(GDP) 자료를 주로 활용해 모형을 구축하였는데, 함께 사용되는 변수들 역시 연간 데이터가 대부분이었다. 연간 데이터를 모형에 사용하는 경우 데이터 수가 부족한 문제점을 유발할 수 있으며, 모형에서 추정된 해상물동량 역시 연간 물동량이라는 한계가 발생한다.

하지만 국내총생산 자료가 연간 데이터여서 해상물동량 추정도 연단위 데이터를 주로 사용했기 때문에 데이터 수가 부족했으며 연구 방식도 모형의 신뢰도를 제고하는 이론적 연구가 다수를 차지하고 있었다.

23) VAR, VECM 등이 있다.

24) 선형회귀모형 등이 있다.

25) 베이지안 모형은 모집단의 크기와 상관없이 추정식을 개발하는 데 유리한 장점이 있어서 데이터의 크기가 작은 경우에 적합한 추정 방식이다.

2010년대 후반부터 AIS 데이터를 활용한 연구가 등장하기 시작했으나 선박의 운항 패턴으로 해상물동량의 교역 패턴을 확인하는 수준이거나 특정 국가의 해상물동량을 추정하는 정도였다. 또한 이 당시 대부분의 연구는 컨테이너선의 해상물동량을 추정하는 연구였다.

이번 연구는 2020년 이후 활발하게 연구되고 있는 AIS 데이터와 선박 제원을 활용해 해상물동량의 추정모형을 개발하는 연구다. 기존 AIS 데이터를 이용한 연구들이 국가 간 교역 패턴을 확인하는 수준에 머물러 있었다면 이번 연구에서는 항만별로 세분화하여 해상물동량을 추정하고 주단위의 해상물동량을 예측하는 데 활용하고자 한다.

AIS 데이터는 국내외 해사안전 분야 연구에서 보편적으로 많이 활용되는 반면에 해운 분야 연구에 활용되는 사례는 부족한 실정이다. 따라서 이번 연구를 통해서 AIS 데이터가 해운 분야에서 광범위하게 사용되는 계기가 될 수 있기를 기대해본다.

국내외에서 AIS 데이터의 활용범위를 확대하여 해운 분야에 적용하는 연구가 최근 활발히 진행 중이나 직접적인 해상물동량을 추정하는 연구는 소수에 그치고 있다. 대부분의 연구에서는 선박의 선종 정보를 이용해 선박의 항로를 분석하고, 이를 교역 패턴으로 이용 가능한지 연구하고 있다.

이는 당시만 하더라도 연구적인 목적만으로 선박 데이터 정보를 구매하는 것에 대한 필요성이 부족했던 시기이며 인터넷에 공개된 정보를 활용하거나 정부와 협업을 통해 얻은 비공개 정보로 몇몇 연구자만 데이터를 접목하고 활용하여 연구를 수행하는 환경이었기 때문이다.

해상물동량 추정식 개발과 관련한 최근 연구 흐름을 살펴보면 아래와 같다. IMF(2019; 2020)²⁶⁾는 입출항 홀수 비율을 이용하여 해상물동량을 계산할 수 있는 추정식을 제안하였으며, 그 결과가 해상물동량 변화를 실시간으로 파악하는 데에 유용함을 보여주었다. 하지만 2019년에 제시한 식에서는 경하배수량을 고려하지 않아 해상물동량 추정 정확도가 크게 떨어졌으며, 2차 연구였던 2020년에 이를 보완하여 제시했다.

Jia, Prakash, and Smith(2019)²⁷⁾는 경하배수량을 고려하기 위해 선박의 방형비척계수를 활용했으며, 역시 입출항 선박의 방형비척계수 차이를 이용해 해상물동량을 추정하는 식을 제안하였다.

이번 연구는 기존의 연구가 제시한 해상물동량 추정식의 한계를 보완하여 다양한 추정식을 개발하고 제안하였다. 선박의 용적 비율을 이용하여 해상물동량의 추정 정확도를 높이하고자 하였다는 점에서 기존의 연구와 차별화되며, 또한 데이터를 보완하는 방법으로 조선 설계에서 활용되는 식을 도입하여 적용하였다는 점도 기존의 식과 차별화된 점이다.

〈표 1-2〉 선행연구 검토 및 차별성

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구 방법	주요 연구내용
국내연구			
주요 선행 연구	- 과제명: 컨테이너 해상물동량 예측 모형 연구 - 연구자(년도): 고병욱 외 (2018) - 연구목적: 세계 컨테이너 항만물동량 예측 모형 제시	- 컨테이너물동량 결정요인 - 베이지안 분석 활용 - 선형회귀방정식 모형과 성능 비교를 통해 제	- 컨테이너물동량 결정요인 - 베이지안 분석을 활용해 물동량 예측에 한계로 들어난 소표본 문제를 해결하고자 함 - 항로별 컨테이너 물동량을 GDP, 수출액, 이자율, 환율 등을 이용해 전망 가능함을 제시함

26) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp. 1-34; Cerdeiro *et al.*(2020), pp.1-44.

27) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp.25-40.

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구 방법	주요 연구내용
주요 선행연구		시 모형의 우수성을 검증함	• 베이저안 모형이 단순 예측 모형에 비해 예측 오차가 감소하는 것을 보임
	2	• 과제명: AIS 기반의 항로표지 통신망 서비스 설계 및 실험 • 연구자(년도): 박인환 외(2010) • 연구목적: AIS 기반 항로표지 정보 구축	• AIS 기반 항로표지 통신망 설계 • AIS망 기반 통합 메시지 처리 시스템 설계 • AIS 통신망으로 관리 및 각종 표지 정보와 기상 정보를 실시간으로 서비스할 수 있는 S/W 설계
	3	• 과제명: 해상물동량의 추정과 예측 • 연구자(년도): 모수원·김창범(2003) • 연구목적: 해상물동량 예측	• ARIMA 모형과 구조적 모형간 예측력 비교 • 시물레이션 • 연도별 우리나라 출하량과 입하량의 실적 교환율, 국내외 경기 영향 분석 • 모형을 구성하는 변수들이 출하량과 입하량에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 분석
	4	• 과제명: AIS 데이터를 활용한 선박의 항적모니터링 기능구현에 관한 연구 • 연구자(년도): 김은경 외(2012) • 연구목적: AIS 데이터를 활용한 선박 항적 모니터링	• 곡률분석 • AIS 데이터 활용 선박의 이상 거동 식별 • 특정 항로에서 벗어나는 선박의 궤적을 분석하여 이상 선박으로 선별함
	5	• 과제명: 개입 승법계절 ARIMA와 인공신경망모형을 이용한 해상운송 물동량의 예측 • 연구자(년도): 김창범(2015) • 연구목적: 해상물동량 예측	• ARIMA 모형 • 인공신경망 모형 • 개입 승법계절 ARIMA 모형을 도입하고 인공신경망 모형과 예측 비교 실험 • ARIMA와 인공신경망 모형 추정을 통해 사후적 예측과 사전적 예측 실시
	6	• 과제명: 선박 AIS정보 응용을 위한 데이터베이스 설계 및 구현 • 연구자(년도): 이서정 외(2010) • 연구목적: AIS 정보 응용을 위한 D/B 설계 및 구현	• AIS 기반 항로표지 통신망 설계 • AIS 통신프로토콜 표준 분석에 따라 AIS 장비에서 PC로 전송 구현 • AIS 정보구조 구현을 위해 정적 정보와 동적 정보로 구별하여 MS-SQL 데이터베이스로 구축
국외연구			
주요 선행	7	• 과제명: Multivariate autoregressive models for forecasting seaborne trade	• 시계열 모형 중 VAR 모형을 활용함 • VAR 모형 구축 후, 10년 뒤까지 예측을 수행함(연단위) • 주요 trade routes의 원유, 철광

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구 방법	주요 연구내용
연구	flows • 연구자(년도): Veenstra, A. W. & H. E. Haralambides(2001) • 연구목적: 해상물동량 예측		석, 곡물, 석탄의 물류 흐름(trade) 예측 • 장기적인 물량 흐름을 추정하는데 다른 모형에 비해 오차가 작다는 결과를 제시함
	8 • 과제명: The complex network of global cargo ship movements • 연구자(년도): Kaluza(2010) • 연구목적: 세계 교역량 패턴 분석	• 중력모형을 활용해 글로벌 무역 패턴을 분석함	• 무역 패턴(교역 패턴)을 확인하기 위해 다층 구조로 되어 있음을 강조함 • 교역 패턴을 구체적으로 추적하기 위해 선종별로 데이터를 구분하여 운항 패턴을 분석함 • AIS 데이터를 활용하여 선박의 항적을 확인하고, 그 결과를 제시함
	9 • 과제명: Are AIS-Based trade volume estimates reliable? The case of crude oil exports • 연구자(년도): Adland <i>et al.</i> (2017) • 연구목적: 해상물동량 예측연구	• 통계분석	• AIS로 추정된 원유 해상물동량이 공식적인 세관 데이터와 전체적으로 일치함을 보여줌 • 세관 데이터에 비해 AIS 데이터를 활용하면 기존의 자료보다 짧은 주기와 세부적인 해상물동량 추정이 가능함을 입증함
	10 • 과제명: An empirical model for estimating berth and sailing times of mega container ships • 연구자(년도): Grida(2018) • 연구목적: 초대형 컨테이너선의 정박시간 추정을 위한 경험식 제안	• 선형회귀분석을 활용함	• 초대형 컨테이너 선박의 접안 및 출항 시간 데이터를 활용해 경험식을 유도함 • 연간 항만물동량과 선박의 정박시간의 관계를 분석하여 정박시간과 항만물동량 간의 상관관계 표시
	11 • 과제명: Forecasting container throughput based on wavelet transforms within a decomposition-ensemble methodology: a case study of China • 연구자(년도): Xie, G., Y. Qian, and H. Yang (2019)	• 인공지능경망 모형 활용 • 항만물동량 데이터의 변동성을 주파수 분석 방법 중 하나인 웨이블릿 변환(wavelet transforms)으로	• 컨테이너 항만의 물동량을 추정하기 위한 연구임 • 컨테이너 항만 데이터의 시계열적 특성과 인공지능 방법론을 활용해 항만물동량을 추정할 수 있는 새로운 모델을 제안함 • 모델을 통해 월단위 항만물동량을 추정함

구 분	선행연구와의 차별성		
	연구목적	연구 방법	주요 연구내용
12	연구목적: 항만물동량 추정 연구	로 해석함	
	- 과제명: Estimating global pattern of LNG supply chain: a port-based approach by vessel movement database - 연구자(년도): Shibasaki, R., K. Kanamoto and T. Suzuki(2020), - 연구목적: LNG 선박의 세계 물동량 추정	- 통계분석 - 알고리즘 개념 구축	- 세계 LNG항의 수입항과 수출항을 크게 구분할 수 있다는 점에 착안하여 해상물동량을 추정하여 그 결과를 제시함 - 선박 재화중량톤수, 총톤수와 AIS 데이터를 활용하여 항의 LNG 수출입량을 추정함
본 연구	- 과제명: AIS 데이터 기반 해상물동량 추정 연구 - 연구자(년도): 황수진(2021) - 목적: 해상물동량 추정 연구	- 문헌조사 - 전문가 인터뷰 - 계량분석 - 모형분석	- 특정 항만의 입출항 선박 자동추출 - 선박 제원을 활용한 해상물동량 예측

자료: 저자 작성

02

AIS 데이터에 기반한 해상물동량 추정모형 개발사례 분석

제1절 개요

제1장 제3절에서는 회귀부터 시계열, 중력모형, 베이지안 등의 전통적인 방법론과 인공지능과 빅데이터 등을 활용해 해상물동량을 추정하는 모형을 다룬 연구 동향에 관해 전반적으로 살펴보았다. 이번 장에서는 새로운 실시간 해상물동량 추정모형을 제안하기에 앞서 주목할 만한 주요 선행연구에 관해 집중적으로 검토한 결과와 그 시사점을 제시하고자 한다.

실시간 해상물동량 추정을 수행하는 대표적인 선행연구는 선박의 입출항 홀수비를 활용한 IMF(2019; 2020) 모형²⁸⁾, 선박의 재화중량톤수를 가공 없이 활용한 재화중량톤수 모형, 재화중량톤수 모형의 가공 형태인 TPC와 방형비척계수 모형²⁹⁾과 같이 총 네 가지 모형을 대표적으로 꼽을 수 있다.

28) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp.1-34.; Cerdeiro *et al.*(2020), pp.1-44.

29) Adland, Jia, & Stranden(2017), pp.657-665.; Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), pp. 143-171.

특히 대표 모형에서 사용하는 주요 데이터인 AIS와 선박 제원 데이터의 역할 및 기능과 해상물동량을 추정하기 위해 사용한 추정식의 변수와 이들의 관계를 표현하는 방식에 관해 깊이 있게 검토하였다.

제2절 모형 개발사례

1. IMF(2019) 모형³⁰⁾

IMF는 2019년 12월에 작업 보고서(Working Paper)를 통해 AIS 데이터를 활용해 지표화함으로써 실시간으로 무역³¹⁾ 활동을 모니터링하고 예측할 수 있는 해상교역 현황지표(Indicators of trade and maritime activity)를 발표하였다. 해상교역 현황지표는 특정항에 입항한 선박의 수를 지표화한 선박통항지표(Cargo number indicator)와 특정항의 해상물동량 변화추이를 보여주는 해상물동량지표(Cargo load indicator)로 구성된다.

1) 선박통항지표(Cargo number indicator)

IMF(2019)³²⁾의 선박통항지표는 일주일 동안 특정항에 입항한 선박의 통항량을 산정한 후, 이를 중심화 이동평균(centered five-term moving average)을 이용해 정량화하여 나타낸 수치를 말한다.

30) Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), pp.1-34.

31) Arslanalp. Marini, and Tumbarello(2019)는 IMF의 작업 보고서상에서 무역을 양방향 물류 흐름이 아닌, 단방향 물류 흐름으로 정의하였다.

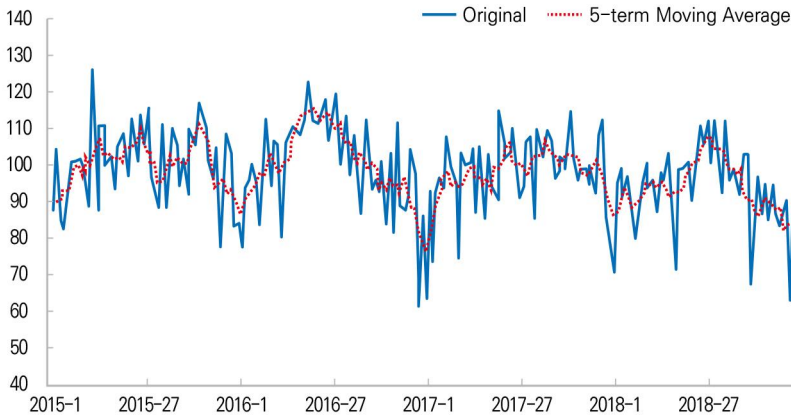
32) Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p. 16.

IMF는 주간 단위로 선박통항량을 산정해서 발생하는 데이터의 불규칙성을 중심화 이동평균을 활용해 제거하였는데, 이는 중심화 이동평균이 주기가 짧아 변동성이 큰 데이터를 평활화하고 추세와 순환 성분을 추정하기 위해 유용하게 사용되는 방법이기 때문이다(박순옥, 2009).³³⁾

〈그림 2-1〉은 IMF가 개발한 선박통항지표를 검증하기 위해 실제 몰타 항³⁴⁾을 특정 대상으로 선정하고 선박통항량을 지표화한 결과를 보여준다. IMF는 선박통항지표를 활용해 2015년부터 2018년까지 몰타항의 선박통항 수가 주간 평균 100척이며, 2분기와 3분기가 선박통항량이 많은 시기임을 파악할 수 있음을 보여줌으로써 선박통항지표의 활용 가능성을 보여 주었다.

〈그림 2-1〉 몰타항의 선박통항지표 추이(2015~2018년)

단위: 선박수



자료: Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p.18

33) 박순옥(2009), p. 53.

34) 몰타는 남유럽에 위치한 섬나라이며, Arslanalp. Marini, and Tumbarello(2019)가 사례 연구를 위해 데이터 확보가 용이한 지역인 몰타항을 선정하고 개발한 지표를 실제 상황에 적용해 지표의 활용 가능성 및 유용성 등을 평가하였다.

2) 해상물동량지표(Cargo load indicator)

해상물동량지표는 IMF(2019)가 해상물동량의 변화추이와 예측을 위해 개발한 지표다.³⁵⁾ 앞서 설명한 선박통항지표가 AIS 데이터의 선박 정보³⁶⁾와 위치 정보³⁷⁾를 이용해 특정항의 선박 통항 흐름을 실시간에 가깝게 파악하고 예측할 수 있도록 설계했다면, 해상물동량지표는 AIS 데이터와 선박의 제원 데이터³⁸⁾를 결합하여 특정항의 해상물동량 변화추이와 예측을 할 수 있도록 고안했으며, 이를 아래와 같이 표현하였다.

$$CWI_t = \sum_i DWT_{i,t} \frac{|d_{i,t}^D - d_{i,t}^A|}{\max(d_i)} \quad [\text{식 2-1}]$$

여기서,

CWI_t 는 해상물동량지표, t 시점 동안 특정항 해상물동량

t 는 일주일(week t)

$DWT_{i,t}$ 는 t 시점 동안 특정항에 i 번째 입항한 선박 재화중량톤수(DWT)

$d_{i,t}^D$ 는 t 시점 동안 특정항에서 i 번째 입항한 선박이 출항(D는 Departure의 약자)하는 시점에서 흘수(d , draft)

35) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), p.16.

36) 선박을 식별할 수 있는 고유 번호를 말하며 예를 들어 IMO 호출번호, MMSI(Maritime Mobile Service Identity) 등이 대표적인 선박 정보에 해당한다.

37) AIS 데이터의 선박 위치 정보란 일반적으로 선박의 좌표정보(경위도)와 선수, 선속 등을 말한다.

38) 선박제원 데이터 정보는 AIS 데이터에 포함되지 않은 정보이며, 선박의 화물 종류, 선형 정보, 재화중량톤수 등의 정보가 이에 해당한다.

$d_{i,t}^A$ 는 t 시점 동안 특정항에 i 번째 입항(A 는 선박의 입항을 나타내는 Arrival의 약자)한 선박의 입항 시점 흘수(d , draft)

$\max(d_i)$ 는 선박 제원 데이터³⁹⁾에서 t 시점 동안 특정항에 i 번째 입항한 선박의 최대 흘수를 말한다.

IMF(2019)는 [식 2-1]을 이용하여 특정항의 해상물동량 추이를 정량화 하여 지표로 나타냈으며, 이때 선박통항지표와 마찬가지로 데이터의 주기가 일주일 단위로 짧아 변동성이 커지게 되면서 발생하는 해석의 한계를 중심화 이동평균을 이용하여 해결하였다. 이 방법은 해상물동량지표의 추세를 파악할 수 있도록 해상물동량지표 추이를 평활화한다(이금희·이한식, 2015).⁴⁰⁾

IMF는 해상물동량지표를 적용한 결과를 <그림 2-2>에서 보여준다. <그림 2-2>는 2015년부터 2018년까지 해상물동량지표를 활용한 몰타항의 해상물동량 추이를 보여주고 있다.

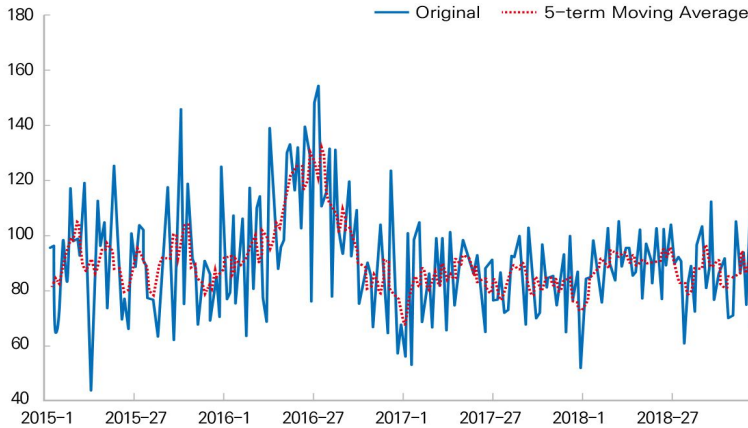
이를 통해 몰타항에 해상물동량이 가장 많이 양하되었던 시점이 2016년 5월부터 8월이었으며, 이후 급격하게 감소하고 있다는 사실을 지표를 통해 확인하였다. 이와 같은 실증분석을 통해 실시간으로 해상물동량 변화추이를 파악하는 데 있어 해상물동량지표의 유용함과 활용 가능성을 확인하였다.

39) 여기서 선박 제원 데이터란 IMF가 자체적으로 확보한 선박의 화물 종류, 선형, 흘수 등의 정보를 말한다.

40) 이금희·이한식(2015), pp. 63~64.

〈그림 2-2〉 몰타항의 해상물동량지표 추이(2015~2018년)

단위: 재화중량톤수



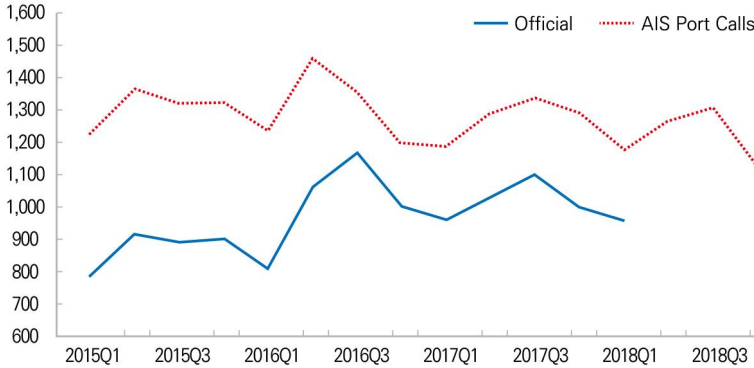
자료: Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p.18

IMF(2019)는 분기별로 몰타항 입항 선박의 공식 통계 데이터⁴¹⁾와 AIS 데이터를 비교했는데 그 결과는 〈그림 2-3〉과 같다. AIS 데이터를 통해 집계된 선박 수가 공식 통계 데이터(몰타항 입항 선박의 수)보다 약 20~30% 초과 집계되는 것이 확인되었으며, 이에 IMF는 향후 품질 향상을 위해 세부 작업이 필요하기는 하나 두 계열 간의 상관관계가 매우 높다(상관계수:0.75)고 밝히며 향후 해운 분야에서 유의미한 데이터로 활용 가능성이 크다는 결론을 보여주었다.⁴²⁾

41) 몰타항 공식 통계 데이터는 NSO(National Statistics Office)에서 집계한다.

42) Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p.19.

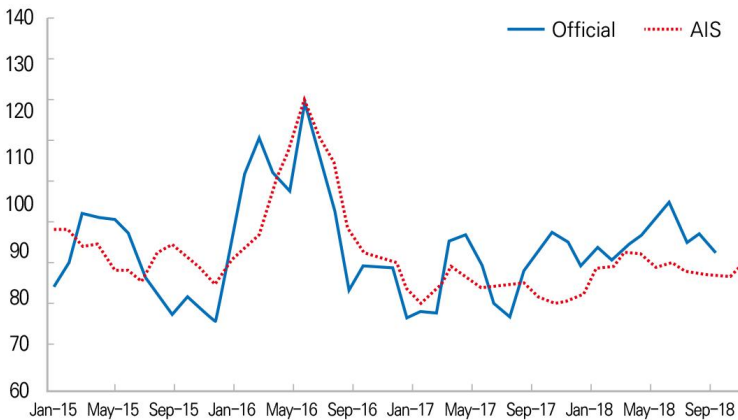
〈그림 2-3〉 분기별 몰타항 입출항 선박 추이 비교(선박통항지표 vs 공식 데이터)



자료: Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p.20

〈그림 2-4〉는 AIS 데이터를 활용해 산정한 해상물동량지표와 공식적으로 발표되는 해상물동량 데이터를 비교한 결과이다. 두 데이터 간의 높은 상관관계(상관계수:0.65)로 인해 해상물동량지표가 향후 실제 몰타항의 해상물동량을 예측하는 데 활용하기에 적합하다는 결론을 제시하였다.

〈그림 2-4〉 몰타항의 해상물동량 추이 비교(해상물동량지표 vs 공식 데이터)



자료: Arslanalp. Marini, & Tumbarello(2019), p.23

2. IMF(2020) 모형⁴³⁾

다음 해인 2020년 5월에 IMF는 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 모니터링하고 예측할 수 있는 보완된 추정식을 개발하고 그 결과를 작업 보고서를 통해 발표했다. 2019년에 IMF가 특정항의 해상물동량 추이를 살펴볼 수 있도록 해상물동량지표를 개발한 결과를 발표했다면 2020년에는 이를 보완하여 해상물동량을 직접 추정할 수 있는 식을 제안하였으며, 이는 [수식 2-2]와 [수식 2-3]이다.

$$mtc_{ob}^{OL_k} = mtc_{ob}^{OL_1} - mtc_{ob}^{OL_2} \quad [\text{식 2-2}]$$

여기서,

$mtc_{ob}^{OL_k}$ 는 t 시간 동안 특정항에 입출항한 선박이 운송한 해상물동량의 총합(단, OL_k 는 k 가 1이면 선박이 입항할 때, k 가 2이면 선박이 출항할 때);

$$mtc_{ob}^{OL} = dwt_i \times \frac{d_{ob} - d_{i,ballast}}{d_{i,max} - d_{i,ballast}} \quad [\text{식 2-3}]$$

여기서,

dwt_i 는 i 번째 입출항한 선박의 재화중량톤수(DWT)

$d_{i,max}$ 는 i 번째 입출항한 선박의 최대 흘수

43) Cerdeiro *et al.*(2020), pp.1-44.

$d_{i,ballast}$ 는 i 번째 입출항한 선박이 경하상태일 때 선박의 홀수

d_{ob} 는 i 번째 선박이 입출항할 때 선박의 홀수를 말한다.

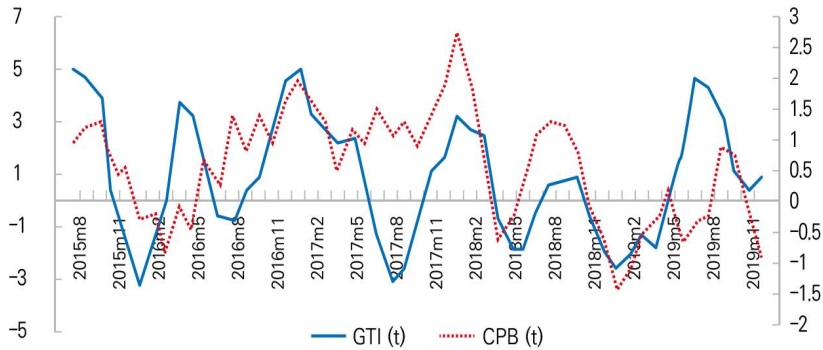
[식 2-3]을 이용하여 [식 2-2]를 계산할 수 있다. 즉 t 시간 동안 실제 해상물동량을 추정하기 위해서는 [식 2-3]을 이용하여 양하항에 입항한 선박과 출항한 선박의 해상물동량을 구한 후, [식 2-2]에 의하여 구하려는 해상물동량 $mtc_{ob}^{OL_k}$ 을 구한다.

IMF(2020)는 기존의 추정식을 개선하고 이를 활용해 해상물동량을 추정한 후 도출된 결과를 계절이동평균필터(Seasonal moving average filters)를 이용하여 평활화하고 이를 지수로 정량화해 지표로 활용하도록 가공하였으며, 이 지표를 GTI(Global Trade Intelligence)라고 정의하였다.

IMF(2020)는 제안한 해상물동량 추정식과 지표가 설계한 의미를 반영하여 결과물을 산출하고 있는지 검증하기 위해 실증분석을 실시하고 그 결과를 공식 데이터⁴⁴⁾와 비교하여 제시하였다. 이때 공식 데이터는 증감률로 변환한 후 두 데이터의 이동 추이를 비교하였다. 그 결과는 <그림 2-5>에서 보여준다. GTI와 수입 또는 수출 해상물동량 증감률 사이의 상관계수는 수입이 0.68, 수출이 0.46으로 나타나, 수입과 비교해 수출의 상관관계가 낮은 것으로 확인되었다.

44) CPB(Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis)의 공식 해상물동량 데이터다.

〈그림 2-5〉 세계 해상물동량 증감 추이 비교(GTI vs 공식 데이터)



자료: Cerdeiro *et al.*(2020), p.27

3. 재화중량톤수 정보를 활용한 해상물동량 추정모형⁴⁵⁾

재화중량톤수 정보를 활용한 해상물동량 추정모형이란 선박의 입출항 정보를 분석한 뒤 각 선박의 제원 데이터에서 재화중량톤수(DWT: Dead Weight Tonnage)를 활용해 해상물동량을 추정하는 방식이다.

재화중량톤수란 선박의 만재배수톤수에서 선박의 경하중량을 제외한 중량이자 선박이 운반할 수 있는 화물의 최대 중량을 의미하며, 일반적으로 건화물선은 만재흘수에 가깝게 화물을 싣고 운항한다고 가정한다. 이 가정에 기초해 재화중량톤수를 이용한 해상물동량을 추정하는데 이를 식으로 표현하면 [식 2-4]와 같다.

45) Adland, Jia, & Strandenes(2017), pp.657-665.; Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), pp. 143-171.

$$Trade\ Volume_t = \sum_i DWT_{i,t} \quad [\text{식 2-4}]$$

여기서,

$Trade\ Volume_t$ 는 t 시점 동안 특정항에 입항 또는 출항한 선박 총 i 척의 해상물동량

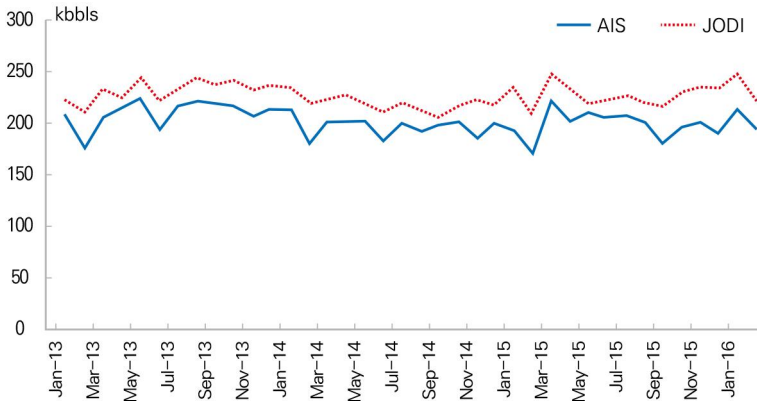
$DWT_{i,t}$ 는 t 시점 동안 특정항에 i 번째 입항한 선박의 재화중량톤수를 말한다.

앞서 설명한 모형의 개념을 이용해 해상물동량을 추정한 선행연구로는 Adland, Jia, and Stranden(2017)과 Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki(2020)가 있다. Adland, Jia, and Stranden(2017)⁴⁶⁾는 원유시장을 대상으로 선박의 재화중량톤수에 기반해 해상물동량을 추정하고, 추정치를 JODI 데이터⁴⁷⁾와 비교함으로써 제안한 모형의 추정식을 검증해 <그림 2-6>과 같이 제시하였다. <그림 2-6>을 보면 데이터의 시간 단위가 월별이며 해상물동량의 단위가 배럴(bbl, Barrel)이다.

46) Adland, Jia, & Stranden(2017), pp.657-665.

47) Oil export data from the Joint Organizations Data Initiative Oil World Database (JODI 2016). JODI is a joint initiative for cooperation on energy market statistics by Eurostat, OPEC, IEA, and other key organizations. JODI 데이터는 Eurostat, OPEC, IEA 등이 참여한 공동 이니셔티브에서 발간하는 세계 원유 데이터다.

〈그림 2-6〉 원유 추정치와 JODI 데이터 비교 결과



자료: Adland, Jia, & Strandenes(2017), p. 662

IMF(2019; 2020)⁴⁸⁾와 같이 이 연구에서도 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하기 때문에 주(weekly) 단위의 변환 처리가 가능하나, 추정 결과의 정확도를 검토하고자 비교 데이터(JODI)와 시간 단위를 월별로 통일하였다. 해상물동량의 데이터 단위도 추정치가 톤(ton), 비교 데이터가 배럴로 서로 일치하지 않아, 추정치의 단위를 배럴로 환산하였다.

그 결과 두 데이터 간에 상관관계가 있으며(상관계수: 0.52), AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정한 결과가 비교 데이터와 유사한 수준이었다. 동 연구결과로 해운 분야에 새로운 데이터(AIS 데이터, 선박 제원 데이터)와 제안한 모형의 활용 가능성을 확인하였다.

다음으로 해상물동량 단위를 연간으로 환산하여, 2013년부터 2015년까지 3년 동안 전 세계 원유 수출국 중 상위 20위 이내의 해상물동량 추정결과와 JODI 데이터와 비교하여 〈그림 2-7〉과 같이 제시하였다.

48) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp.1-34.; Cerdeiro *et al.*(2020), pp.1-44.

〈그림 2-7〉을 보면 해상물동량 추정치와 비교 데이터의 차이는 최소 0.1%⁴⁹⁾에서 최대 657.7%⁵⁰⁾ 평균 31.3%의 차이가 나는데, 선행연구에서는 선박의 통관처리 지연, 원유선의 용도를 저장고로 변경 사용, AIS 데이터 자체의 신고 오류 등이 해상물동량과 추정치 간의 차이를 발생시키는 원인이라고 분석하였다.

〈그림 2-7〉 전 세계 원유 수출국 중 상위 20위 이내의 해상물동량 추정결과(2013~2015년)

Volumes in mbbls	2013			2014			2015		
	AIS	JODI	%diff	AIS	JODI	%diff	AIS	JODI	%diff
Saudi Arabia	2486	2753	-9.7	2326	2592	-10.2	2352	2698	-12.8
Russia	1360	1565	-13.1	1282	1640	-21.8	1393	1787	-22.0
UAE	835	945	-11.7	937	934	0.4	941	468	101.1
Iraq	688	867	-20.7	868	920	-5.7	980	1097	-10.6
Venezuela	667	468	42.8	698	539	29.5	713	530	34.6
Nigeria	584	755	-22.6	729	765	-4.6	709	777	-8.8
Kuwait	663	751	-11.8	672	730	-7.9	681	661	3.0
Angola	591	595	-0.8	572	577	-0.9	598	607	-1.6
Iran	352	606	-42.0	422	506	-16.6	439	496	-11.6
Mexico	417	464	-10.2	410	445	-7.9	413	455	-9.3
Qatar	436	218	99.5	401	217	84.7	406	179	126.5
Norway	206	437	-52.9	373	439	-15.0	339	451	-24.8
Turkey	292	-	-	249	-	-	368	-	-
Oman	271	306	-11.4	280	294	-4.6	307	287	7.0
Egypt	266	35	657.7	253	43	492.4	281	57	396.7
Colombia	245	257	-4.6	267	264	1.2	263	156	68.8
UK	224	224	0.3	234	208	12.6	237	217	9.2
Brazil	133	133	-0.4	189	189	-0.1	228	269	-15.0
Algeria	190	229	-17.0	170	206	-17.5	165	193	-14.7
Neth. Antilles	142	-	-	161	-	-	189	-	-
Total top 20	11,047	11,610	-4.8%	11,493	11,506	-0.1	12,002	11,384	5.4

Top 20 seaborne crude exporters ranked by AIS-derived data.

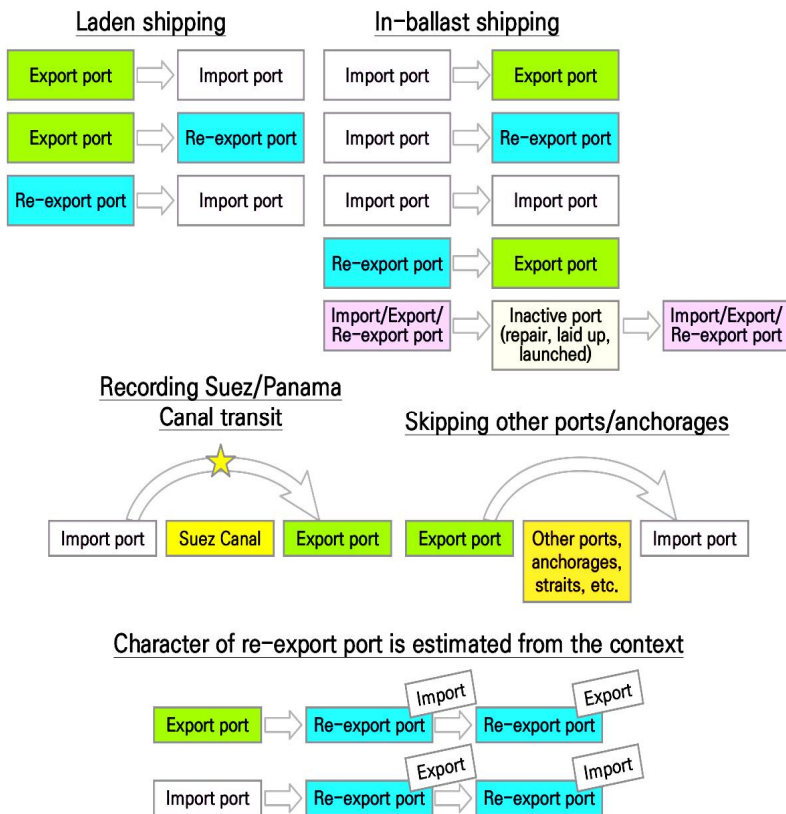
자료: Adland, Jia, & Strandenes(2017), p.661

49) JODI에 의하면 2014년 러시아의 원유 수출량은 16억 4,000만 배럴이었으며, AIS는 12억 8,200만 배럴로 추정했다.

50) JODI에 의하면 2013년 이집트의 원유 수출량은 3,500만 배럴로 집계되었으나, 추정치는 2억 6,600만 배럴로 추정되어 그 차이가 크게 나타났다.

Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki(2020)⁵¹⁾는 AIS 데이터에 기반해 LNG선의 해상물동량을 추정하는 연구를 수행하였다. 선행연구에서는 연구의 특징으로 해상물동량을 추정하기에 앞서 선박의 적재 여부를 <그림 2-8>과 같이 판단한다는 점을 강조한다.

〈그림 2-8〉 입출항 선박 구분 및 적하 계수 산출 과정



자료: Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), p. 147

51) Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), pp. 143-171.

해상물동량을 추정한 결과는 <그림 2-9>와 같다. 추정치와 비교 데이터⁵²⁾의 차이가 평균 15% 이내로 나타났다.

<그림 2-9> 재화중량톤수와 적하계수를 이용한 해상물동량 추정치와 실제 데이터 비교결과

Region	Country	2016					2013				
		Estimated		BP Statistics		(A*B)/C	Estimated		BP Statistics		(A*B)/C
		Thousand ton (A)	Rate of international export (B)	Billion m ³	Corresponding thousand ton (C)		Thousand ton (A)	Rate of international export (B)	Billion m ³	Corresponding thousand ton (C)	
America	Trinidad & Tobago	12,855	100.0%	14.3	11,721	109.7%	16,445	100.0%	19.8	16,230	101.3%
	Peru	4,239	100.0%	5.5	4,508	94.0%	4,982	100.0%	5.6	4,590	108.5%
	US	3,224	100.0%	4.4	3,607	89.4%	138	100.0%	0.1	82	167.9%
	Brazil	647	79.0%	0.6	492	104.0%	556	55.5%	0.0	0	-
Europe	Russia	10,900	100.0%	14.0	11,475	95.0%	11,367	100.0%	14.2	11,639	97.7%
	Norway	4,757	100.0%	6.3	5,164	92.1%	3,286	100.0%	3.8	3,115	105.5%
	Netherlands	753	100.0%	0.7	574	131.2%	287	100.0%	0.2	164	174.8%
	France	1,158	94.1%	1.5	1,230	88.6%	491	100.0%	0.6	492	99.9%
	UK	539	94.0%	0.5	410	123.7%	0	-	-	-	-
	Spain	463	100.0%	0.2	164	282.2%	2,302	93.4%	2.6	2,131	100.9%
	Belgium	815	100.0%				1,062	100.0%			
	Portugal	222	100.0%	1.3 ^{*2}	1,066	103.9%	383	100.0%	1.6 ^{*2}	1,311	110.2%
	Gibraltar	70	100.0%				0	-			
	Cyprus	0	-				0	-			
Africa	Nigeria	19,617	100.0%	23.7	19,426	101.0%	19,007	100.0%	22.4	18,361	103.5%
	Algeria	12,705	100.0%	15.9	13,033	97.5%	13,091	100.0%	14.9	12,213	107.2%
	Equatorial Guinea	3,761	100.0%	4.3	3,525	106.7%	4,395	100.0%	5.1	4,180	105.1%
	Angola	798	100.0%	0.8	656	121.7%	311	100.0%	0.4	328	94.8%
	Egypt	503	100.0%	0.7	574	87.6%	3,312	100.0%	3.7	3,033	109.2%
Middle East	Qatar	84,026	100.0%	104.4	85,574	98.2%	85,230	100.0%	105.6	86,557	98.5%
	Oman	8,832	100.0%	10.6	8,689	101.7%	9,441	100.0%	11.5	9,426	100.2%
	UAE	5,902	97.9%	7.4	6,066	95.2%	5,756	100.0%	7.4	6,066	94.9%
	Yemen	0	-	-	-	-	8,454	100.0%	9.6	7,869	107.4%
Asia & Pacific	Australia	46,603	100.0%	56.8	46,557	100.1%	23,962	100.0%	30.2	24,754	96.8%
	Malaysia	26,242	99.5%	32.1	26,311	99.2%	28,340	99.8%	33.8	27,705	102.1%
	Indonesia	20,940	83.9%	21.2	17,377	101.1%	20,095	92.2%	22.4	18,361	100.9%
	Papua New Guinea	7,994	100.0%	10.4	8,525	93.8%	0	-	-	-	-
	Brunei	6,657	100.0%	8.3	6,803	97.9%	7,885	100.0%	9.5	7,787	101.3%
	South Korea	301	100.0%	0.1	82	366.9%	365	100.0%	-	-	-
	Singapore	283	100.0%				78	100.0%			
	India	139	50.3%	0.3 ^{*1}	246	143.4%	0	-	-	-	-
	Japan	126	0.0%				92	85.1%			
	Total	286,072	98.6%	346.6	284,098	99.3%	271,111	99.2%	325.3	266,639	100.9%

*1: Other Asia Pacific. *2: Other Europe

countries to re-export
countries significantly overestimated (more than 15%)
countries significantly underestimated (more than 15%)

자료: Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), p. 149

52) 비교 데이터로 영국의 에너지기업인 BP(The British Petroleum Company)에서 발간한 데이터를 사용하였다.

4. Cargo Payload 모형⁵³⁾

Jia, Prakash, and Smith(2019)는 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 활용하여 해상물동량을 추정하는 다양한 식을 제안했으며, 이를 Cargo payload 모형이라 한다. 선행연구에서는 총 네 가지 추정식을 제안하였다. 모형의 추정식은 선박의 방형비척계수를 활용한 Variable Lightweight (이하 "VL 모형")와 다중회귀 방법을 이용해 해상물동량을 추정하는 다중회귀식 Reg(no) 등이 있다.

1) Variable Lightweight 모형(VL 모형)

Jia, Prakash, and Smith(2019)는 선박의 방형비척계수를 이용해 해상물동량을 추정하기 위해 설계한 식이며, 이는 [식 2-5]와 같이 표현된다.

$$\pi_v = C_B LB\rho T - C_{BD} LB\rho T_d + DWT_v \quad [\text{식 2-5}]$$

여기서,

π_v 는 특정항에 입출항한 선박 v 의 해상물동량

C_B 는 선박 v 의 방형비척계수

L 은 선박 v 의 길이

B 는 선박 v 의 너비

T 는 선박 v 의 운항 홀수

53) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

ρ 는 해수 밀도;

C_{BD} 는 선박 v 의 계획 방형비척계수;

T_d 는 선박 v 의 설계 흘수;

DWT_v 는 선박 v 의 재화중량톤수를 말한다.

[식 2-6]을 이용하여 [식 2-5]를 계산할 수 있다.

$$C_B = 1 - (1 - C_{BD})\left(\frac{T_d}{T}\right)^{\frac{1}{3}} \quad [\text{식 2-6}]$$

여기서, C_{BD} 는 [식 2-7]로 대체할 수 있다.

$$C_{BD} = LBT_d \quad [\text{식 2-7}]$$

선행연구에서는 건화물선의 경우 [식 2-5]를 [식 2-8]과 같이 정리한 후, $g(x)$ 가 특정 조건을 만족할 때 [식 2-9]와 [식 2-10]의 값을 대입하여 해상물동량을 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \pi_v &= C_B LB \rho T - (C_{BD} LB \rho T_d - DWT_v) \\ &= C_B LB \rho T - g(x) \end{aligned} \quad [\text{식 2-8}]$$

$g(x)$ 는 DWT_v 가 20만DWT보다 크면 [식 2-9]를 이용하여 [식 2-8]로 해상물동량을 추정하고, DWT_v 가 8.5만DWT보다 크지만 20만DWT보다 작은 경우에는 [식 2-10]을 이용하여 해상물동량을 추정하도록 하였다.

$$g(x) = 0.97LBT_d \times 1.05 \times (0.076 - 2.61 \times 10^{-8} \times DWT_v) \quad [\text{식 2-9}]$$

$$g(x) = 0.97LBT_d \times (0.817 - 4.86 \times 10^{-8} \times DWT_v) \quad [\text{식 2-10}]$$

2) Proportional Lightweight 모형(PL 모형)

Jia, Prakash, and Smith(2019)⁵⁴⁾는 선박의 TPC(Ton per cm)를 이용하여 선박의 해상물동량을 추정하는 식도 제안하였는데, TPC는 선박의 평균 흘수를 1cm씩 변화시키는 데 필요한 화물량을 말한다. 선행연구에서는 TPC를 변형하여 선박에 적재된 화물량을 추정하고자 시도했으며 [식 2-11]과 같이 나타난다.

$$\pi_p = 100TPC\rho cT_d \quad [\text{식 2-11}]$$

여기서,

π_p 는 특정 선박의 해상물동량

TPC는 선박의 TPC

ρ 는 해수밀도

54) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

c 는 0.775(선종=케이프선)

T_d 는 선박의 설계 흘수를 말한다.

3) 다중회귀에 기반한 추정식 $Reg_{(no)}$

Jia, Prakash, and Smith(2019)⁵⁵⁾는 선박의 해상물동량을 추정하기 위해 선박 제원 변수 집합 S 의 원소를 다양하게 조합하여 다변량, 즉 다중회귀식을 제안했다.

$$S = \{\text{재화중량톤수, 설계 흘수, 입출항 흘수, 선체길이} \times \text{너비, VLC}\}$$

S 의 부분집합으로 이루어진 총 8종류의 회귀식을 제안하였으며, 이를 Reg_{no} 이라 한다. 이때 $no = 1, 2, \dots, 8$ 이며, 그 결과는 <그림 2-10>, <그림 2-11>과 같다. 선행연구에서는 VIF⁵⁶⁾와 R^2 ⁵⁷⁾을 고려하여 Reg(7)과 Reg(8) 모형을 최종 회귀모형으로 선정했으며, 각각은 [식 2-12]와 [식 2-13]으로 표현된다.

55) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

56) VIF(Variance Inflation Factor)는 다중회귀분석에서 다중공선성을 판단하는 데 활용되는데 다중회귀의 경우 변량 간의 상관관계가 높아 추정결과가 왜곡될 수 있기 때문에 사전에 이를 방지하기 위해 VIF 검사를 실시한다.

57) R^2 은 결정계수라고도 하며 편차 제곱의 합에서 오차 제곱의 합의 비율을 말하며, 0에서 1 사이의 값을 갖는다. 결정계수의 값이 0에 가까울수록 회귀식의 설명력이 낮은 것으로 해석되며, 1에 가까우면 설명력이 큰 것으로 간주한다.

〈그림 2-10〉 재화중량톤수 관계 요소를 고려한 다변량 회귀식 설계 결과

	<i>Model</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
DWT ('000)	0.916 (89.8) [0.000]	0.933 (59.6) [0.000]	0.854 (65.1) [0.000]	0.680 (17.3) [0.000]	0.454 (12.0) [0.000]	0.460 (12.3) [0.000]	0.491 (12.8) [0.000]	0.934 (160.7) [0.000]
Design draught (m)		-0.586 (-1.7) [0.090]	-5.071 (-10.6) [0.000]	-3.823 (-7.4) [0.000]				
Observed draught (m)			7.383 (12.3) [0.000]	7.463 (12.3) [0.000]	6.927 (13.2) [0.000]	6.835 (12.3) [0.000]	6.154 (10.6) [0.000]	
LOA × Beam (m ²)				0.003 (5.2) [0.000]	0.006 (10.9) [0.000]	0.006 (11.2) [0.000]	0.005 (9.8) [0.000]	
VLC								0.0006 (14.8) [0.000]
<i>Country dummies</i>								
Brazil						-0.424 (-0.8) [0.419]	-1.597 (-3.4) [0.001]	
China						0.427 (0.7) [0.477]	-1.012 (-2.0) [0.052]	
India						-9.112 (-4.2) [0.000]	-4.192 (-1.7) [0.085]	
South Africa						5.186 (5.7) [0.000]	5.478 (7.0) [0.000]	

Notes: t-statistics are in parentheses (...), whilst the p-value of each null hypothesis is in square brackets [...].

	<i>Model</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Cargo dummy</i>								
Iron ore							6.548 (7.7) [0.000]	
Constant	3.71 (2.0) [0.043]	11.14 (2.6) [0.011]	-22.98 (-5.1) [0.000]	-53.19 (-6.8) [0.000]	-108.10 (-12.9) [0.000]	-107.84 (-12.6) [0.000]	-99.36 (-11.3) [0.000]	3.44 (1.0) [0.001]
R ²	0.909	0.909	0.947	0.948	0.945	0.946	0.948	0.949
Mean VIF	1.00	3.77	3.57	18.36	12.84	6.22	5.78	1.01

Notes: t-statistics are in parentheses (...), whilst the p-value of each null hypothesis is in square brackets [...].

자료: Jia, Prakash, & Smith(2019), p. 31

(1) Reg(7)

S의 원소를 활용해 설계한 추정식은 [식 2-12]와 같다.

$$\begin{aligned} \pi_{r,i} = & \alpha_0 + \alpha_1 DWT_i + \alpha_2 T_{i,r} + \alpha_3 LB_i + \\ & \Delta_c A_{r,c} + \Omega_n \Theta_{r,n} + \epsilon_i \end{aligned} \quad [\text{식 2-12}]$$

여기서,

$\pi_{r,i}$ 는 r 차 항차에서 입출항한 선박 i 의 해상물동량

DWT_i 는 선박 i 의 재화중량톤수

$T_{i,r}$ 은 r 차 항에서 입출항한 선박 i 의 AIS에 기록되어 있는 홀수

LB_i 는 선박 i 의 길이 L 에 선박 i 의 너비 B 를 곱한 값

$A_{r,c}$ 는 r 차 항에서 입출항한 선박 i 의 접안 항, ($c=1,2,...,5$)

$\Theta_{r,n}$ 은 선박 i 의 화물 종류 ($n=1,2$)를 말한다.

(2) Reg(8)

재화중량톤수와 VL 모형의 값을 독립변수로 설계한 해상물동량 추정식은 [식 2-13]과 같다.

$$\pi_{8,i} = \alpha_0 + \alpha_1 DWT_i + \alpha_2 VLC_i + \epsilon_i \quad [\text{식 2-13}]$$

여기서,

$\pi_{8,i}$ 는 여덟 번째 회귀식으로 추정한 선박 i 의 해상물동량

VLC_i 는 선박 i 를 VL 모형을 이용해 추정한 값을 말한다.

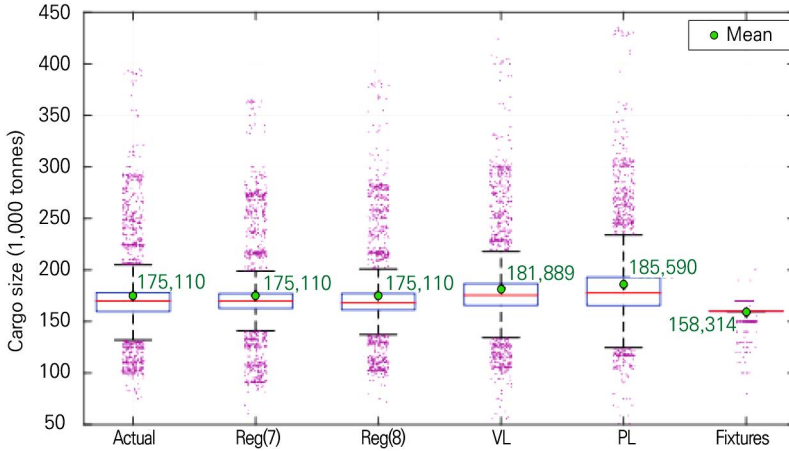
4) Fixtures 모형

Fixtures 모형은 선박 성약 정보를 활용해 해상물동량을 추정했으며, 케이프선 총 2,464척의 화물 크기 데이터를 이용하였다.

Jia, Prakash, and Smith(2019)⁵⁸⁾는 총 5가지 모형(Reg(7), Reg(8), VL 모형, PL 모형, Fixtures 모형)을 선정하고 이를 실제 항만에 적용한 후, 실제 해상물동량 데이터와 비교해 그 결과를 <그림 2-11>과 같이 제시하였다. 그 결과 Reg(7)과 Reg(8) 모형이 좋은 추정결과를 보였으며, 특히 VL 모형의 결과를 변수로 활용한 Reg(8) 모형이 가장 우수한 성능을 보인 반면, VL 모형이 실제 데이터보다 다소 과다 추정(over-estimation)하는 모습을 보였다는 결론을 제시하였다.

58) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

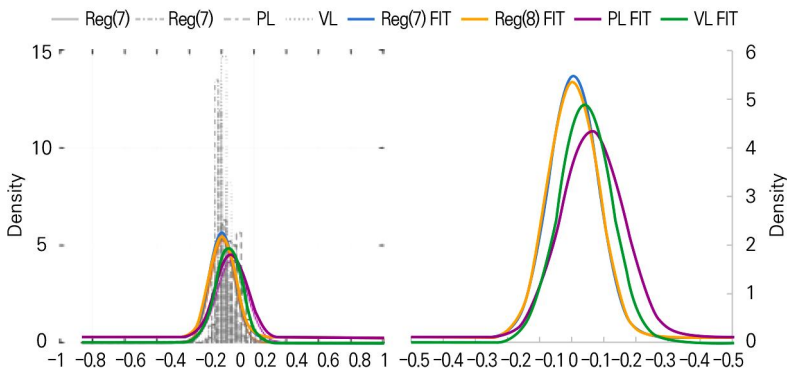
〈그림 2-11〉 Cargo payload 모형의 추정결과 비교



자료: Jia, Prakash, & Smith(2019), p. 36

〈그림 2-12〉는 각 모형의 오차, 잔차와 추정값을 확률밀도함수(Probability density function)로 표현한 결과다. 최종적으로 Reg(8) 모형이 가장 좋은 성능을 보이는 것으로 나타났다.

〈그림 2-12〉 Cargo payload 모형의 추정결과 분포도 비교



자료: Jia, Prakash, & Smith(2019), p. 37

제3절 시사점

이번 장을 통해 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하도록 제안한 주요 선행연구의 모형에 대한 각 구조 및 특징, 실증분석을 통한 적용 결과에 대해 구체적으로 살펴보았다. 앞서 설명한 바와 같이 기존 실시간 해상물동량 추정모형은 선박의 재화중량톤수를 기반으로 추정치의 정확도를 높이기 위해 선박 제원 정보를 추가로 이용하는 것이 일반적이며, 재화중량톤수의 가공 여부에 따라 모형을 아래와 같이 구분할 수 있다.

Adland, Jia, and Stranden(2017)는 자료에 대한 추가 가공 없이 재화중량톤수 자체를 활용하여 해상물동량을 추정하고자 시도하였다. 그 결과 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 결합하여 실시간 해상물동량을 추정할 수 있다는 가능성을 보여주었으나, 원유선을 대상으로 실증분석을 수행하면서 몇 가지 문제점이 발견되었다.

첫째, 추정치의 정확도를 검증하기 위해 사용한 비교 데이터의 단위가 배럴이었기 때문에 해상물동량 추정치의 단위도 톤에서 배럴로 환산해야 하는 단위 변환과정이 추가되었다. 둘째, 선행연구에서도 지적했듯이 원유선의 용도를 저장고로 변경하여 사용하는 경우가 있는데 이런 선종의 특성 때문에 해상물동량 추정치에 오류가 발생할 가능성이 다른 선종보다 컸다는 점이다.

선박의 화물량 추정치의 정확도를 높이기 위해 재화중량톤수를 가공한 연구가 다수를 이루는데, 이는 재화중량톤수가 화물이 최대로 적재된 상태의 화물 중량이라고는 하나, 선박의 연료유, 청수, 선용품 등과 계절, 선주의 계약조건 등에 따라 최대 중량이 변할 수 있기 때문이다.

IMF(2019; 2020)는 재화중량톤수에 입출항 시 선박의 흘수 변화를 이용해 실제 선박의 화물량을 추정하고자 시도하였다. 선박의 입항과 출항 사이에 변한 흘수에 비례해서 양하한 화물량을 추정하는 식을 제안했으나 실제 통계치보다 20~30% 초과 추정되는 것을 확인하였다.⁵⁹⁾ 2020년에는 경하상태의 선박 흘수를 변수로 추가해 추정식을 제안해 앞서 발생한 추정의 오차 범위를 줄인 것을 확인할 수 있다.⁶⁰⁾

Jia, Prakash, and Smith(2019)⁶¹⁾는 선박의 방형비척계수를 이용해 선박의 경하중량을 추정함으로써 선박 적재화물량을 정확히 추정하고, 이를 전제로 해상물동량의 정확도를 높이고자 모형을 설계하였다.

이 연구에서 주목할 점 하나는 해상물동량의 추정 정확도를 높이는 방법으로 재화중량톤수와 함께 AIS 데이터를 활용해 추정된 결과를 변수로 활용해 다변량 회귀식을 개발하고 제안했다는 점이다. 이를 통해 모형의 해상물동량 추정력과 추정치의 일관성을 확보하였다.

주요 선행연구에서 공통으로 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하면 기존 데이터의 한계를 극복하고 시의성, 정시성, 주기성 및 정밀성을 가진 데이터를 얻을 수 있다는 결론을 제시한다.

또한 재화중량톤수만을 이용해 해상물동량을 추정하면 기존의 통계치보다 초과 추정된다는 점을 확인하였으며, 이러한 문제점을 보완하기 위하여 추정식에 경하중량을 고려한 추정식을 세워 해상물동량 추정 정확도를 높이고 있음을 IMF(2019)와 Jia, Prakash, and Smith(2019)⁶²⁾의 선행연구에서 확인하였다.

59) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp. 1-34.

60) Cerdeiro *et al.*(2020), pp. 1-44.

61) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

62) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

03

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형 구축

이번 장에서는 선행연구에서 도출한 시사점을 기반으로 실시간 해상물동량을 추정하는 새로운 모형인 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형을 제안하기 위해 제안 모형에 대한 기본 개념과 체계를 자세히 설명하였다. 개념과 체계의 작동 방식에 관해 설명한 후 실제 선박 데이터를 사용하여 화물이 제안하고자 하는 추정식의 항목별 상관관계를 계산하고 그 결과를 이용해 추정식을 제안하였다.

제1절 해상물동량 추정모형 「AIS-SHIP」의 개발 ———

이번 절에서 먼저 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 개념을 구체화하기 위해서 데이터의 전처리부터 해상물동량을 추정하기까지 일련의 과정을 체계화하여 설명하였다.

1. 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 정의

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형은 최근 해운 분야에서 사용되기 시작한 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 결합해 해상물동량을 실시간에 가깝게 추정할 수 있으며, 특정 국가, 항만, 항의 해상물동량과 국가 간 교역량까지 추정하는 모형이다. 여기서 실시간이란 사용자가 원하는 시점에 원하는 기간의 데이터를 가공하여 이용할 수 있다는 의미로 정의해 해상물동량 데이터를 공시하는 기관에 대한 의존도를 낮추고 시의성과 정밀성을 가진 시황 정보제공 및 분석을 수행할 수 있도록 모형을 통해 데이터를 생성할 수 있도록 설계하였다.

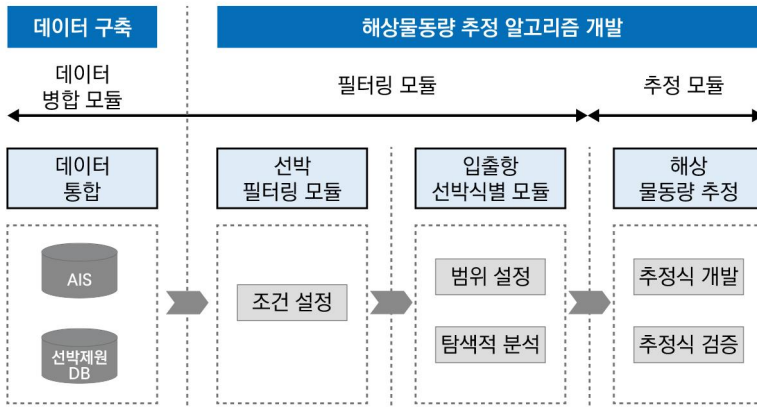
「AIS-SHIP」 모형은 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 활용하여 전 세계 해상물동량을 추정하고 모니터링이 가능하도록 고안된 모형이며, 모형에 대한 개념도는 <그림 3-1>과 같다. 모형은 데이터 병합, 필터링 및 해상물동량 추정 모듈로 구성되어 있으며, 각 모듈에 대한 목적과 기능에 대해 <표 3-1>에서 정리하여 제시하였다.

데이터 전처리 단계에 속하는 데이터 병합 모듈은 데이터의 분석 환경을 조성하는 과정이며, 모형이 사용하는 다양한 데이터를 특정한 기준에 따라 하나의 데이터로 통합함으로써 데이터의 양과 복잡성을 줄여 활용성과 효율성을 높이기 위한 과정이다. 데이터의 중복, 결측치 등을 처리하는 기초 과정도 이 과정에 포함된다. 이 단계를 거쳐 통합된 데이터는 필터링 모듈에서 일차적으로 선종별로 분류되는 과정을 거치게 되는데 해상물동량인 컨테이너, 원유, 건화물은 각각 컨테이너선, 유조선, 건화물선으로 운송되기 때문이다.

통합된 데이터는 선박 DB의 선종 정보를 이용하여 선종별로 분류되며, 이렇게 분류된 선종별 데이터는 필터링 모듈에서 입출항 선박식별 모듈 과정을 거쳐 특정 조건에 따라 입항과 출항 선박으로 구분된다. 항만별로 구분된 입

출항 데이터는 마지막 추정 모듈을 통해 항만별 해상물동량 추정 결과를 보여준다. 각 모듈의 정의와 기능을 <표 3-1>에서 정리하여 설명하였다.

<그림 3-1> 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 개념



자료: 저자 작성

<표 3-1> AIS-SHIP 연계모형 상세

구분	데이터 병합 모듈	데이터 필터링 모듈		추정 모듈
		선박	입출항	
목적	분석 환경 조성	특정 선박 추출	특정 항만에서 선박의 입출항 식별	주기성이 확보된 해상물동량 데이터 생성
방법	특정 기준에 따른 데이터 구축	조건을 설정하여 분석을 원하는 선종, 선형 데이터만 추출	선박의 입출항 특성 파악	AIS 데이터와 선박제원을 활용해 추정식 개발
구성 요소	AIS 데이터 선박 제원 DB	조건 설정	범위 설정 탐색적 분석	추정식 개발 추정식 검증
특징	병합과 같은 간단한 전처리를 포함함	데이터 전처리 1단계	항만, 국가, 기간 설정 가능 데이터를 시각화하여 선박의 입출항 패턴 분석	개발과정에서는 선박의 제원 정보를 활용 예: 재화중량톤수 등

구분	데이터 병합 모듈	데이터 필터링 모듈		추정 모듈
		선박	입출항	
결과물	AIS 데이터와 선박 제원 DB 연결한 통합 데이터	특정 선종, 선형 데이터 추출	주요 항만의 선박 입출항 및 교역 패턴	특정 항만의 해상물동량 주단위, 월단위

자료: 저자 작성

2. 데이터의 구축

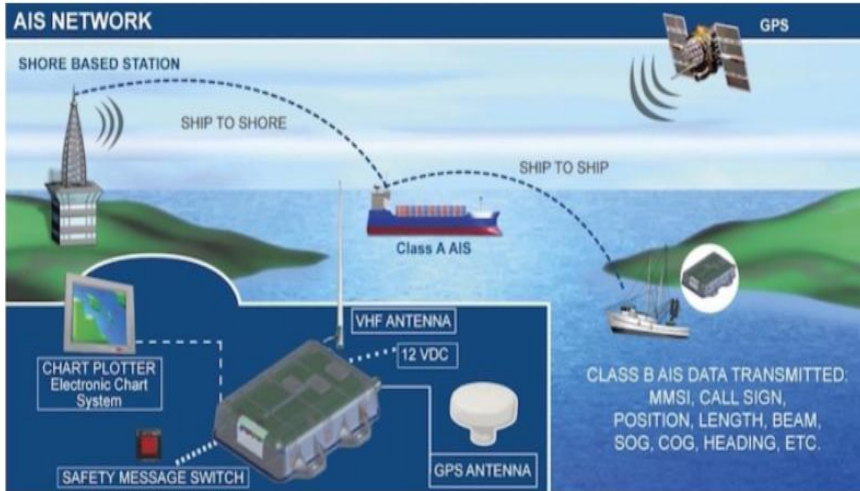
「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형은 독립된 두 종류의 데이터를 이용해 해상물동량을 추정한다. 첫 번째 데이터는 선박의 간단한 제원(선명, 선박 길이, 선박 너비 등)과 위치(경도, 위도, 선속, 선수 방향 등) 정보로 구성된 선박자동식별장치(AIS: Automatic Identification System) 데이터이며, 또 다른 하나는 선박의 상세한 제원 정보(선종, 재화중량톤수 등)로 구성된 선박 제원 데이터다. 이번 연구에서 AIS 데이터는 선박의 위치와 속성을 이용해 교역 패턴을 파악하는 데 활용되며, 선박 제원 데이터는 선박의 설계 요소를 고려한 선형 추정을 통해 선박에 적재된 화물의 양을 추정하는 데 사용된다.

1) AIS

AIS는 항해 장비(Navigational Equipment)로서 해상안전 및 보안 강화를 목적으로 선박의 식별 정보 및 입출항 신고가 자동으로 송수신되도록 개발된 시스템이다. 2002년 7월부터 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)에서 해상인명안전협약(SOLAS: International Convention for the Safety of Life at Sea) 개정을 통해 총톤수 300톤 이상의 국제 항해 종사 및 총톤수 500톤 이상의 국내 항해 종사 선박을 대상으로 AIS의 설치를 의무화하였으며, 이를 배경으로 <그림 3-2>에서

보는 바와 같이 AIS를 통해 선박과 선박, 선박과 육상 간 AIS의 데이터가 자동 송수신되는 환경이 조성되었다.

〈그림 3-2〉 AIS와 선박/육상 간의 통신방식



자료: EU CRIMARIO(검색일: 2021. 6. 5)

AIS는 안테나와 수신기로 구성되어 있으며, 선박에 설치되어 있는 각종 항해 장비(GPS, DGPS, RADAR, GYRO 등)와 AIS의 수신기가 연결되어 자동으로 다른 장비의 정보를 수신받도록 동작하며, 수신받은 정보는 동적 데이터(Dynamic Data)라는 이름과 형태로 기록 및 저장한다. 이때 선장 등을 통해 수기로 입력받은 선명, 선박 출항지, 입항지 등과 같은 정보는 정적 데이터(Static & Voyage Data)의 형태로 저장한다.

2) AIS 데이터

AIS는 선박의 위치 정보 등의 동적(Dynamic) 데이터와 선박의 제원 및 도착 예상 시간 등의 내용으로 구성된 정적(Static) 및 항해(Voyage) 데이

터를 생산하고 송수신한다.

(1) 동적 데이터(Dynamic Data)

동적 데이터는 <표 3-2>와 같이 주로 선박을 식별할 수 있는 선박 고유 정보와 위치를 확인할 수 있는 정보로 구성되며, 이들 정보를 활용하면 특정 선박이 어디를 향해 얼마만큼의 속도로 이동 중인지를 파악할 수 있다.

<표 3-2> AIS 동적 데이터 상세

항목	설명	항목	설명
메시지 ID	식별자	경도	동(+), 서(-) 180°
중계국	메시지 반복 횟수	위도	남(-), 북(+) 90°
사용자 ID	MMSI ID	선수 방향	각도 0-359°
항해상태	선박의 항해상태를 15가지로 구분하여 제시	타임스탬프	세계표준
선회율	분당 회선율	지역사용을 위한 예비	예비
대지속도	Knot 표시	RAIM flag	위치 고정장치의 flag
위치정밀도	높고(1), 낮음(0)으로 표시	통신상태	

자료: 이서정·박인환(2010), pp. 346~347: US COAST GUARD(검색일: 2021. 6. 5)

(2) 정적 데이터(Static Data) 및 항해 데이터(Voyage Data)

정적 데이터는 <표 3-3>과 같이 선박에 대한 간단한 제원 정보와 선박의 목적지 및 도착 예상 시간과 같은 항해 정보로 구성되어 있다. 동 데이터는 수기 입력되어 데이터 자체에 결함이 있거나 누락되는 경우가 많다.

〈표 3-3〉 AIS 정적 및 항해 데이터 상세

항목	설명	항목	설명
메시지 ID	식별자	선종 및 화물 종류	식별자
중계국	메시지 반복 횟수	도착 예상 시간	
사용자 ID	MMSI ID	현재의 최대 흘수	
AIS 버전	초기 버전 여부	목적지	
IMO 번호	IMO에서 부여하는 선박식별 번호		
호출부호	무선통신설비의 고유 식별번호		
선명	선박의 이름		

자료: 이서정·박인환(2010), pp. 346~347: US COAST GUARD(검색일: 2021. 6. 5)

해상물동량을 예측하는 데 필요한 정보인 선종과 화물 종류 항목에 대해서는 〈표 3-4〉와 같이 상세한 정보를 얻을 수 없다. 이는 AIS 데이터 자체가 해운 분야에 활용되기 위해 고안된 항목이 아니기 때문에 이번 연구에서는 해상물동량을 추정하기 위해 좀 더 상세하고 정확한 선박 제원 데이터를 추가로 활용한다.

〈표 3-4〉 AIS의 정적 데이터 중 선박종류 구분 방법

항목	설명	항목	설명
50	Pilot vessel	57	Spare
51	Search and rescue vessel	58	Medical transports
52	Tugs	59	Ships and aircraft of States not parties to an armed conflict
53	Port tenders		
54	Vessels with anti-pollution facilities or equipment		
55	Law enforcement vessels		
56	Spare		

자료: US COAST GUARD(검색일: 2021. 6. 5)

2) 선박 제원 데이터

IHS, Vessel value 등에서 제공하는 선박 제원 정보는 AIS의 정적 데이터 자체가 가지고 있는 결함을 보완하고, 조선 설계 요소를 이용해 해상물동량 추정식을 개발하기 위해 활용하였다.

앞서 설명한 바와 같이 AIS의 정적 데이터는 동적 데이터와는 달리 사용자가 수기 입력하는 방식으로 오류가 많고, 빈번하게 누락되어 활용에 한계가 있다.

원래의 목적이 해상안전 증진에 활용될 목적으로 구성된 데이터이다 보니 해운 분야에서 활용할 정도의 상세한 내용을 포함하지 않기 때문이다. 예를 들어 AIS의 정적 데이터 항목인 선종 및 화물 종류에는 화물, 어선, 여객선, 탱커 등 아홉 종류로만 구분되어 있어 해상물동량을 추정하는 데 활용하기에는 충분하지 않다. 반면 IHS 등의 선박 제원 데이터는 선박 제원과 선종에 대한 정보를 상세하게 포함하고 있어 해운 분야에서 활용하기에 적합하다.

〈표 3-5〉 AIS의 정적 데이터 중 선박 종류 및 화물 타입 상세

항목	설명	항목	설명
0	ALL ship of this type	5	See above
1	Reserved for future use	6	Passenger ships
2	WIG	7	Cargo ships
3	See right column	8	Tankers
4	HSC	9	Other types of ship

자료: US coast guard 홈페이지(검색일: 2021. 6. 5)

〈표 3-6〉은 IHS 등의 데이터 상세 정보를 식별과 제원으로 구분하여 정리한 표이다.

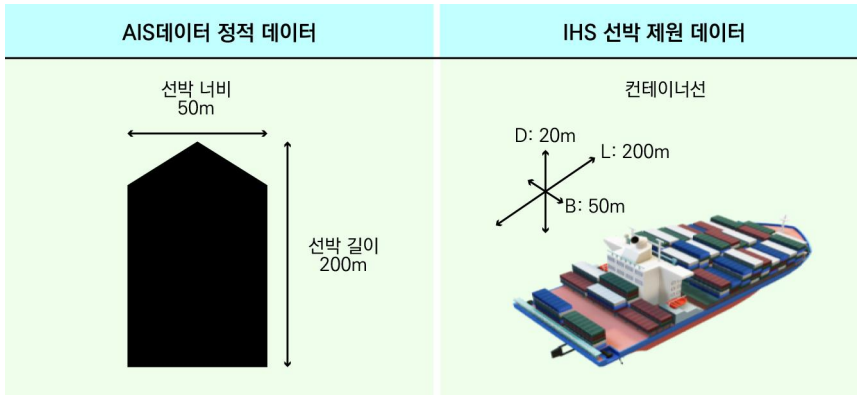
〈표 3-6〉 IHS 선박 제원 항목

항목	상세
선박식별	• 선명, IMO 번호, 호출부호, 화물종류 상세(건화물선, 컨테이너 구분) 등
선박제원	• TEU, 재화중량톤수, 총톤수, 순톤수, 최고속도, 서비스 속도, TPC, 선박 길이, 선박 너비, 흘수 등

자료: 저자 작성

〈그림 3-3〉은 AIS 데이터의 정적 데이터를 활용한 경우와 IHS 등에서 제공하는 선박 제원 정보를 활용했을 때 얻을 수 있는 정보를 시각화하여 제시한 그림이다. AIS 데이터를 활용하는 경우는 선박의 길이, 선박 너비 정도로 간단한 정보만을 추출할 수 있는 것과 달리, 선박 제원 데이터를 추가로 활용하면 선박의 종류, 선박의 흘수 등과 같은 보다 자세한 데이터를 활용할 수 있다.

〈그림 3-3〉 AIS 데이터 및 선박 제원 데이터 활용 결과 비교



자료: 저자 작성

해운 분야에서 활용하기 위해서는 선종 정보가 중요한데 직관적인 이해를 돕기 위해 〈그림 3-4〉와 〈그림 3-5〉를 통해 제시하였다.

〈그림 3-4〉는 AIS 데이터만을 활용한 결과이며, 선박의 상세한 정보를 모르기 때문에 선박의 항적을 파악할 수는 있으나 이를 활용해 해상의 교역 패턴을 추출하기에는 적재화물의 종류, 선종 등의 자세한 선박 제원 정보를 알 수 없어 분석하는 데 한계가 있음을 확인할 수 있다.

〈그림 3-4〉 AIS 데이터의 동적 데이터를 활용한 분석 결과



자료: 저자 작성

반면 〈그림 3-5〉에서 보는 바와 같이 AIS 데이터와 선종 정보가 결합하면 특정 선종의 항적 패턴을 분석할 수 있다. 예시로 컨테이너선 한 척의 항적을 색깔로 표시하였다(●). 자세한 설명은 모형의 필터링 모듈에 대한 부분에서 다루고자 한다.

〈그림 3-5〉 AIS 데이터와 선종 데이터를 병합하여 적용한 분석 결과



주: ▲은 선종 구분 없이 특정 일의 전체 선박 항적, ●은 특정 컨테이너 선박 항적
 자료: 저자 작성

제2절 「AIS-SHIP」 모형의 모듈 설계

이번 절에서는 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 모듈에 관해 설명하고자 한다. 모형은 총 세 가지 모듈(데이터 병합, 필터링, 추정 모듈)로 구성되며, 각각의 모듈에 대한 개념을 정립하고 특히 해상물동량 추정을 위한 모듈 개발에 주안점을 두고자 했다. 먼저 사용되는 데이터인 AIS 데이터와 선박 제원 데이터의 개념과 특징 및 활용 방법을 구체적으로 제시하였다.

1. 데이터 통합 모듈

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형은 특정 국가, 항, 국가 간의 해상물동량

추정을 위해 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 이용한다. 데이터 통합 모듈은 데이터의 활용성과 효율성을 높이기 위해 각각 독립적 형태로 존재하는 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 연계하고 결합해 하나의 데이터로 생성하는 역할을 한다.

모듈은 파일 하나당 용량이 1.5~2GB⁶³⁾ 정도 되는 AIS 데이터에서 유용한 정보만을 추출하고 이를 선박 제원 데이터와 연계, 결합해 데이터의 용량을 줄임으로써 프로그램의 처리 속도를 향상하는 역할을 한다.

독립된 데이터를 통합해 데이터베이스화하기 위해 먼저 진행되어야 하는 단계는 엔티티(Entity)를 정의하는 것이다. 엔티티는 특정 목적을 위해 독립적으로 존재하는 데이터에서 추출해야 하는 항목을 결정하는 과정을 말한다.

엔티티를 정의했다면 각각의 개별 데이터에서 엔티티에 해당하는 항목을 추출하게 된다. 다음으로 수행하게 되는 과정은 필요한 정보의 속성을 정하고 그 기준에 따라 분류하는 속성 정의 단계다. 속성 정의 단계 이후에는 식별자를 선정하고 관계를 설정해 주어야 하는데, 식별자 선정이란 중복 값을 갖지 않는 고유 번호로서 개별 데이터를 연계해주는 항목을 말하며, 일명 고유 키값이라고도 한다.

이 식별자를 이용해 데이터 간의 관계를 정의하게 되는데, 여기서 관계란 식별자 하나에 연계되는 데이터의 개수를 말하며, 이는 함수의 대응과 같은 원리다. 관계의 종류는 일대일(1:1), 일대다(1:N), 다대다(N:N)가 있다. 일반적으로 데이터를 통합하는 과정은 <그림 3-6>과 같다.

63) 전 세계 건축물선의 한 달 치의 AIS 데이터를 기준으로 하였다.

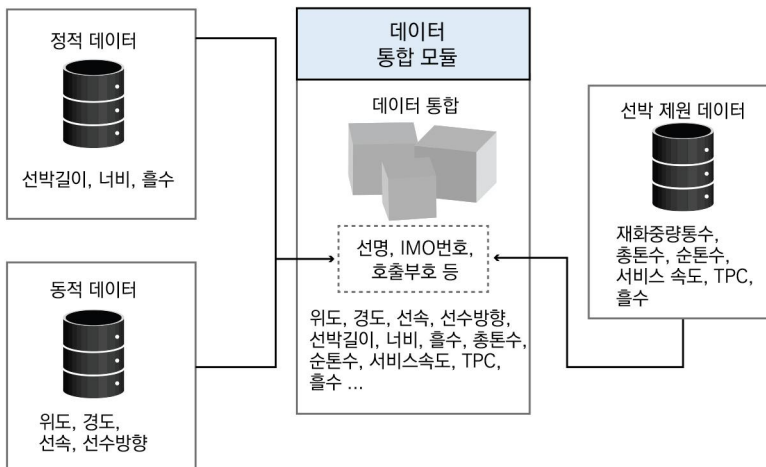
〈그림 3-6〉 데이터 통합의 기본 과정



자료: 저자 작성

〈그림 3-7〉은 앞서 설명한 일반적인 데이터 통합의 기본 과정을 따라 이번 모형의 모듈을 설계한 결과를 보여준다. AIS와 선박 상세 데이터를 연결할 수 있는 식별자, 키값을 지정하고 이를 사용하여 데이터를 통합했으며, 추가로 통합과정에서 중복되는 키값의 요소를 각각 비교하여 오류, 누락 등을 보완하는 모듈의 처리 과정을 보여준다. AIS와 선박 DB를 연계하는 데 사용하는 키값은 주로 선박의 고유정보 중 하나인 MMSI, 선명, IMO 번호, 호출부호 등을 사용하며, 키값을 이용하여 선박 DB와 AIS 데이터를 연결하여 통합한다.

〈그림 3-7〉 데이터 통합 모듈 개념도



자료: 저자 작성

2. 필터링 모듈

(1) 선박 필터링 모듈

선박 필터링 모듈은 데이터 통합 모듈에서 생성된 데이터에서 특정한 선종과 선형 데이터를 추출하는 기능을 한다. 교역 패턴은 선종에 따라 달라지므로 선박 필터링 모듈은 모형 구축에서 중요한 단계다. 예를 들어 주로 철광석을 싣는 선박은 세계 철광석 수출량의 80% 이상을 차지하는 브라질, 호주, 남아프리카공화국에서 철강 주요 생산국인 한국, 중국, 일본 등으로 향하는 패턴을 보인다. 이는 앞서 설명한 선박 항적을 이용해 교역 패턴을 도출하는 데 유용하게 활용된다.

특정 선종과 선형은 다음 기준에 따라 분류하였다. 선박 데이터의 선종 정보를 활용하여 일차적으로 선종별로 데이터를 나누었으며, 선형별로 운송하는 화물이 다르다는 점을 활용하여 재화중량톤수를 기준으로 선형별로 구분하였다. <표 3-7>은 건화물선의 선형을 나누는 기준 정보인 재화중량톤수에 따른 선형별 정보를 보여주고 있다.

〈표 3-7〉 재화중량톤수별 건화물선 선형 구분

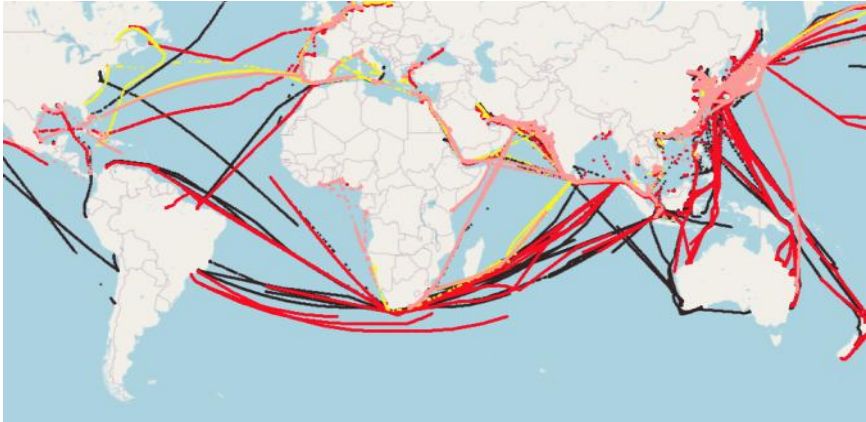
항목	재화중량톤수
케이프선	• 10만DWT 이상
파나막스선	• 7만DWT 이상 99,999DWT 이하
수프라막스선	• 4만DWT 이상 69,999만DWT 이하
핸디선	• 1만DWT 이상 39,999만DWT 이하

자료: Clarksons의 자료를 바탕으로 저자가 작성

〈그림 3-8〉은 특정 컨테이너 2척과 건화물선 2척의 1년 동안의 항적을 지도상에 표시한 결과다. 선박 제원 데이터와 AIS 데이터를 결합하면 선종에 따른 패턴을 추출할 수 있다.

예를 들어 고부가가치 화물을 운송하며 정기선인 컨테이너선의 운항 패턴(그림 3-9 참고)이 부정기선인 건화물선(그림 3-10 참고)과 다른 교역 패턴을 보이는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 3-8〉 AIS 데이터를 활용한 컨테이너선과 건화물선의 운항 패턴 비교



주: ▲, ▲은 각각 특정 건화물 선박 항적, ▲, ▲은 각각 특정 컨테이너 선박 항적
자료: 저자 작성

〈그림 3-9〉 AIS 데이터를 활용한 컨테이너선의 운항 패턴



주: ▲, ▲은 각각 특정 컨테이너 선박 항적
자료: 저자 작성

〈그림 3-10〉 AIS 데이터를 활용한 건화물선의 운항 패턴



주: ▲, ▲은 각각 특정 건화물 선박 항적
자료: 저자 작성

(2) 입출항 선박식별 모듈

선박의 입출항 모듈은 선박의 입항과 출항 시점을 추출하는 단계로 해상 물동량을 추정할 때 그 값에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 과정이다. 앞서 선박 필터링 모듈에서 보여준 바와 같이 선종별 항적을 추출한 후에 선박의 입출항 시점을 파악하며, 이 과정은 두 가지 단계로 세분되어 진행된다.

첫 번째 단계는 해상물동량을 추정하고자 하는 대상 항, 터미널을 중심으로 특정 구역을 설정하는 작업이다. 〈그림 3-11〉은 남아공의 철광석 해상물동량을 추정하기 위해 입출항 선박을 식별하기 위한 선행작업으로 특정 구역을 설정한 모습이다. 구역을 설정한 후에는 선박의 동적 데이터(경위도, 선속, 선수)를 분석하여 선박이 특정 구역에 입항하여 출항할 때까지의 판단 기준을 설정하고 접·이안 여부를 판단한다. 이때 판단 기준은 항만, 터미널의 특징에 따라 달라진다.

〈그림 3-11〉 입출항 선박식별을 위한 특정 구역 설정



자료: 저자 작성

3. 해상물동량 추정 모듈

해상물동량 추정 모듈은 본 연구에서 자체 개발한 추정식을 통해 특정 국가, 항, 국가 간 교역량을 계산한다. 제안하는 추정식은 총 두 가지이며, 각각은 조선공학 관점에서 선박의 설계 요소를 고려하였다. 자세한 사항은 제3절에서 다루고자 한다.

제3절 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정식 개발

이번 절에서는 실시간 해상물동량을 추정하는 식을 제안하기 위해 특정 항만에 실제 입출항한 선박의 재화중량톤수와 흘수, 방형비척계수 등의 추정식의 종속변수로 사용되는 변수 간의 관계를 분석하고 이를 기초로 추정식을 제안하였다.

추정식에 관한 검증은 두 단계에 걸쳐 진행하였는데 이번 절에서는 추정식을 구성하는 항목 간의 관계를 분석하고 이를 통해 실제 선박의 적재 화물량을 추정할 수 있다는 가정을 실제 데이터를 사용하여 계산하여 일차적인 검증을 수행하였다. 이후 제4장에서는 제안한 추정식을 활용해 실제 해상물동량을 추정하는 계산을 수행하였고, 그 결과를 실제 데이터 및 기존 선행연구에서 제안된 식과 비교해 이번 연구를 통해 제안한 식의 유용성 및 활용성을 검증하였다.

1. 추정식 개발 배경

1) 기존 추정모형

실시간 해상물동량 추정식을 설계하기에 앞서 기존의 주요 선행연구를 <표 3-8>에 정리하였다. 실시간으로 해상물동량을 추정하는 선행연구는 공통으로 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 활용하도록 모형을 설계했다. 해상물동량을 추정하기 위해 선박에 적재되어 있는 화물량을 추정하고자 재화중량톤수를 공통 변수로 사용하고 이 외에 흘수, TPC, 방형비척계수를 추가 변수로 활용하여 실제 화물량을 추정하고자 한다.

〈표 3-8〉 기존의 실시간 해상물동량 추정모형

구 분		데이터	종속변수	특징
GTI (2019; 2020)	IMF(2019) ⁶⁴⁾	• AIS • 선박 제원	• 재화중량톤수 • 흘수(최대, 운항⁶⁵⁾)	• 흘수의 비율을 이용해 화물량 추정
	IMF(2020) ⁶⁶⁾		• 재화중량톤수 • 흘수(최대, 경하, 운항)	• 흘수의 비율을 이용해 화물량을 추정
재화 중량 톤수 모형 ⁶⁷⁾ (2017; 2020)	Adland, Jia, and Stranden (2017)		• 재화중량톤수	
	Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki (2020)		• 재화중량톤수 • 적하계수(Load Factor)	• 항별 적하 계수 개발
Cargo payload 모형 ⁶⁸⁾ (2019)	VL 모형		• 방형비적계수(운항, 계획) • 선박의 길이, 너비 • 흘수(운항, 계획)	• 방형비적계수 이용 • 운항 방형비적계수는 흘수의 비율로 추정 • 계획 방형비적계수는 LBD로 단순화하여 계산
	PL 모형		• TPC • 설계흘수 • 선적계수(load factor)	• TPC 이용 • 선박의 선적계수는 케이프선에 한하며, 다른 실험논문의 결과를 인용하여 0.775로 고정
	Reg(7)		• 재화중량톤수 • 선박의 길이, 너비 • 선박의 흘수 • 선박의 화물 종류와 접안항	• 회귀식 • 재화중량톤수, 화물 종류와 접안항을 변수로 활용
	Reg(8)		• 재화중량톤수 • VL 모형 결과	• 회귀식 • VL 모형의 종속변수 데이터가 필요

자료: 저자 작성

2) 기존 추정모형의 한계

재화중량톤수를 가공하여 선박의 화물량 추정치의 정확도를 높이기 위해 시도한 다수의 연구가 진행되었다. 재화중량톤수가 화물이 최대로 적재된 상태의 화물 중량이라고는 하나 선박의 연료유, 청수, 선용품 등과 계절, 선주의 계약조건 등에 따라 최대 중량이 변할 수 있다.

이 연구에서 주목할 점 중 하나는 해상물동량의 추정 정확도를 높이는 방법으로 재화중량톤수와 함께 AIS 데이터를 활용해 추정된 결과를 변수로 활용해 다변량 회귀식을 개발하고 제안했다는 점이다. 이를 통해 모형의 해상물동량 추정력과 추정치의 일관성을 확보하였다.

2. 선박의 주요 요목⁶⁹⁾

해상물동량을 추정하는 식을 개발하는 데 직·간접적으로 활용되는 기본 용어에 관한 개념을 정리하고자 한다. 선박의 주요 요목(Main Particulars)이란 선박의 크기를 나타내는 다양한 요소를 말한다. 선박의 주요 요목의 종류에는 선박의 길이, 너비, 흘수 등의 주요 치수(Principa dimensions)와 선박의 형상을 나타내는 선형계수(Coefficient of fineness), 선박과 선박이 적재하는 화물의 중량 등을 나타내는 톤수가 있다. 다양한 요소 중 이번 연구에서 필요한 용어만 정리하여 그 개념에 대해 다루고자 한다.

64) Arslanalp, Marini, & Tumbarello(2019), pp. 1-34.

65) 운항 흘수란 선박이 특정 항에 입항 또는 출항하는 시점의 흘수를 말한다.

66) Cerdeiro *et al.*(2020), pp. 1-44.

67) Adland, Jia, & Stranden(2017), pp. 657-665; Shibasaki, Kanamoto, & Suzuki(2020), pp. 143-171.

68) Jia, Prakash, & Smith(2019), pp. 25-40.

69) 오정철(2015), 『선체구조학』, p. 56; 김상·이창우·손영길·이수룡(2019), 『선박구조』, pp. 36~54의 내용을 정리하여 저자 작성

1) 선박의 톤수

선박의 톤수란 선박의 중량, 용적 등을 말하며, 그 종류에는 총톤수(GT: Gross Tonnage), 순톤수(NT: Net Tonnage), 배수톤수(Displacement Tonnage) 등이 있으며, 여기에서는 화물의 적재량을 나타내는 배수톤수에 대한 개념을 다루고자 한다.

(1) 재화중량톤수

재화중량톤수(DWT: Dead Weight Tonnage)는 선박이 최대 적재할 수 있는 화물의 중량을 말한다.

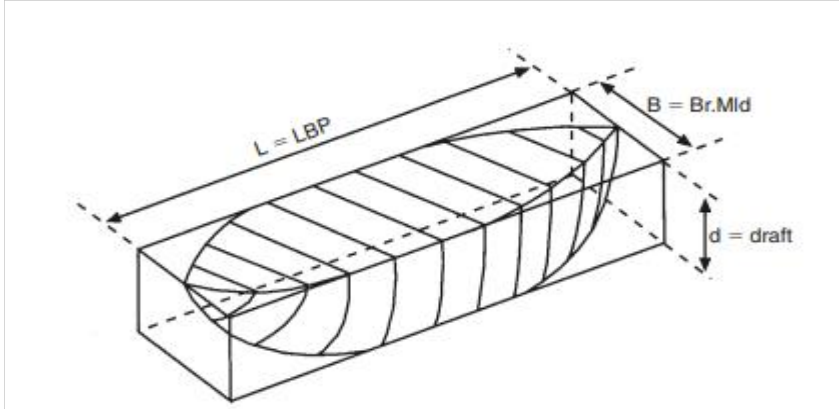
(2) 경화중량톤수

경화중량톤수(LWT: Light Weight Tonnage)는 선박의 선각중량(net hull steel weight), 의장품 중량(Wood and outfit weight), 기관부 중량(Machinery weight)과 기타 마진(Margin)의 합을 말한다.

2) 방형비척계수

선형계수(Coefficient of fitness) 중 선박의 방형비척계수(block coefficient)는 수면하 선체 부피와 그 형체에 인접한 직육면체 용적 간의 비율을 말한다. <그림 3-12>는 선박의 방형비척계수를 나타낸 그림이다. 선박의 방형비척계수란 선박의 형상을 직사각형이라 가정하고 그 비율을 계산해 선박의 실제 용적을 추정하는 데 사용한다.

〈그림 3-12〉 방형비척계수



자료: Barrass & Derrett(2006), p. 63

3. 대상 선박

클락슨에서 제공하는 선박의 재화중량톤수를 나누는 기준을 정리한 내용과 IHS의 선박 제원 데이터 중 건화물선 부분만을 분류하여 선박의 재화중량톤수를 기준으로 분류한 결과는 〈표 3-9〉와 같다.

〈표 3-9〉 재화중량톤수별 건화물선 선형 구분

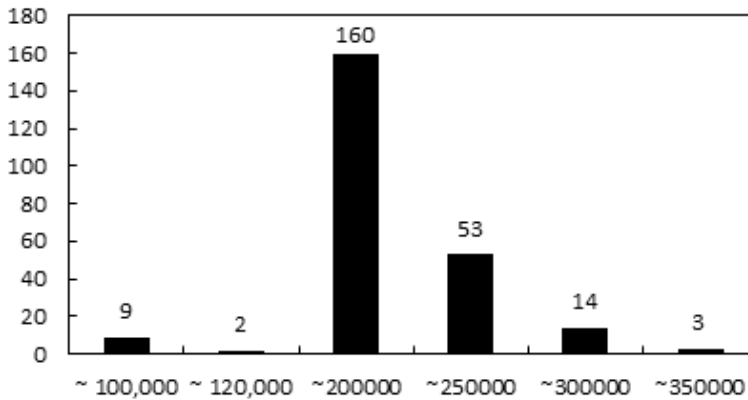
항목	재화중량톤수	선박수	방형비척계수
케이프선	• 10만DWT 이상	1,884척	철광석, 석탄
파나막스선	• 7만DWT 이상 99,999DWT 이하	2,893척	석탄, 곡물
수프라막스선	• 4만DWT 이상 69,999만DWT 이하	3,875척	석탄, 곡물, 마이너벌크
핸디선	• 1만DWT 이상 39,999만DWT 이하	3,889척	마이너벌크

자료: Clarkson's의 자료를 바탕으로 저자가 재작성

이들 선박 중 <그림 3-13>와 같이 남아프리카공화국(이하 '남아공')에 입항한 선박 241척의 실제 데이터를 사용하여 추정식 구성 항목 간의 관계를 분석하고 이를 기초로 선박의 적재 화물량을 계산하여 식을 검증하고 추정식을 제안하였다.

〈그림 3-13〉 남아공 입항 선박의 재화중량톤수

단위: 재화중량톤수는 DWT, 선박 수는 척



자료: 저자 작성

4. 「AIS-SHIP^{No.1}」 모형의 추정식

선박의 입출항 횟수 변화의 차이를 비율로 변환하여 해상물동량을 실시간으로 추정하도록 고안한 추정식을 제안하고자 한다.

실제 선박을 대상으로 특정 항에서 선박의 입출항 횟수와 설계 횟수의 관계성을 분석한 자료에 기초해 해상물동량을 실시간으로 추정할 수 있는 추정식을 제안하였다.

1) 개요

「AIS-SHIP^{No.1}」 모형의 추정식은 선박 흘수에 따른 체적 비율을 이용하여 특정 항만의 해상물동량을 추정하는 방식이다. 선박의 흘수란 수면하의 선체의 높이를 말하며, 선박의 흘수는 적재상태에 따라 변화한다는 점에 착안하여 추정식을 설계하였다.

선박의 흘수는 선박의 체적에 따른 화물량을 계산하는 데 가장 기본이 되는 요소다. 통상 선박의 체적을 알고 있으면 선박 중량은 다음 식으로 구해진다. 선박의 흘수 비율을 이용하면 경하배수중량을 고려한 선박의 화물 적재량 추정이 가능해진다.

2) 추정식

실제 선박 총 241척을 대상으로 선박의 추정식을 제안하기에 앞서 항목 간의 관계를 살펴보았다. <표 3-10>은 남아공 입출항 선박의 재화중량톤수와 추정식을 구성하는 항목의 기초 통계를 보여주고 있다.

<표 3-10> 남아공 입출항 선박의 흘수 통계

단위: 재화중량톤수는 ton, 흘수는 m

항목	재화중량톤수	설계 흘수	입항 흘수	출항 흘수
최소값	80,962	14.43	7.40	5.10
하위 25%	177,814	18.07	10.50	17.90
중위수	180,391	18.22	10.50	18.20
상위 25%	206,204	18.30	10.60	18.30
최대값	327,180	22.10	18.20	21.50
평균	189,192	18.15	10.53	17.65
표준편차	36,244	1.04	0.98	1.93

자료: 저자 작성

〈표 3-11〉과 〈그림 3-14〉는 재화중량톤수와 선박 흘수 간의 상관관계를 분석한 결과를 보여준다. 재화중량톤수와 설계 흘수의 상관계수는 0.8462로 매우 높은 관계가 있음을 보여주는 것으로 나타났으며, 출항 흘수와도 0.4716으로 어느 정도 관계가 있음을 보여준다.

〈표 3-11〉 재화중량톤수와 선박 흘수의 상관관계

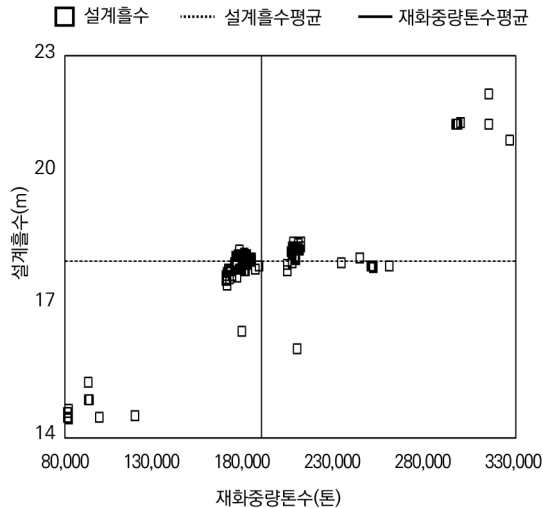
단위: 재화중량톤수는 DWT, 흘수, 전장, 너비는 m

	재화중량톤수	설계 흘수	입항 흘수	출항 흘수
재화중량톤수	1	0.8462	0.2972	0.4716
설계 흘수	-	1	0.3289	0.5426
입항 흘수	-	-	1	0.2774
출항 흘수	-	-	-	1

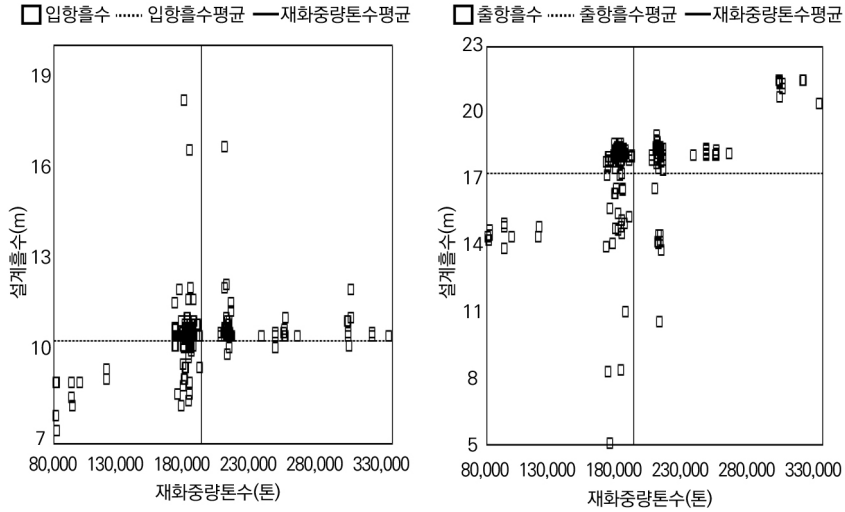
자료: 저자작성

〈그림 3-14〉 재화중량톤수와 흘수의 관계

(a) 재화중량톤수와 선박의 설계 흘수의 상관관계



(b) 재화중량톤수와 입항 흘수의 상관관계 (C) 재화중량톤수와 출항 흘수의 상관관계



자료: 저자 작성

선박의 흘수 간 비율을 고려한 제안식은 다음과 같다.

$$AIS-SHIP_t^{No.1} = \sum_t DWT_{i,t} \times \frac{d_i^{dep} - d_i^{arr}}{d_{i,deg} - d_i^{arr}} \quad [\text{식 3-14}]$$

여기서,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ 은 t 시간 동안의 특정 항의 해상물동량

$DWT_{i,t}$ 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 재화중량톤수

d_i^{dep} 는 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 출항 시 선박의 흘수

d_i^{arr} 는 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 입항 시점의 선박 흘수

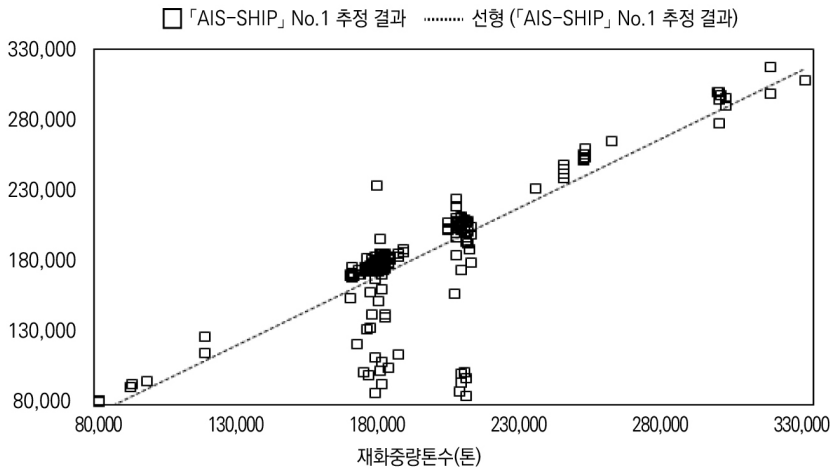
$d_{i,deg}^{arr}$ 는 t 시간에 i 번째 입항한 선박의 설계 흘수

이 방식은 선박이 입항하고 출항할 때 선박의 화물 적재 정도에 따른 비율을 선박 흘수 값 변화를 활용하여 반영할 수 있는 장점이 있다.

3) 추정결과

〈그림 3-15〉는 실제 선박 241척의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP^{No.1}」 추정식을 실제 선박에 적용한 결과의 상관관계를 보여준다. 그 결과 상관계수가 0.8018로 나타났다.

〈그림 3-15〉 실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP^{No.1}」 추정결과 간 상관관계



자료: 저자 작성

5. 「AIS-SHIP^{No.2}」 모형의 추정식

선박의 용적 간 변화의 차이를 비율로 변환하여 해상물동량을 실시간으로 추정하도록 고안된 추정식을 제안하고자 한다. 실제 선박을 대상으로 특정 항에서 선박의 설계, 입항, 출항 방형비척계수의 관계성을 분석한 자료에 기초해 해상물동량을 실시간으로 추정할 수 있는 추정식을 제안하였다.

1) 개요

「AIS-SHIP^{No.2}」모형의 추정식은 선박의 방형비척계수를 이용하여 해상물동량을 추정하며, 선박의 입항, 출항, 설계 용적 비율을 이용하여 선박의 화물 적재량을 추정하도록 설계하였다.

2) 추정식 개발

남아공 입출항 선박을 대상으로 <표 3-12>와 같이 실제 선박 241척의 재화중량톤수와 설계, 입출항 방형비척계수의 기초 통계 분석결과를 제시하였다.

<표 3-12> 남아공 입출항 선박의 방형비척계수 기초 통계

단위: 재화중량톤수는 ton, 방형비척계수는 무차원

항목	재화중량톤수	설계	입항	출항
최소값	80,962	0.60	0.52	0.57
하위 25%	177,814	0.81	0.77	0.81
중위수	180,391	0.83	0.80	0.83
상위 25%	206,204	0.89	0.86	0.89
최대값	327,180	1.30	1.36	1.34
평균	189,192	0.85	0.82	0.85
표준편차	36,244	0.08	0.09	0.08

자료: 저자 작성

〈표 3-13〉과 〈그림 3-16〉은 재화중량톤수와 선박의 방형비척계수 간의 상관관계를 분석한 결과를 보여준다. 방형비척계수 간에 높은 상관관계가 있음을 보여주고 있다.

〈표 3-13〉 재화중량톤수와 선박 흘수의 상관관계

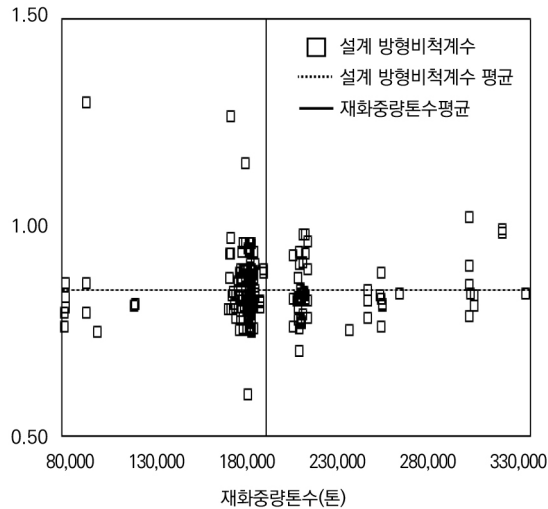
단위: 재화중량톤수는 DWT, 흘수, 전장, 너비는 m

	재화중량톤수	설계	입항	출항
재화중량톤수	1	0.0112	0.0020	0.0086
설계	-	1	0.9982	0.9932
입항	-	-	1	0.9926
출항	-	-	-	1

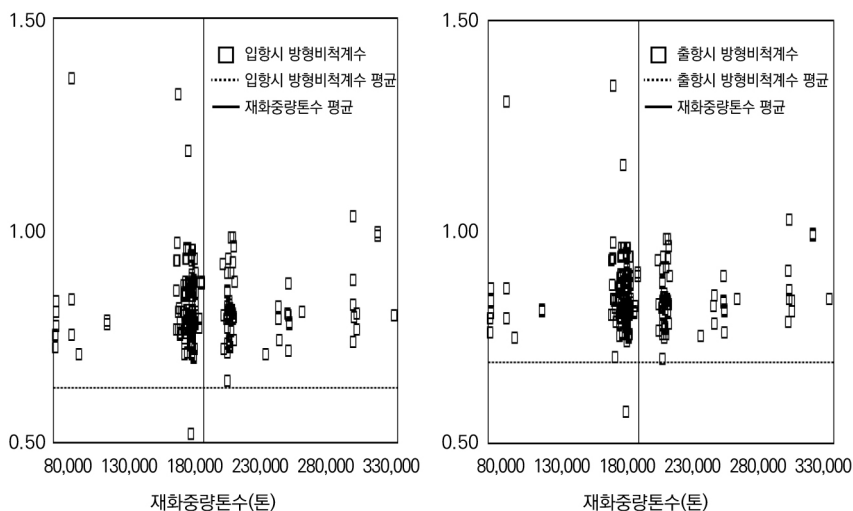
자료: 저자 작성

〈그림 3-16〉 재화중량톤수와 선박의 방형비척계수의 상관관계

(a) 재화중량톤수와 선박의 설계 방형비척계수의 상관관계



(b) 재화중량톤수와 입항방형비척계수의 상관관계 (c) 재화중량톤수와 출항방형비척계수의 상관관계



자료: 저자 작성

선박의 입출항 방형비척계수 간 차이의 비율을 변환하여 선박의 적재량을 추정하고 나아가 해상물동량을 추정하기 위해 제안한 추정식인 「AIS-SHIP^{NO.2}」를 식으로 표현하면 [식 3-15]와 같다.

$$AIS-SHIP_t^{NO.2} = \sum_t DWT_{i,t} \times \frac{|Cb_i^{dep} - Cb_i^{arr}|}{|Cbd_i - Cb_i^{arr}|} \quad [\text{식 3-15}]$$

여기서,

$AIS-SHIP_t^{No.1}$ 은 t 시간 동안 특정 항의 해상물동량

$DWT_{i,t}$ 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 재화중량톤수

Cb_i^{dep} 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 출항 시 방형비척계수

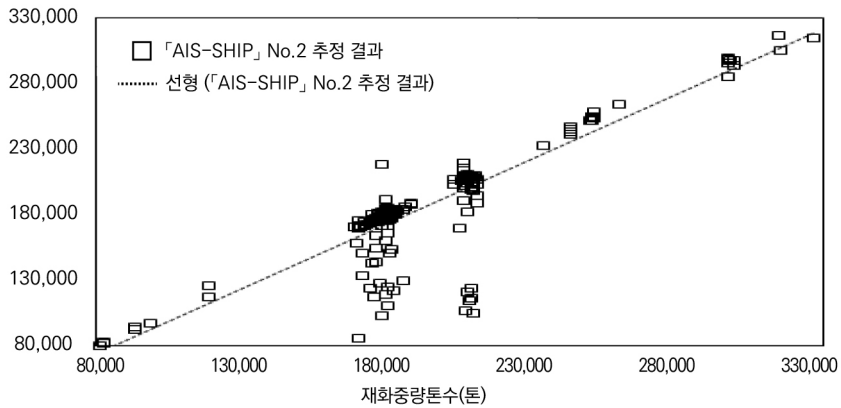
Cb_i^{arr} 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 입항 시 방향비척계수

Cbd_i 는 t 시간에 i 번째 입출항한 선박의 실제 방향비척계를 말한다.

3) 추정결과

〈그림 3-17〉은 남아공 입출항 선박(241척)과 「AIS-SHIP^{No.2}」를 이용해 실제 선박의 적재화물량을 추정한 결과의 관계를 보여주고 있다. 그 결과 상관계수가 0.8643으로 매우 높은 관계가 있는 것으로 나타났다.

〈그림 3-17〉 실제 선박의 재화중량톤수와 「AIS-SHIP^{No.21}」 추정결과 간 상관관계



자료: 저자 작성

제4절 시사점

〈표 3-14〉는 남아공 입출항 선박의 재화중량톤수와 추정식을 이용한 결과를 비교해서 보여주고 있다.

〈표 3-14〉 재화중량톤수와 추정식 결과 비교

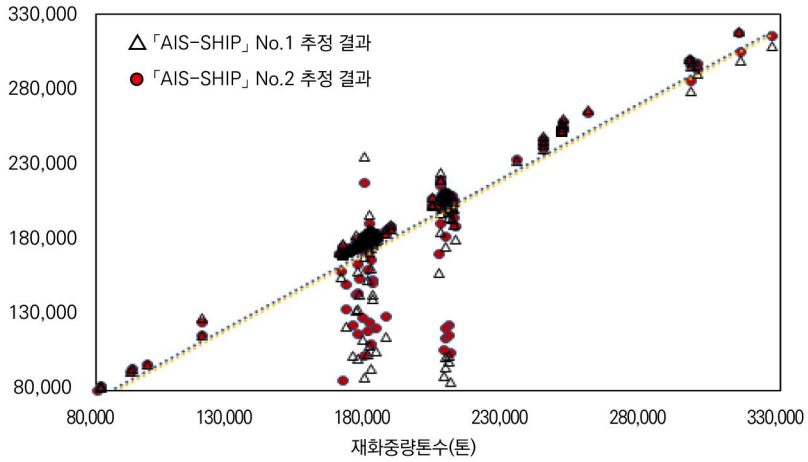
단위: 재화중량톤수는 ton, 흘수는 m, 방형비척계수는 무차원

항목	재화중량톤수	「AIS-SHIP ^{No.1} 」 추정결과	「AIS-SHIP ^{No.2} 」 추정결과
최소값	80,962	51,643	77,374
하위 25%	177,814	175,970	175,916
중위수	180,391	180,485	180,553
상위 25%	206,204	193,801	194,974
최대값	327,180	317,932	316,868
평균	189,192	180,605	182,617
표준편차	36,244	44,575	77,374

자료: 저자 작성

〈그림 3-18〉은 재화중량톤수 대비 추정결과를 비교해서 보여주고 있다. 재화중량톤수와의 상관계수는 「AIS-SHIP^{No.1}」과는 0.8018, 「AIS-SHIP^{No.2}」은 0.8643으로 모두 매우 높은 관계가 있는 것으로 나타났다.

〈그림 3-18〉 재화중량톤수 대비 추정결과의 비교



자료: 저자 작성

04

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정결과

이번 장에서는 제안된 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형을 통해 해상물동량을 추정하고 그 결과를 실제 데이터와 비교함으로써 추정식을 검증하여 모형의 유용성을 확인하고자 한다.

제1절 범위 및 데이터

1. 범위

추정 대상은 건화물선의 대표 화물⁷⁰⁾ 중 하나인 철광석으로 선정하였다. 철광석은 철강의 원재료 중 하나로 제조원가의 절반 이상을 차지하며 철강사는 철광석 가격에 따라 영업이익의 변화가 크며 이로 인해 철광석에 대한 안정적인 원료확보에 심혈을 기울이는 중요한 화물 중 하나다. 또한 국가 기간산업인 한국 철강산업에 미치는 영향력이 커 이번 연구의 분석대상으로 선정하였다.

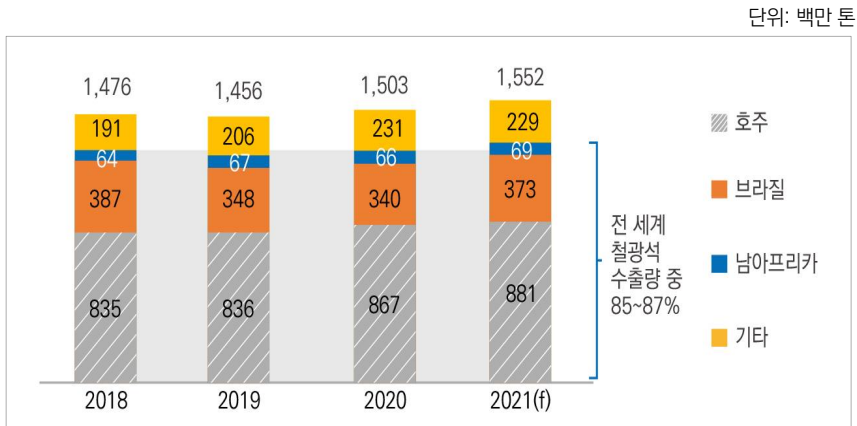
70) 건화물선 화물은 대표적으로 철광석, 석탄, 곡물, 보크사이트, 인광석을 말하며, 이를 5대 건화물이라고 한다.

2. 자료

1) 해상물동량 데이터

철광석은 <그림 4-1>에서 보는 바와 같이 주요 수출국이 호주, 브라질, 남아공 3개국으로 명확하며, 전 세계 철광석 수출량의 85~87%를 차지한다. 철광석은 원료탄과 마찬가지로 철강을 생산하는 원재료이며, 우리나라 제철소는 철광석과 원료탄의 대부분을 수입에 의존해 사용하고 있다.

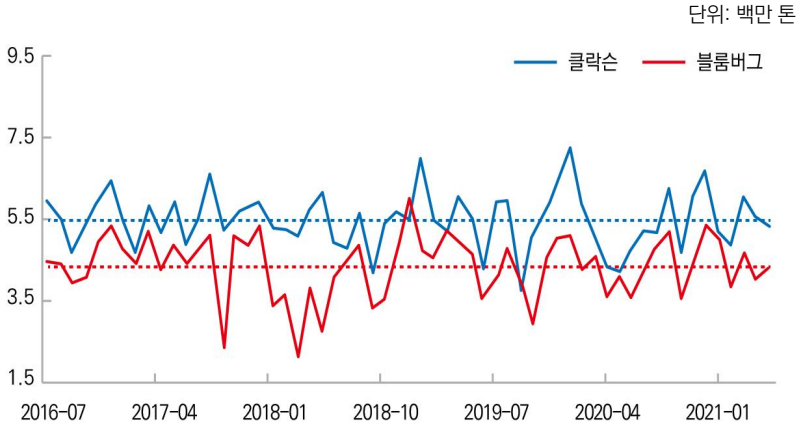
<그림 4-1> 철광석 해상물동량(주요 수출국)



자료: 저자 작성

철광석 해상물동량 데이터를 공표하는 기관은 클락슨, 드류리, 블룸버그 등이며, 기관별로 발표하는 데이터 간의 차이가 존재한다. <그림 4-2>는 두 기관이 발표한 같은 기간 남아공 해상물동량 데이터 간의 차이를 보여 준다. 클락슨에서 제공하는 데이터가 블룸버그에서 제공하는 데이터보다 수치가 큰 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4-2〉 기관별 철광석 해상물동량



자료: 저자 작성

2) AIS 데이터

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 실증분석에서 사용한 데이터는 앞서 자세히 설명한 바와 같이 AIS 데이터와 선박 제원 데이터이며, 2020년 7월부터 2021년 5월까지의 AIS 데이터를 사용하였다.

제2절 해운 현황 분석결과

1. 분석 결과

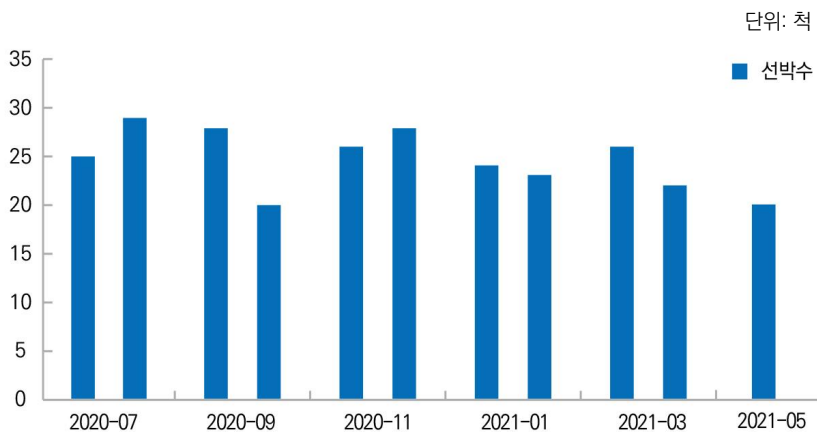
1) 대상 선박 상세 및 특징

AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 통합한 데이터 분석을 통해 특정 선박의

입항 횟수, 크기 등을 분석하고 이를 활용해 해운에 의미 있는 정보를 도출할 수 있었다. 케이프선은 재화중량톤수 10만DWT 이상의 선박을 말하며, 주로 철광석, 원료탄과 같은 원자재를 수송한다. <그림 4-3>과 <그림 4-4>, <표 4-1>은 11개월 동안(2020. 7~2021. 5) 남아공의 철광석 수출항에 입항한 선박의 재화중량톤수를 각각 히스토그램과 표로 나타낸 결과다.

선박의 18%가 철광석을 운송하기 위해 2회 이상 남아공의 철광석 수출항에 입항한 것으로 나타났다(그림 4-4 참고). <표 4-1>에서 보는 바와 같이 입항 횟수가 2회 이상인 선박일수록 선박의 사이즈가 큰(재화중량톤수 12만DWT 이상) 것을 확인할 수 있다.

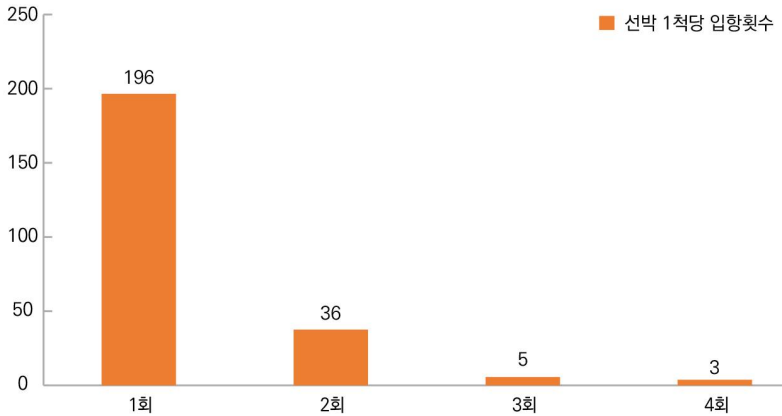
<그림 4-3> 남아공 월별 입항 선박 수



자료: 저자 작성

〈그림 4-4〉 남아공에 입항한 선박의 입항 횟수

단위: 입항 횟수는 회, 선박 수는 척



자료: 저자 작성

〈표 4-1〉 남아공에 입항한 선박의 입항 횟수 별 재화중량톤수

단위: 재화중량톤수는 DWT, 입항 횟수는 회, 해당 선박 수는 척

구분	입항 횟수				재화중량 톤수별 합계	상대 도수	누적 도수
	1회	2회	3회	4회			
85,000 ~100,000	8	1	0	0	9	0.04	
~120,000	1	1	0	0	2	0.01	0.05
~200,000	134	21	4	1	160	0.66	0.71
~250,000	44	8	0	1	53	0.22	0.93
~300,000	8	4	1	1	14	0.06	0.99
~350,000	2	1	0	0	3	0.01	1.00
입항 횟수별 합계	197	35	5	3	421	1.00	
상대도수	0.82	0.15	0.02	0.01	1.00		
누적도수		0.97	0.99	1.00			

자료: 저자 작성

2) AIS 데이터를 이용한 해상물동량 교역 패턴 분석

국가별 해상물동량과 국가 간 해상교역량을 추정하기에 앞서 선박의 운항 패턴 분석이 시행되어야 한다. 이번 연구에서 출발지(Origin)는 철광석 수출국, 도착지(Destination)는 철광석 수입국으로 정하였으며, 철광석 해상물동량 분석을 위하여 항로별 선박 OD_{ship} 를 식으로 표현하면 아래와 같다.

$$OD_{ship}^t = \begin{bmatrix} ship_{11} & \dots & ship_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ ship_{n1} & \dots & ship_{nm} \end{bmatrix} \quad [\text{식 4-1}]$$

$$ship_{nm}^t = \sum_{n=1}^{d_{ij}} ship_m \quad [\text{식 4-2}]$$

OD pair는 $c_i \rightarrow c_j$ 로 이루어져 있다고 가정하며, 여기서 c_i 는 철광석 수출국, c_j 는 철광석 수입국이다. d_{ij} 는 철광석 운송 항차 수이자 한 항차의 c_i 와 c_j 는 같지 않다는 조건을 갖는다. n 은 OD pair 수, $ship_{nm}^t$ 는 특정 기간 t 시점에서 모든 항로를 통행한 선박의 수를 말한다. $ship_m$ 는 특정 기간 t 시점에서 건화물선 한 항로를 통행한 선박 수를 의미한다.

건화물선의 11개월 동안(2020. 7~2021. 5)의 운항항로를 분석해 보면 <그림 4-5>와 같이 나타난다. <그림 4-6>은 일반적으로 알려진 건화물선의 교역 패턴이다. 실제 선박의 패턴이 주요 철광석 교역 패턴과 유사한 것을 확인할 수 있다.

주요 수출국(호주, 브라질, 남아공)에서 수출하는 철광석이 전 세계 해상 물동량의 85~87%를 차지하며, 분석 결과에서도 호주, 브라질, 남아공에서 극동아시아로 향하는 선박이 많은 것으로 나타난다. <표 4-2>는 남아공에서 다른 국가로 향하는 선박의 수다.

<그림 4-5> 건화물선 항로(2020. 7~2021. 5)



자료: 저자 작성

<그림 4-6> 건화물선 철광석 무역 패턴

GLOBAL IRON ORE PRODUCTION 2012: 1800MT
GLOBAL SEABORNE TRADE: 1170MT (140MT PELLETS)



자료: LKAB(검색일: 2021. 6. 8)

〈표 4-2〉 남아공 출발 철광석 수입지 도착 건화물선 선박 수(2020. 6~2021. 6)

단위: 선박 수는 척

	Saudi Arabia	China	Indonesia	India	Arab Emirates	Japan	Korea	Bahad	Taiwan	Malaysia	Australia	Netherlands	South Africa	Singapore
2020.7	1	13	1	0	1	0	2	0	1	1	0	0	3	0
2020.8	0	14	1	8	0	1	0	0	0	0	1	1	3	0
2020.9	0	12	0	6	0	1	1	2	1	1	0	1	3	0
2020.10	0	8	1	5	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0
2020.11	0	12	1	5	1	1	0	1	0	0	0	0	3	0
2020.12	0	8	0	6	1	2	1	1	0	0	0	1	5	1
2021.1	0	6	0	8	0	0	1	1	1	0	0	1	3	0
2021.2	0	10	0	4	0	2	1	1	0	1	0	0	2	1
2021.3	0	13	0	5	0	1	1	0	0	0	0	1	4	0
2021.4	0	3	2	9	1	0	1	0	1	1	1	0	2	1
2021.5	1	9	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	3	1

자료: 저자 작성

제3절 해상물동량 추정결과

이번 절에서는 본 연구를 통해 구축한 두 가지 「AIS-SHIP」 모형의 유효성과 추정한 해상물동량 데이터의 유용성 및 활용성을 검증하고자 기존의 선행연구에서 제시된 GTI, 재화중량톤수 모형, Cargo payload 모형별(이하 ‘기준모형’) 성능을 검증하고 그 결과를 비교하여 제시하였다.

2014년 UN 유럽경제위원회(UNECE: United Nations Economic Commission for Europe) 통계정보 시스템 관리 전문가가 제안한 기준을 활용하여 추정치 품질을 판단하는 기준으로 활용하였다.

UNECE에서 제시한 권고자료에서는 데이터의 처리 단계를 수집, 가공, 산출의 3단계로 구분하고 단계별 평가 기준을 제시하는데, 이 중 산출 단계의 기준인 정확도(Accuracy and selectivity)⁷¹⁾, 타당성(Validity)⁷²⁾, 시간 관련 요소(Time-related factors)⁷³⁾⁷⁴⁾와 여기에 정밀성⁷⁵⁾을 추가하여 모형 추정치의 유용성과 활용성을 평가하였다.

모형 추정치의 품질을 검증하기 위해 수행한 과정은 다음과 같다. 먼저 본 연구에서 제안한 「AIS-SHIP」 모형을 포함하여 2장에서 소개한 모형들을 항만에 적용해 해상물동량을 계산하였다. 이후 각 모형의 추정 결과와 실제 데이터(클락슨, 블룸버그)를 비율, 증감률 등 형태로 변환하거나 그래프로 나타내어 비교 분석하였다. 이 과정에서 데이터 간 비교를 위해서 모형 추정치와 실제 데이터 단위를 통일하는 작업을 수행하였는데, 이는 실제

71) 표준오차, 편향 등 다양한 정확성 측정법을 이용하여 모형의 추정치가 실제 데이터를 잘 반영하거나 추정하고 있는지 정도를 말한다.

72) 유용성 또는 유사 지표와의 상관관계로 구할 수 있다.

73) 시의성과 주기성이란 추정치, 데이터가 필요한 시점, 적시에 제공될 수 있는지를 말한다.

74) 진재현·고금지(2016), p. 110~121; UNECE(2014), pp.1~32. 재인용

75) 정밀성(Precision)이란 추정치가 어느 정도 상세한 정보를 제공할 수 있는지를 말한다.

데이터가 월간과 연간 단위로만 공표되기 때문이다.

앞서 추정의 정확도를 통해 검증된 모형의 추정치를 다양한 주기로 변환하고 공표되지 않은 시점의 데이터를 추정한 결과를 제시함으로써 모형을 통해 추정된 해상물동량 추정치가 시간 관련 요소인 시의성 및 주기성을 확보할 가능성이 있음을 보여주었다.

최종적으로 추정치를 가공하여 주간 해상물동량과 교역량⁷⁶⁾을 보여줌으로써 모형의 추정치가 정밀성을 확보하고 있으며, 제안한 모형이 설계의 목적에 맞게 최소 초 단위로 생성되는 AIS 데이터의 특성을 활용해 해상물동량을 추정하고 있음을 보여줌으로써 기존의 해상물동량 데이터보다 비교적 시의성과 정밀성이 확보된 데이터를 생성하고 제공할 가능성이 있음을 보여주고자 하였다.

1. 「AIS-SHIP」 모형의 추정결과

1) 「AIS-SHIP^{No.1}」에 기반한 해상물동량 추정결과

(1) 해상물동량 추정결과

선박의 흘수 비율을 활용해 해상물동량을 추정하는 방식인 「AIS-SHIP^{No.1}」 모형을 이용하여 남아공의 해상물동량을 추정하였다.

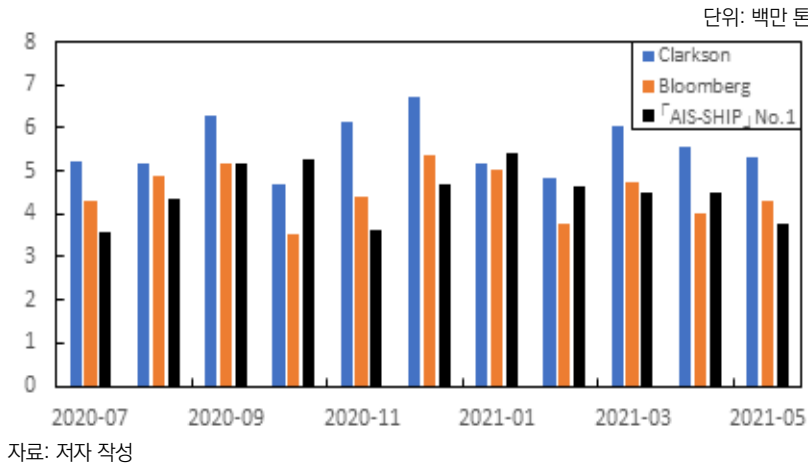
「AIS-SHIP^{No.1}」모형을 활용해 2020년 7월부터 2021년 5월까지 남아공의 해상물동량을 추정하고 그 결과를 실제 데이터인 클락슨, 블룸버그와 비교해 모형 추정의 정확도를 보여주었다.

76) IMF(2019; 2020)와 같이 양방향의 해상물동량의 총합이 아닌 단방향(선적지에서 양하지로 또는 양하지에서 선적지)의 해상물동량을 말한다.

모형은 AIS 데이터를 활용하기 때문에 전처리를 통해 최소 초 단위의 시간과 공간정보를 추출할 수 있어 추정치의 단위를 일간(daily), 주간(weekly), 월간(monthly), 연간(yearly)으로 변환할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 다양한 데이터와 비교를 통해 모형의 추정 정확도를 평가하기 위해서는 상대적으로 저빈도인 클락슨 데이터의 단위를 기준으로 추정치와 블룸버그 데이터의 단위를 통일하는 작업을 진행하였는데 이는 사용한 클락슨 데이터의 생성 주기가 최소 월 단위이기 때문이다.

모형을 통해 해상물동량을 추정하고 단위를 변환한 결과는 <그림 4-7>과 같다. 추정치가 전체적으로 실제 데이터와 유사한 패턴을 보여주고 있음을 확인하였다. 수치상으로도 모형을 이용해 추정한 월평균⁷⁷⁾ 해상물동량은 449만 톤이며 최소 358만 톤에서 최대 540만 톤까지 변화하는 것으로 나타났다.

<그림 4-7> 「AIS-SHIP^{NO.1}」의 남아공 월별 해상물동량 추정치와 데이터 간 비교

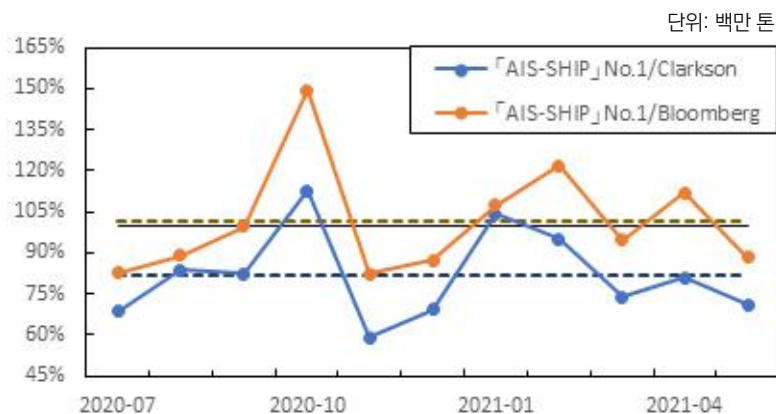


77) 2020년 7월부터 2021년 5월까지 11개월 동안의 월평균이다.

「AIS-SHIP^{NO.1}」에 기반한 모형의 추정 정확도를 수치상으로 평가하기 위해 비교 데이터인 클락슨과 블룸버그의 해상물동량 데이터 대비 추정치의 비율을 <그림 4-8>과 같이 나타내었다.

클락슨에서 제공하는 월별 해상물동량과 비교해 그 값이 작게 추정되지 만, 블룸버그에서 제공하는 데이터와는 그 차이가 크지 않음을 확인하였다. 두 데이터 간 비율이(클락슨 데이터 대비 블룸버그 데이터) 79.5%⁷⁸⁾라는 점을 고려한다면 모형의 추정 정확도가 비교적 높은 편인 것으로 판단된다.

<그림 4-8> 실제 데이터 대비 「AIS-SHIP^{NO.1}」의 추정결과 비율

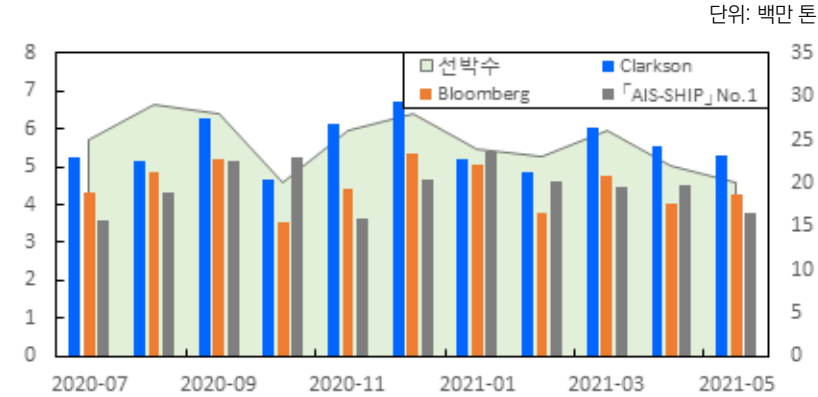


자료: 저자 작성

<그림 4-9>는 남아공의 월평균 선박 통항량 변화와 데이터 간의 변화 추이를 비교한 결과를 나타낸다. 선박 통항량의 증가와 감소 시점에서 추정값도 대체로 유사한 패턴을 보였다.

78) 동일 기간(2016년 7월부터 2021년 7월까지)의 블룸버그와 클락슨에서 제공하는 월평균 남아공 해상물 동량을 연평균으로 변환한 후 비교한 결과, 블룸버그(435만 톤)에서 제공하는 해상물동량이 클락슨 (547만 톤)의 79.5% 수준임을 확인하였다.

〈그림 4-9〉 남아공 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교



자료: 저자 작성

「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형을 이용해 남아공 해상물동량을 추정하고 실제 데이터와 비교한 결과를 정리하면 〈표 4-3〉과 같다.

〈표 4-3〉 결과 종합

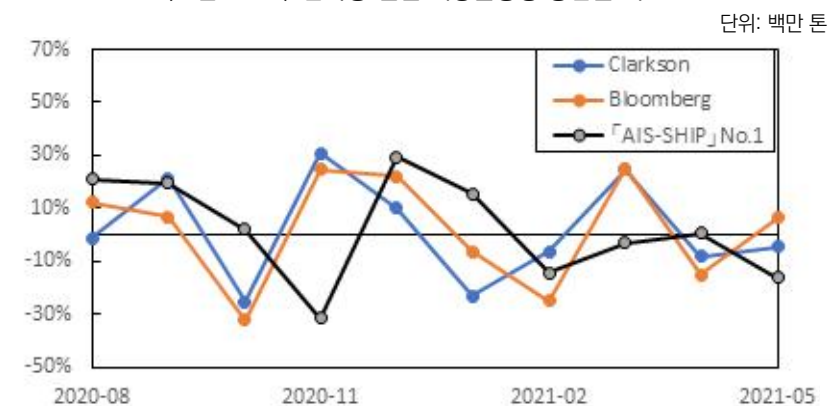
단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	「AIS-SHIPNO.1」모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
2020.7	5.23	4.32	3.58	68.50%	82.83%
2020.8	5.17	4.86	4.33	83.78%	89.09%
2020.9	6.28	5.18	5.17	82.38%	99.65%
2020.10	4.68	3.52	5.27	112.53%	149.42%
2020.11	6.12	4.39	3.61	58.96%	82.18%
2020.12	6.74	5.36	4.67	69.34%	87.09%
2021.1	5.18	5.03	5.40	104.27%	107.29%
2021.2	4.86	3.79	4.62	95.14%	121.90%
2021.3	6.05	4.73	4.48	74.00%	94.59%
2021.4	5.56	4.02	4.51	81.03%	111.97%
2021.5	5.31 ⁷⁹⁾	4.28	3.78	71.13%	88.26%
총합	61.18	49.52	49.42	80.78%	99.80%
평균	5.56	4.50	4.49	80.76%	99.78%
표준편차	0.64	0.58	0.63	-	-

자료: 저자 작성

〈그림 4-10〉은 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형의 결과와 해상물동량을 전월 대비 증감 추이로 변환하고 각각을 비교한 결과이다. 2020년 11월을 제외하고는 유사한 패턴을 보이고 있는데, 이는 클락슨과 블룸버그에서 제공한 데이터의 해상물동량의 변화폭이 10월에서 11월에 증가했으나, 제안 모형은 10월에 해상물동량이 더 증가한 후, 11월에 감소한 형태로 나타났다.

〈그림 4-10〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교



자료: 저자 작성

(2) 주간 해상물동량 및 교역량 추정결과

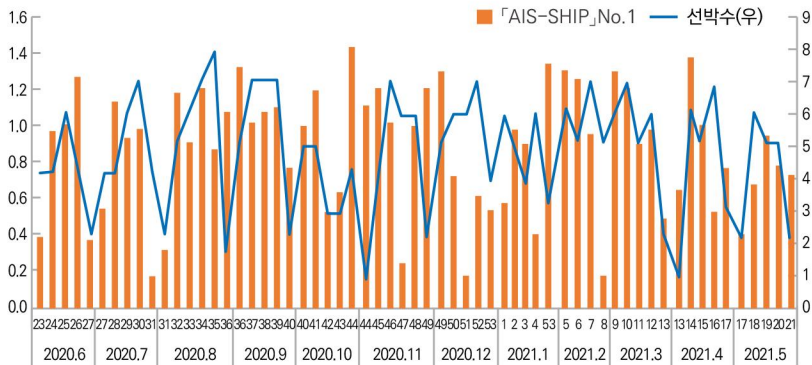
지금까지 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형 추정의 정확도를 실제 데이터와 선박 통항량의 비교를 통해 평가하였다. 그 결과 모형이 비교 데이터의 80% 이상 수준인 것으로 추정결과를 도출하며 비교적 높은 추정 정확도를 보여준 것으로 판단된다. 모형의 추정 정확도가 비교적 높다는 전제로 「AIS-SHIP^{NO.1}」 추정치의 정밀성과 활용의 확대 가능성을 제시하기 위해 추정결과를 다음과 같이 변환하여 제시하였다.

79) 2021년 6월 11일 기준으로 2021년 4월까지 자료만 공시되었으나, 이후 공시된 자료를 활용하였다.

〈그림 4-11〉은 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형의 추정치를 주간 단위로 변화하여 나타낸 결과다. 주간 선박의 통항량과 해상물동량 추정치의 변화가 대체로 유사한 흐름을 보이고 있음을 확인할 수 있다. 현재 주간 단위의 해상물동량 데이터를 구하는 데 한계가 있어 이를 대신해 선박의 통항량 데이터를 사용하여 주간 평균 해상물동량 추정치와 흐름을 비교한 결과로 정확도를 검증하였다.

〈그림 4-11〉 「AIS-SHIP^{NO.1}」을 활용한 남아공 주간 해상물동량

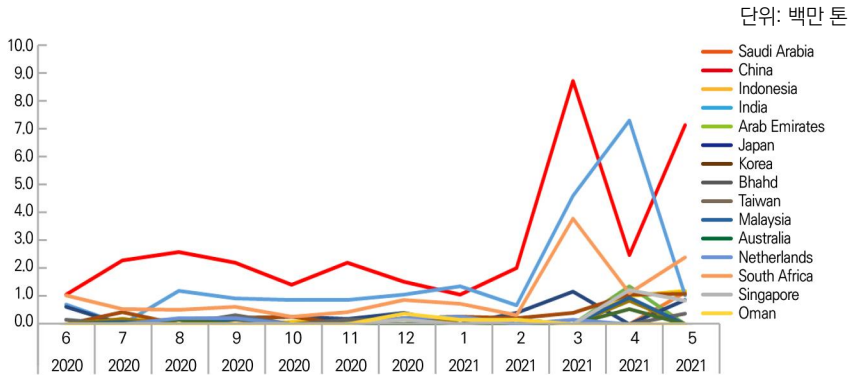
단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

〈그림 4-12〉는 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형을 활용해 남아공의 월별 해상교역량을 추정한 결과다. 이를 통해 남아공의 무역 상대국으로서 중국, 인도 순으로 비중이 크며, 2021년 3월에 수출량이 급증했다가 감소하는 패턴을 보인다는 것을 확인하였다.

〈그림 4-12〉 남아공 월별 해상교역량 추정결과



자료: 저자 작성

(3) 모형의 의의와 한계

「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형은 선박 흘수 간 비를 이용하는 구조를 설계된 모형으로 기존의 흘수를 이용한 기존모형⁸⁰⁾이 선박의 경하중량을 고려하지 못해 나타나는 오차 범위를 줄이기 위해 선박의 설계 흘수를 추정하는 식을 도입하여 이를 해결하고자 제시하였다.

그 결과 <표 4-4>에서 보는 바와 같이 2020년 7월부터 2021년 5월까지 약 11개월 동안 추정값과 비교 데이터 해상물동량의 총합을 비교하면 클락슨 데이터의 80.78%, 블룸버그 데이터의 99.80%로 나타났으며, 월평균 추정치의 추정 비율도 비교적 높아 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형이 비교적 높은 추정 정확도를 보이는 것으로 판단된다. 하지만 추정치의 결과가 평균치에서 벗어날 확률이 54.5%로 높은 것으로 나타나, 모형의 결과가 일관성이 약하다는 한계가 있음을 확인하였다.

80) IMF(2019)

〈표 4-4〉 「AIS-SHIP^{NO.1}」 모형의 추정결과 종합

단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	「AIS-SHIP ^{NO.1} 」 모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
총합	61.18	49.52	49.42	80.78%	99.80%
평균	5.56	4.50	4.49	80.76%	99.78%
표준편차	0.64	0.58	0.63	-	-
구간 외 ⁸¹⁾	36.4%	36.4%	54.5%	-	-

자료: 저자 작성

2) 「AIS-SHIP^{NO.2}」에 기반한 해상물동량 추정결과

(1) 해상물동량 추정결과

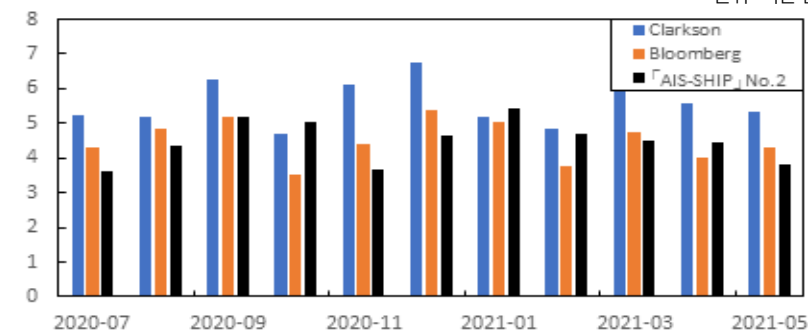
「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형은 방형비척계수의 비를 이용하여 해상물동량을 추정하도록 설계되었다. 이 모형의 추정 정확도를 검증하기 위해 2020년 7월부터 2021년 5월까지 실제 남아공 해상물동량을 추정하고 이를 다양한 그래프로 나타내었다.

〈그림 4-13〉은 모형의 추정치와 실제 데이터와 비교한 결과다. 보는 바와 같이 대체로 그 경향이 유사한 것을 확인하였다. 또한 비교 데이터가 증가하고 감소하는 시점과 추정치의 시점이 거의 일치하는 것으로 나타났다. 이를 수치상으로 확인하면 평균 추정치는 449만 톤이며, 최소와 최대 추정치가 각각 362만 톤, 542만 톤으로 클락슨보다는 작으나, 블룸버그와는 차이가 크지 않았다.

81) 평균을 기준으로 $\pm \sigma$ 의 범위를 벗어날 확률을 의미한다.

〈그림 4-13〉 「AIS-SHIP^{NO.2}」를 활용한 남아공 월별 해상물동량 추정결과

단위: 백만 톤



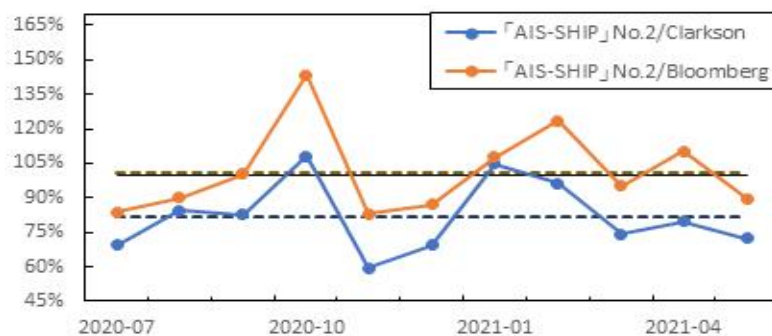
자료: 저자 작성

모형의 추정 정확도를 평가하기 위한 또 다른 방법으로 추정치가 실제 데이터를 어느 수준으로 추정하고 있는지 비율을 통해 확인하였다. 실제 데이터 대비 추정치의 비율을 각각 살펴보면 〈그림 4-14〉와 같다.

추정치는 평균적으로 클락슨의 81.9%, 블룸버그의 102.3% 수준으로 추정한 것으로 나타났다. 모형의 추정치가 클락슨보다는 적고 블룸버그보다는 많은 것을 알 수 있다.

〈그림 4-14〉 실제 데이터 대비 「AIS-SHIP^{NO.2}」의 추정결과 비율

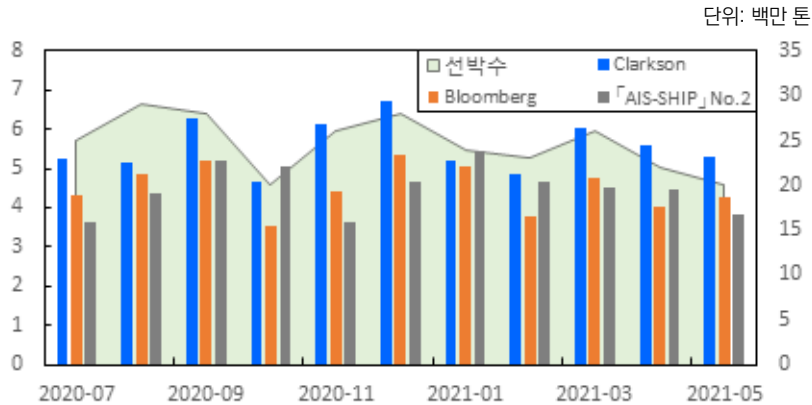
단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

남아공의 월평균 선박 통항량과 실제 데이터 간 변화 추이를 비교하여 모형 추정치의 정확도를 평가하였다. <그림 4-15>에서 보는 바와 같이 해상 물동량의 증감과 선박 통항량의 증가와 감소 경향이 유사함을 확인할 수 있다.

<그림 4-15> 남아공 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교



자료: 저자 작성

「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형을 이용해 실제 남아공의 해상물동량을 추정하고 클락슨, 블룸버그에서 제공한 데이터와 비교한 결과를 정리하면 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 결과 종합

단위: 백만 톤

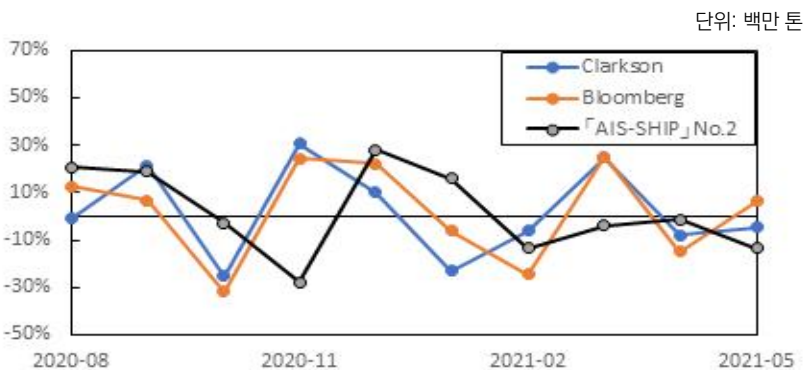
구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	「AIS-SHIP ^{NO.2} 」모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
2020.7	5.23	4.32	3.62	69.27%	83.76%
2020.8	5.17	4.86	4.37	84.56%	89.92%
2020.9	6.28	5.18	5.20	82.86%	100.23%
2020.10	4.68	3.52	5.06	108.05%	143.46%
2020.11	6.12	4.39	3.65	59.61%	83.09%

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	「AIS-SHIP ^{NO.2} 」모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
2020.12	6.74	5.36	4.67	69.34%	87.09%
2021.1	5.18	5.03	5.42	104.65%	107.69%
2021.2	4.86	3.79	4.68	96.38%	123.48%
2021.3	6.05	4.73	4.50	74.33%	95.02%
2021.4	5.56	4.02	4.44	79.77%	110.23%
2021.5	5.31 ⁸²⁾	4.28	3.84	72.26%	89.66%
총합	61.18	49.52	49.45	80.83%	99.86%
평균	5.56	4.50	4.49	80.76%	99.78%
표준편차	0.64	0.58	0.60	-	-

자료: 저자 작성

모형이 설계한 목적을 잘 반영하고 있는지를 검증하고 향후 활용범위의 확장을 고려하여 <그림 4-16>과 같이 전월 대비 증가율로 추정치와 비교 데이터를 변환하여 나타내었다. 이를 통해 상승폭과 낙폭이 큰 구간에서 상이한 결과를 보이는 모습을 보이기는 했으나 대체로 비교 데이터의 증감 변화에 따라 추정치의 증감률도 변화하는 것을 확인하였다.

<그림 4-16> 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교



자료: 저자 작성

82) 2021년 6월 11일 기준으로 2021년 4월까지 자료만 공시되었으나, 이후 공시된 자료를 활용하였다.

(2) 주간 해상물동량 및 교역량 추정결과

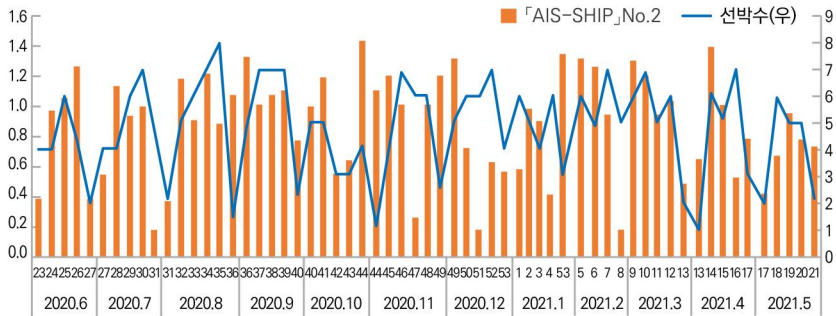
앞서 비교 데이터와 선박 통항량의 비교를 통해 「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형을 다양한 방법으로 검증하였다. 이를 통해 제안한 모형이 비교적 높은 추정력을 가지고 있는 것으로 판단된다.

모형의 추정력이 비교적 높다는 것을 전제로 모형의 추정결과를 변환하여 활용성의 확장 가능성을 다음과 같이 제시하였다. 특히 주간 단위로 변환한 데이터는 주간별 선박 통항량 증감 추이와 비교하여 평가함으로써 데이터의 정확도를 검증하고자 하였다.

〈그림 4-17〉은 「AIS-SHIP^{NO.2}」를 이용해 해상물동량을 주간 단위로 추정한 결과다. 이를 주간별 선박 통항량과 비교하면, 증감의 시점이 대체로 유사한 것을 확인할 수 있었다.

〈그림 4-17〉 연계모형3을 활용한 남아공 주간 해상물동량

단위: 백만 톤

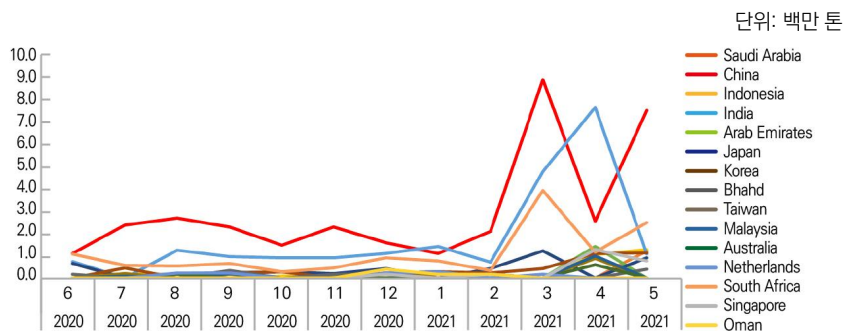


자료: 저자 작성

「AIS-SHIP^{NO.2}」를 이용해 남아공의 월별 해상교역량을 추정한 결과를 〈그림 4-18〉과 같이 나타내었다. 이를 통해 남아공의 무역 상대국으로서 비중이 큰 국가가 중국과 인도라는 것을 확인하였다. 이처럼 모형의 결과

를 가공하여 국가 간 교역 패턴 및 교역량을 추정하는 데 활용 가능성을 확인하였다.

〈그림 4-18〉 남아공 월별 해상교역량 추정결과



자료: 저자 작성

(3) 모형의 의의와 한계

「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형은 선박의 방형비척계수의 비를 활용함으로써 해상 물동량을 추정하도록 고안되었다.

방형비척계수를 활용한 기존모형⁸³⁾은 선박의 적재 화물량 추정을 더욱 정확하게 하기 위한 수단으로 경하배수량을 추정하고자 방형비척계수를 활용했다면, 제안한 모형은 방형비척계수의 입항과 출항 시점의 비율을 이용하여 선박의 적재 화물량 추정을 정확하게 하여 최종적으로 해상물동량에 추정 정확도를 높이고자 하였다.

〈표 4-6〉에서 보듯이 「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형은 평균을 기준으로 표준편차 내의 범위를 벗어날 확률이 높다는 것이 확인된다. 모형의 추정치가 비교 데이터의 80% 이상 수준으로 비교적 높은 추정력을 보이나, 일관성을 확보하지 못했다는 한계점이 나타났다.

83) Jia, Prakash, & Smith(2019)

〈표 4-6〉 「AIS-SHIP^{NO.2}」 모형의 추정 결과 종합

단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	「AIS-SHIP ^{NO.2} 」모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
총합	61.18	49.52	49.45	80.83%	99.86%
평균	5.56	4.50	4.49	80.76%	99.78%
표준편차	0.64	0.58	0.60	-	-
구간 외 ⁸⁴⁾	36.4%	36.4%	45.5%	-	-

자료: 저자 작성

2. 기존모형의 추정결과

1) 재화중량톤수 모형⁸⁵⁾에 기반한 해상물동량 추정결과

(1) 해상물동량 추정결과

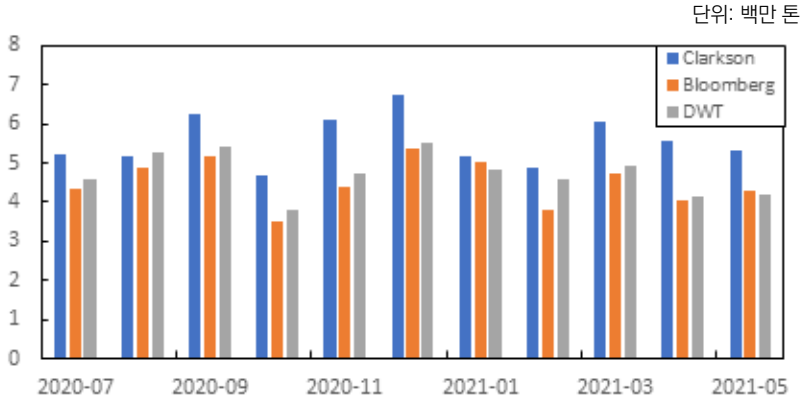
재화중량톤수에 기반한 해상물동량 추정모형(DWT 모형)의 정확도를 검증하기 위해 실제 남아공의 해상물동량을 추정하여 다양한 그래프로 나타내었다.

〈그림 4-19〉는 DWT 모형을 활용해 2020년 7월부터 2021년 5월까지 남아공의 해상물동량을 추정한 결과와 이를 실제 데이터와 비교해 보여주어 추정치의 정확도를 평가하였다. 이를 통해 모형의 추정치가 실제 데이터와 유사한 패턴을 보이며, 전체적으로 실제 데이터의 변화에 따라 일정한 경향성을 보이는 것을 확인하였다. 수치상 모형의 월평균 추정치는 473만 톤으로 클락슨(556만 톤)과 비교해 그 값이 작게 추정되는 반면 블룸버그(450만 톤)와는 추정치 간 차이가 크지 않았다.

84) 평균을 기준으로 $\pm \sigma$ 의 범위를 벗어날 확률을 의미한다.

85) Adland, Jia, & Strandenenes(2017); Shibasaki, Kanamoto, and Suzuki(2020)

〈그림 4-19〉 DWT 모형 활용 남아공 월별 해상물동량 추정치와 실제 데이터 비교



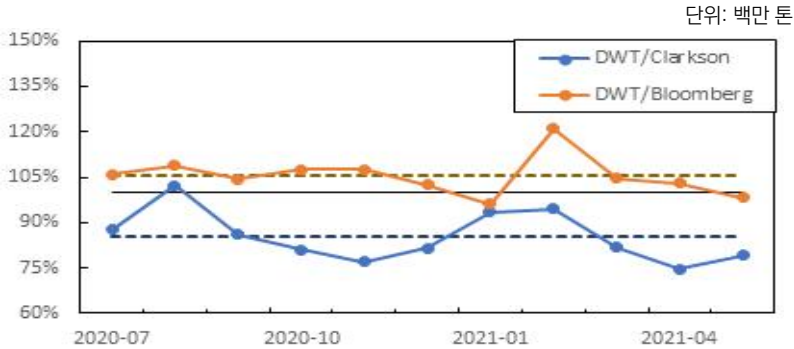
자료: 저자 작성

DWT 모형의 추정 정확도를 수치상으로 확인하기 위해 실제 데이터 대비 추정치의 비율을 〈그림 4-20〉과 같이 나타내었다. 모형의 추정치와 실제 데이터의 비율을 살펴보면 클락슨과 비교했을 때는 평균 85.40%, 블룸버그와 비교했을 때는 평균 105.40%로 해상물동량을 추정한 것으로 나타났다.

이를 통해 수치상으로도 추정치가 클락슨에서 제공하는 월별 해상물동량과 비교해 그 값이 작게 추정되지만, 블룸버그에서 제공하는 데이터와는 그 차이가 크지 않음을 확인하였다. 실제 블룸버그에서 제공하는 해상물동량 데이터가 클락슨의 79.5% 수준인 점⁸⁶⁾을 고려한다면 모형 추정치의 정확도가 높은 편인 것으로 판단된다.

86) 동일 기간(2016년 7월부터 2021년 7월까지) 블룸버그와 클락슨에서 제공하는 월평균 남아공 해상물동량을 연평균으로 변환한 후 비교한 결과 블룸버그(435만 톤)에서 제공하는 해상물동량이 클락슨(547만 톤)의 79.5% 수준임을 확인하였다.

〈그림 4-20〉 실제 데이터 대비 DWT 모형의 추정결과 비율



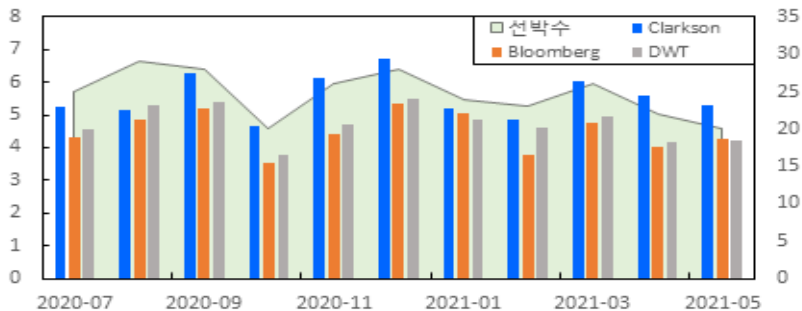
자료: 저자 작성

남아공의 월평균 선박 통항량의 변화와 실제 데이터 간의 변화 추이를 비교하였다. 〈그림 4-21〉을 보면, 선박 통항량의 증감과 해상물동량이 유사한 패턴으로 변화하는 것을 볼 수 있다.

이들 데이터 간의 상관관계 분석을 시행한 결과 상관계수가 0.9370으로 1에 가까워 데이터 간 유의한 상관관계를 보였다. 특히 블룸버그가 제공하는 해상물동량 데이터와 DWT 모형의 추정치가 클락슨이 제공하는 데이터 보다 선박 통항량의 변화와 유사한 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4-21〉 남아공의 월평균 선박 통항량과 데이터 간 추세 비교

단위: 백만 톤(좌), 척(우)



자료: 저자 작성

DWT 모형을 이용해 실제 남아공 해산물동량 데이터를 추정하고 실제 데이터와 비교한 최종 결과를 정리하면 <표 4-7>과 같다. 모형 추정치의 정확도를 검증하기 위해 비교 데이터의 단위(월간)를 기준으로 변환하였다.

데이터 간 비교했을 때 실제 데이터 변화의 방향과 추정치의 방향이 유사함을 보여 기존모형도 설계의 목적을 잘 반영한 결과를 도출하고 있음을 확인하였다. 또한 재화증량톤수만을 활용해 해산물동량을 추정한 결과의 편차가 비교 데이터보다 작은 것을 확인하였다. 클락슨과 블룸버그의 해산물동량 데이터가 평균± σ 을 벗어날 확률은 둘 다 36.4%, DWT 모형은 45.5%로 도출되었다.

<표 4-7> 결과 종합

단위: 백만 톤

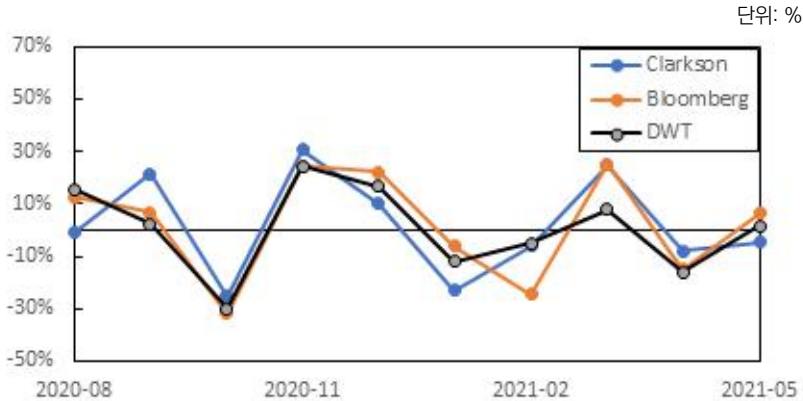
구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	DWT 모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
2020.7	5.23	4.32	4.58	87.64%	105.97%
2020.8	5.17	4.86	5.29	102.36%	108.85%
2020.9	6.28	5.18	5.41	86.20%	104.28%
2020.10	4.68	3.52	3.79	80.93%	107.46%
2020.11	6.12	4.39	4.72	77.09%	107.44%
2020.12	6.74	5.36	5.50	81.66%	102.57%
2021.1	5.18	5.03	4.84	93.45%	96.17%
2021.2	4.86	3.79	4.59	94.52%	121.11%
2021.3	6.05	4.73	4.95	81.76%	104.52%
2021.4	5.56	4.02	4.15	74.56%	103.03%
2021.5	5.31 ⁸⁷⁾	4.28	4.21	79.22%	98.30%
총합	61.18	49.52	52.03	85.04%	105.07%
평균	5.56	4.50	4.73	85.07%	105.11%
표준편차	0.64	0.58	0.54	-	-

자료: 저자 작성

87) 2021년 6월 11일 기준으로 2021년 4월까지 자료만 공시되었으나, 이후 공시된 자료를 활용하였다.

모형의 추정치가 해상물동량의 변화를 잘 반영하고 있는지 확인하고 향후 지표로서 활용성을 평가하기 위해 <그림 4-22>와 같이 추정치와 비교 데이터를 전월 대비 증감률로 변환하고 이를 비교하였다. 그 결과 추정치와 비교 데이터 등락의 변화가 대체로 유사한 흐름을 보이는 것으로 확인된다. 이를 통해 향후 해상물동량의 변화를 확인하는 지표로서 활용 가능성을 보여 준다.

<그림 4-22> 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교



자료: 저자 작성

(2) 주간 해상물동량 및 교역량 추정결과

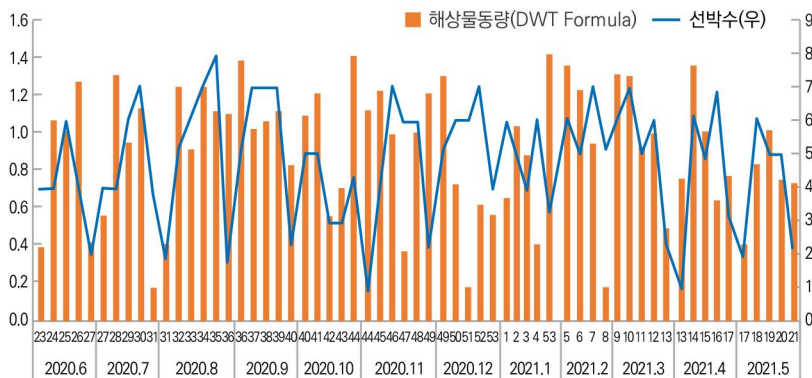
앞서 모형 추정치를 월간 단위로 변환한 후 실제 데이터와 비교해서 DWT 모형의 추정량과 비교 데이터 간의 차이를 확인하였다. 그 결과 추정치가 클락슨 데이터보다 평균 14.6% 적게 추정되고, 블룸버그 데이터보다 평균 5.43% 많게 추정된 것으로 나타나 정확도가 비교적 높은 수준인 것으로 판단된다.

DWT 모형의 추정 정확도가 비교적 높은 수준이라는 점을 전제로 하여, <그림 4-23>과 <그림 4-24>처럼 추정치를 변환하여 나타냄으로써 데이터

의 정밀성을 확보해 활용범위의 확대 가능성을 제시하였다. <그림 4-23>은 DWT 모형의 추정치를 주간 단위로 변환하여 나타낸 결과이다. 주간별 선박의 통항량과 해상물동량 추정치의 변화가 유사한 흐름을 보였다. 현재 주간 단위의 해상물동량 데이터를 구하는 데 한계가 있어 이를 대신해 선박의 통항량 데이터를 사용하여 주간 평균 해상물동량 추정치와 흐름을 비교한 결과로 정확도를 검증하였다.

<그림 4-23> DWT 모형의 추정치와 선박 통항량 비교(주간 단위)

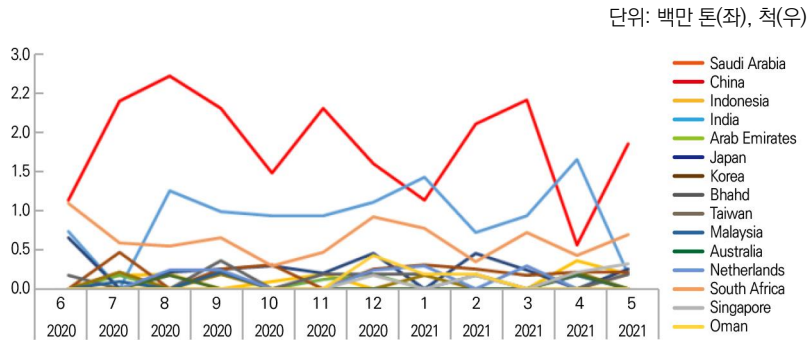
단위: 백만 톤(좌), 척(우)



자료: 저자 작성

<그림 4-24>는 모형을 활용해 남아공의 월별 해상교역량을 추정한 결과이다. 이를 통해 남아공의 무역 상대국은 중국, 인도 순으로 비중이 크며, 2021년 3월에 수출량이 급증했다 감소하는 패턴을 보인다는 것을 확인하였다.

〈그림 4-24〉 DWT 모형의 남아공 월별 해상교역량 추정결과



자료: 저자 작성

(3) 모형의 의의와 한계

DWT 모형은 간단한 설계 구조로 이루어져 있으면서도 추정치의 정확도가 높다는 측면에서 모형의 효율성 및 실용성이 높은 것으로 평가된다.

그러나 〈표 4-8〉과 같이 평균을 기준으로 표준편차 내의 범위를 벗어날 확률이 높고, 선박의 재화중량톤수를 일반적으로 최대 적재량으로 간주하기는 하나 실제 선박의 화물량과는 차이가 나는 현실을 모형에 반영하지 못했다는 한계점을 지닌다.

〈표 4-8〉 DWT 모형의 추정결과 종합

단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	DWT 모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
총합	61.18	49.52	52.03	85.04%	105.07%
평균	5.56	4.50	4.73	85.07%	105.11%
표준편차	0.64	0.58	0.54	-	-
구간 외 ⁸⁸⁾	36.4%	36.4%	45.5%	-	-

자료: 저자 작성

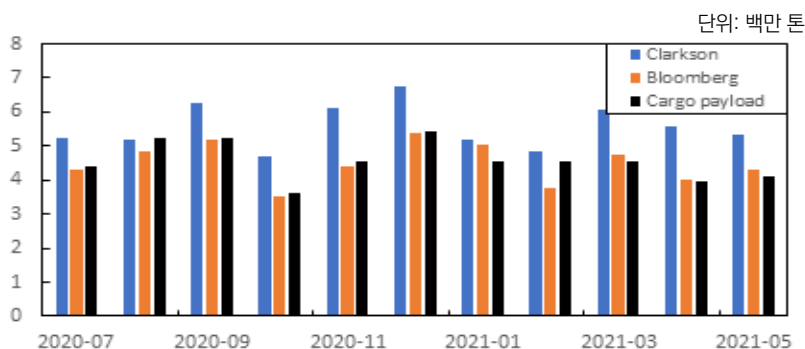
2) Cargo payload 모형⁸⁹⁾에 기반한 해상물동량 추정결과

(1) 해상물동량 추정결과

Cargo payload 모형은 입출항 흘수의 변화로 선박의 설계 방형비척계수를 계산하고, 이를 기반으로 경하배수량을 이용해 해상물동량을 추정할 수 있도록 설계된 모형이다. 모형의 정확도를 검증하기 위해 2020년 7월부터 2021년 5월까지 남아공 해상물동량을 추정하고 그 결과를 다양한 그래프로 나타내었다.

모형을 활용해 남아공의 해상물동량을 추정한 결과는 <그림 4-25>와 같다. 실제 데이터와 비교하기 위해 월평균으로 단위를 통일하였다. 추정치의 평균은 456만 톤으로 최소 360만 톤에서 최대 545만 톤의 범위를 보였다. 대체로 비교 데이터와 추정치의 증감 추세가 일치하는 것을 확인하였다.

<그림 4-25> Cargo payload 모형을 활용한 남아공 월별 해상물동량 추정결과



자료: 저자 작성

<그림 4-26>을 통해 각 비교 데이터 대비 추정치의 비율을 계산하여 모형의 추정력을 확인하였다. 그 결과 모형이 평균적으로 클락슨 데이터의

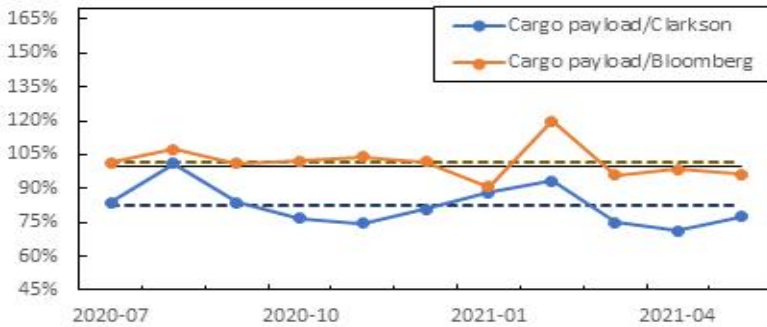
88) 평균을 기준으로 $\pm \sigma$ 의 범위를 벗어날 확률을 의미한다.

89) Jia, Prakash, & Smith(2019).

82.3%, 블룸버그 데이터의 101.7% 수준으로 추정하는 것을 확인하였다. 이를 통해 Cargo payload 모형이 클락슨 데이터보다 해상물동량을 다소 과소 추정하나, 블룸버그와는 유사한 수준으로 추정하는 것을 확인하였다.

〈그림 4-26〉 실제 데이터 대비 Cargo payload 모형 추정결과 비율

단위: 백만 톤

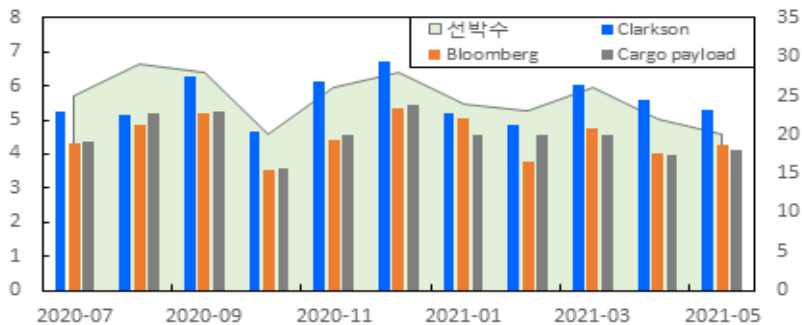


자료: 저자 작성

선박 통항량과 추정치를 비교하여 모형을 검증한 결과는 〈그림 4-27〉과 같다. 선박 통항량과 추정치, 비교 데이터의 변화 추이가 대체로 유사한 것을 확인하였다.

〈그림 4-27〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교

단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

Cargo payload 모형을 이용해 남아공 해상물동량을 추정하고 실제 데이터와 비교한 결과를 정리하면 <표 4-9>와 같다. 그 결과 모형이 평균 비교 데이터의 80% 이상 수준으로 해상물동량을 추정해 모형의 추정력이 비교적 높은 것으로 평가된다.

<표 4-9> Cargo payload 모형 결과 종합

단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	Cargo payload 모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
2020.7	5.23	4.32	4.38	83.81%	101.34%
2020.8	5.17	4.86	5.22	101.01%	107.41%
2020.9	6.28	5.18	5.25	83.65%	101.20%
2020.10	4.68	3.52	3.60	76.87%	102.07%
2020.11	6.12	4.39	4.57	74.64%	104.03%
2020.12	6.74	5.36	5.45	80.92%	101.64%
2021.1	5.18	5.03	4.56	88.05%	90.60%
2021.2	4.86	3.79	4.54	93.49%	119.79%
2021.3	6.05	4.73	4.54	74.99%	95.86%
2021.4	5.56	4.02	3.97	71.33%	98.56%
2021.5	5.31 ⁹⁰⁾	4.28	4.12	77.53%	96.19%
총합	61.18	49.52	50.2	82.05%	101.37%
평균	5.56	4.50	4.56	82.01%	101.33%
표준편차	0.64	0.58	0.56	-	-

자료: 저자 작성

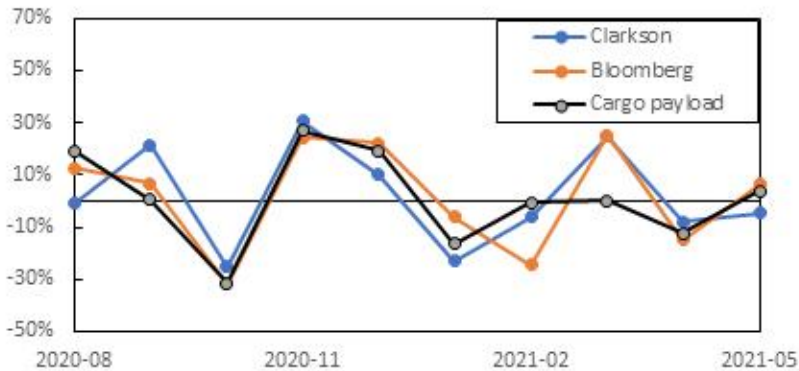
모형의 추정치가 해상물동량의 변화를 잘 반영하고 있는지 확인하고 향후 지표로써 활용성을 평가하기 위해 <그림 4-28>과 같이 추정치와 비교 데이터를 전월 대비 증감률로 변환하고 이를 비교하였다.

90) 2021년 6월 11일 기준으로 2021년 4월까지 자료만 공시되었으나, 이후 공시된 자료를 활용하였다.

그 결과 추정치와 비교 데이터 등락의 변화가 대체로 유사한 흐름을 보이는 것으로 확인된다. 이를 통해 향후 해상물동량의 변화를 확인하는 지표로의 활용 가능성을 보여준다.

〈그림 4-28〉 Cargo payload 모형 기반 남아공 월별 해상물동량 증감을 비교

단위: %



자료: 저자 작성

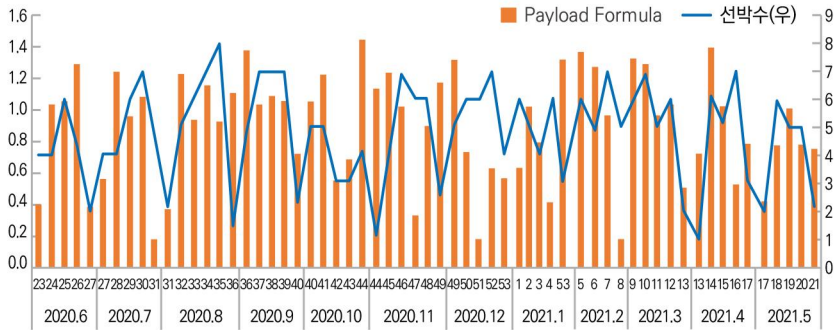
(2) 주간 해상물동량 및 교역량 추정결과

모형의 추정 정확도가 비교적 높은 수준이라는 점을 전제로 하여, 〈그림 4-29〉와 〈그림 4-30〉처럼 추정치를 주간 단위 해상물동량과 월별 해상교역량으로 변환하여 데이터의 정밀성을 확보해 활용범위의 확대 가능성을 제시하였다.

〈그림 4-29〉는 모형의 추정치를 주간 단위로 변환하여 나타낸 결과이며, 주별 선박 통항량과 해상물동량 추정치 변화가 대체로 유사한 방향성을 보이고 있음을 확인하였다.

〈그림 4-29〉 Cargo payload 모형 기반 남아공 주간 해상물동량

단위: 백만 톤

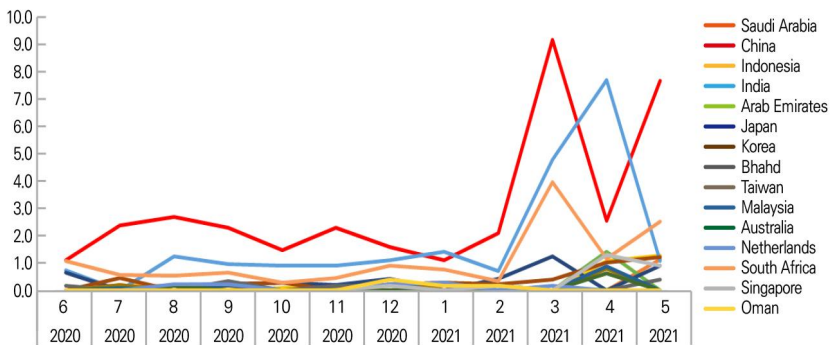


자료: 저자 작성

〈그림 4-30〉은 모형을 활용해 남아공의 월별 해상교역량을 추정한 결과다. 이를 통해 남아공의 무역 상대국으로서 중국, 인도 순으로 비중이 크며, 2021년 3월에 수출량이 급증했다 감소하는 패턴을 보인다는 것을 확인하였다.

〈그림 4-30〉 Cargo payload 모형을 활용한 남아공 월별 해상교역량 추정 결과

단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

(3) 모형의 의의와 한계

모형은 방형비척계수를 활용하여 경하증량을 추론해 선박의 화물 적재량을 더욱 정확하게 추정할 수 있도록 설계된 모형이다. 모형의 추정 정확도는 80% 이상으로 높은 것으로 판단된다.

〈표 4-10〉에서와 같이 평균을 기준으로 표준편차 내의 범위를 벗어날 확률이 높다는 점과 선박의 방형비척계수를 흘수의 비율로 추정했다는 한계점을 지닌다.

〈표 4-10〉 DWT 모형의 추정결과 종합

단위: 백만 톤

구분	클락슨 (A)	블룸버그 (B)	Cargo payload 모형		
			(C)	(A)/(C)	(B)/(C)
총합	61.18	49.52	50.2	82.05%	101.37%
평균	5.56	4.50	4.56	82.01%	101.33%
표준편차	0.64	0.58	0.56	-	-
구간 외 ⁹¹⁾	36.4%	36.4%	45.5%	-	-

자료: 저자 작성

3) GTI 해상물동량 추정모형⁹²⁾ 결과

(1) 해상물동량 추정결과

GTI 모형은 선박의 입출항 흘수 간 비율을 이용해 해상물동량을 추정하는 식으로 2019년에 제시한 모형은 지표로서 해상물동량의 변화를 관찰할 수 있도록 설계되었다.

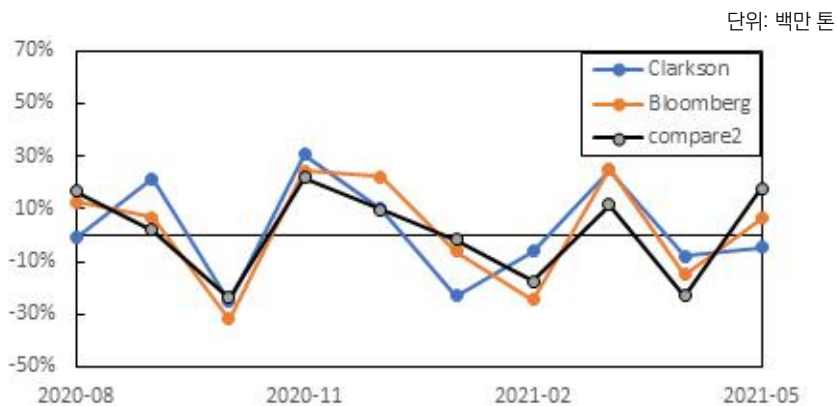
여기서는 GTI 모형의 추정치와 비교 데이터의 증감률을 제시하여 지표로서 모형에서 제안한 추정식의 활용성을 확인하였다. 〈그림 4-31〉에서

91) 평균을 기준으로 $\pm \sigma$ 의 범위를 벗어날 확률을 의미한다.

92) IMF(2019)

보는 바와 같이 추정치와 추정치의 증감 추이가 유사한 패턴을 보이며, 해상물동량의 변화를 관찰하는 데 유용하게 활용될 수 있는 지표인 것을 확인하였다.

〈그림 4-31〉 남아공 월별 해상물동량 증감률 비교



자료: 저자 작성

(2) 모형의 의의와 한계

GTI 모형은 해상물동량의 변화를 지표로 관찰할 수 있게 설계된 목적을 잘 반영하고 있음을 확인하였다.⁹³⁾

93) 이번 연구에서는 GTI의 추정식을 활용해 해상물동량을 추정한 결과는 제시하지 않았는데 이는 모형의 목적에 맞게 지표의 활용성만을 평가하기 위함이다.

제4절 시사점

개발한 모형과 기존의 모형을 이용하여 해상물동량을 추정하고 그 값을 실제 데이터와 비교하여 제안한 모형이 해상물동량 값을 잘 추정하고 있는지 검증하였다. 각각의 모형을 이용하여 남아공 해상물동량을 추정하고 다양한 방법으로 추정 능력을 비교하였다.

그 결과를 정리하면 <표 4-11>과 <그림 4-33>에서 보는 바와 같다. <표 4-11>은 각 모형이 2020년 7월부터 2021년 5월까지 추정한 결과를 총합과 월평균, 표준편차 등을 통해 보여준다. 클락슨 데이터를 기준으로 결과를 비교해 보면 기존모형의 추정치가 제안 모형보다 성능이 좋은 것으로 확인되지만 블룸버그 데이터와 비교하면 제안 모형의 성능이 좋은 것으로 나타난다.

<표 4-11> 결과 비교(해상물동량)

단위: 백만 톤

구분	실제 데이터(비교 데이터)		제안 모형		기존모형	
	클락슨	블룸버그	「AIS-SHIP ⁹⁴⁾ 」	「AIS-SHIP ⁹⁵⁾ 」	DWT	Cargo payload
총합	61.18	49.52	49.42	49.45	52.03	50.2
평균	5.56	4.50	4.49	4.49	4.73	4.56
표준편차	0.64	0.58	0.63	0.60	0.54	0.56
비율(%)	100 ⁹⁴⁾	-	80.78%	80.83%	85.04%	82.05%
	-	100 ⁹⁵⁾	99.80%	99.86%	105.07%	101.37%

자료: 저자 작성

94) 클락슨 데이터의 2020년 7월부터 2021년 5월까지 해상물동량의 총합 대비 동일 기간 모형의 추정치 합의 비율을 말한다.

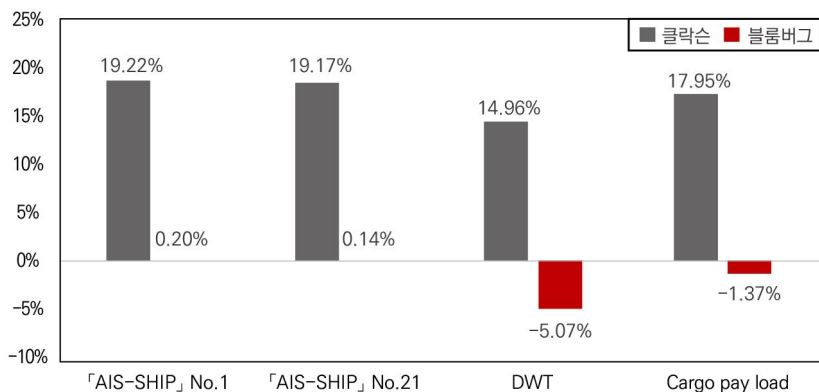
95) 블룸버그 데이터의 2020년 7월부터 2021년 5월까지 해상물동량의 총합 대비 동일 기간 모형의 추정치 합의 비율을 말한다.

〈그림 4-33〉은 비교 데이터를 100%로 하고 총합 대비 추정치의 비율 간 차이를 보여준다. 제안 모형과 기존모형 모두 클락슨 데이터보다 해상물동량을 다소 과소 추정하고 있는 것을 확인하였다. 제안 모형은 클락슨 데이터보다 19%, 기존모형은 DWT 모형이 14.96%, Cargo payload 모형은 17.95% 해상물동량을 과소 추정하였다.

반면 기존모형은 블룸버그 데이터보다 해상물동량을 다소 과대 추정하나 제안 모형은 1% 미만으로 유사한 수준으로 해상물동량을 추정하는 것을 확인하였다.

〈그림 4-32〉 비교 데이터 대비 모형의 추정 비율 차이(총합 기준)

단위: 백만 톤



자료: 저자 작성

05

결론

제1절 요약 및 결론

1. 요약

본 연구는 변동성이 큰 건화물선 시장을 분석하는 기초 방법의 한계를 보완하기 위해 시도되었다. 기존 시황 분석 방법은 크게 두 가지로 정리할 수 있는데, 하나는 외신 등과 같은 기사를 활용한 동향 분석 방법이며, 다른 하나는 데이터로 분석하는 방법이다.

해운 시황 분석에 활용하는 데이터는 주로 운임에 영향을 미치는 해상물동량, 선복량과 같은 수급 데이터와 세계경제성장률, 구매관리지수, 화물 가격 정보 등의 외생변수인데, 필요한 데이터가 없거나 생성 주기에 한계가 있어 국내의 시황 분석은 주로 외신에 의존한 사후적 분석에 그치게 된다.

해운 시황을 판단하기 위한 운임은 수급균형으로 결정되며 해상물동량은 수요의 한 축을 이루고 정부와 기업의 의사결정에 중요한 역할을 하는 가장 기초적인 데이터임에도 불구하고 데이터의 종류와 생성 주기의 한계 때문에 실제 시황 변화를 분석하고 예측하기 위해 데이터를 활용하는 데 어려

움이 있어 결국 외신에 의존하거나 시의성을 상실한 사후적인 분석을 할 수밖에 없다. 이러한 해상물동량의 활용 한계를 보완할 수 있는 대안의 필요성이 커졌다.

이번 연구를 통해 AIS 데이터 기반 해상물동량 추정모형을 제안함으로써 데이터의 생성 주기 문제를 해결하고자 하였다. 제안한 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형은 AIS 데이터의 특성을 활용해 해상물동량을 거의 실시간에 가깝게 추정할 수 있는 분석 기반을 마련하였다는 데 의의가 있으며, 해외 기관에서는 관련 연구를 수행하고 있으나 국내에서는 아직 한 번도 시도되지 않은 연구라는 점에서도 의미가 있다.

제3장을 통해 AIS 데이터와 선박 제원 데이터를 연계하여 해상물동량을 추정할 수 있는 모형의 개념을 정립하여 제시하였으며, 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형에 대한 개요와 사용 데이터에 대한 설명과 함께 모형의 각 모듈에 대해 상세히 설명해 제시하였다. 또한 선박의 설계 요소를 접목하여 해상물동량을 추정할 수 있는 추정식을 설계하였다.

해상물동량을 추정하는 추정식은 선박의 흘수 변화를 이용한 식과 선박 흘수 변화에 따른 방형비척계수의 변화를 비율로 표현한 뒤 변환하여 해상물동량을 추정하는 총 두 가지 식을 제안하였다.

제안한 추정식과 모형의 유용성과 타당성, AIS 데이터 활용의 적절성을 검증하기 위해 실증분석을 수행하였고 그 결과를 제4장에서 제시하였다. 제안한 모형은 평균적으로 실제 해상물동량의 80.77~105.0%를 추정했다. 또한 모형을 활용한 추정치와 실제 데이터의 흐름이 대체로 같은 방향인 것을 확인하였다.

2. 한계

기존 해상물동량 데이터가 적시성, 시의성, 주기성을 확보하기 어려운 것과 달리 AIS 데이터는 실시간에 가깝게 수집할 수 있다는 점에 주목했다. 제안한 모형을 통해 설계 목적에 맞게 실시간에 가까운 해상물동량 추정결과와 국가, 항만별로 세분된 해상물동량 결과를 얻을 수 있었으나 한계점을 지닌다. 이번 연구를 수행하면서 확인된 한계점을 다음과 같이 제시하였다.

첫째, 모형의 추정치가 비교 데이터보다 과대 또는 과소 추정된다는 한계를 발견했다. 추정치가 발생하는 근본적인 이유는 AIS 데이터로 선박의 입출항, 선박의 통항량을 산정하여 활용하기 때문이다. 이는 선박의 입항과 출항 및 검역 일정 등에 따라 실제 선박의 입항, 출항 시점과 접·이안 및 하역 시점이 일치하지 않을 가능성이 있기 때문이다. 이를 해결하기 위해 선박의 입출항 목록을 확보하거나 선사, 관세청과 협업을 통해 실제 데이터를 확보하여 추정모형을 지속해서 점검 및 개선해야 할 필요가 있다.

둘째, AIS와 선박 제원 데이터 품질의 한계가 결국 모형의 추정력에도 영향을 미친다는 점이다. 기존 연구에서도 한계로 적시되고 있는 부분으로 선박의 흘수 정보는 선장이나 항해사가 기재하는 수기 정보이며, 법·제도 등으로 규정된 강제 사항이 아니기 때문에 부정확한 경우가 많다. 이 때문에 선박의 흘수를 변수로 설계한 추정식을 활용하는 모형은 공통된 한계점을 지니게 된다.

이번 연구에서 조선공학 전문가와의 인터뷰를 통해 선박 설계에 사용되는 추정식을 도입함으로써 데이터 품질에 대한 한계를 보완하고 이러한 문제점을 해결하고자 시도했다. 그러나 앞으로도 꾸준히 조선공학 전문가, 조선소 등과 협업을 통해 모형을 개선해나가야 할 것이다.

셋째, 이번 연구는 시의성 확보에 주안점을 두고 선박의 화물 적재량을 추정할 수 있는 요소 간의 상관관계를 근거로 추정식을 설계했기 때문에 실제 데이터라고 언급되는 클락슨, 블룸버그 데이터와의 차이가 발생했다.

추정치의 이러한 오차를 줄이고 추정력과 함께 해상물동량의 예측력까지 확보하기 위해서는 계량, 인공지능 등의 다양한 방법론을 도입해 추정식을 고도화하고 예측력을 보강해야 한다.

넷째, 이번 연구는 특정 선종, 국가와 화물에 한정해서 진행되었다는 점이다. 이번 연구는 기초연구로서 모형의 개념과 체계를 설계하고 활용성을 검토하는 데 주안점을 두었으며, 그 목적에 맞게 특정 선종, 국가, 국가 간의 화물에 집중해 모형의 적용 가능성을 실증분석을 통해 확인하였다. 향후 선종, 화물, 국가, 항의 범위를 확대할 필요가 있다.

3. 결론

1) AIS 데이터의 활용범위 확장

본 연구는 2020년 이후 활발하게 연구되고 있는 AIS 데이터와 선박 제원을 활용해 해상물동량의 추정모형을 개발하는 연구다. 국가 간 교역 패턴을 확인하는 수준이 아니라 항만별로 세분화하여 해상물동량을 추정하고 주단위의 해상물동량을 예측하는 데 활용하고자 한 점이다.

해외에서는 활발하게 연구되고 그 결과를 발표하고 있으나, 이 연구를 진행하는 시점에서 국내의 AIS 데이터는 해사 안전 분야에 한정되어 활용되고 있다. 이번 연구가 국내의 AIS 데이터 활용해 연구하는 범위를 확장하는 계기가 될 것으로 기대해 본다.

2) 해상물동량 추정 모델 개념 설계 및 제안

이번 연구를 통해 AIS 데이터와 선박설계 요소를 고려한 해상물동량 추정 모델의 개념을 구체화하였다. 제안한 모형의 명칭을 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형으로 정한 뒤 분석체계를 제안하고 체계의 각 모듈에 관한 개념과 역할을 정의하여 제시하였다. 모듈은 총 세 가지로 이루어져 있으며 첫 번째 모듈에서 해상물동량 추정에 AIS 데이터를 활용하는 데 필요한 전처리과정(데이터의 수집, 정제, 융합 등)을 구체화하였다. 두 번째 모듈에서는 데이터 분석을 위한 대상 범위를 상세화해서 선택할 수 있는 알고리즘을 개발하여 제안하였으며, 마지막으로 세 번째 모듈에서 해상물동량을 추정하도록 전체적인 체계를 설계하고 제안하였다.

3) 용적 개념을 도입한 해상물동량 추정식 개발

용적 개념을 도입한 해상물동량 추정식을 제안함으로써 기존 연구에서 제시한 해상물동량 추정식과 차별성을 두었으며, 기존의 식이 2차원의 선박 면적에 주안점을 두었다면 용적 개념으로 확장하여 해상물동량 추정의 정확도를 높이고자 시도하였다. 또한 흘수 정보나 선박의 방형비척계수를 이용하는 기존의 식은 데이터 확보가 어려운 점을 보완하기 위해 조선 설계에서 활용되는 설계식을 도입하였다.

제2절 제언

1. 본 연구의 기여

1) 정부 및 해운업계 등에 기여도

국가기간산업으로 해운산업의 안정적인 경영활동을 지원하기 위해 정부는 는 기업이 자생할 수 있는 정도의 강도와 시점을 판단하여 정책적, 제도적 지원을 하는데 이때 가장 중요한 정보이자 기초 데이터가 바로 해운 상황을 판단할 수 있는 해상물동량과 선복량 데이터다.

외부 환경요인인 세계 정책 변화는 국가와 개인이 통제할 수 있는 범위가 아니므로 정보를 수집하고 이에 대한 대응책을 마련하여 결과적으로 변화에 노출되는 크기를 줄여, 불확실성을 최소화하고 위험을 관리할 수 있는 범위 내로 포함해야 손실을 최소화할 수 있기 때문이다.

이러한 이유로 최근에는 합리적 의사결정을 위한 데이터에 대한 수요가 증가하고 있으며, 데이터의 역할 또한 커지고 있다. 하지만 기존의 해상물동량 데이터는 생성 주기가 길고, 공표 시기의 정시성 확보가 쉽지 않아 데이터의 중요성을 인식하면서도 활용성은 떨어졌다.

이번 연구를 통해 AIS-SHIP 모형을 활용해 실시간에 가까운 해상물동량 데이터의 생성 가능성을 확인하였고, 이를 통해 해운 시장에서 발생하는 크고 작은 이슈에 대한 원인을 분석하는 데 외신에 대한 의존도를 낮추고 데이터에 기초한 상황 분석을 할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 외국 민간기업의 주도로 해상물동량 정보를 제공하는 제품이나 서비스가 존재하고 있으나 역시 정시성과 시의성 확보에 대한 우려와 불안감

을 불식하기 어렵다. 따라서 국내 정부와 기업에 지속해서 해상물동량 데이터를 공급하고 장기적인 생산 및 서비스를 제공하기 위해서는 민간에 의존하지 않는 공공기관이 데이터를 공급할 필요가 있다는 점을 감안하면 이번 연구의 결과는 기초연구로 의미가 있다.

또한 해운 시황 예측에서도 한계로 작용하던 데이터 크기 부족 문제도 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형에서 생성된 데이터를 활용해 해결할 것으로 기대된다.

2) 학술적인 측면에서의 기여도

기존 AIS 데이터의 활용범위를 확장했다는 측면과 국내에서는 해상물동량 추정식을 제안한 연구가 전무하다는 점, 즉 국내에서는 아직 AIS 데이터를 해운에 적용한 연구가 거의 이루어지지 않았으며, 필요성에 대해 점차 인식해가는 단계라는 점에서 학술적 의미가 있으며, 해외에서도 관련 연구에 관한 결과가 발표되고 있기는 하나 역시 그 수가 부족한 실정이다.

즉, 해운 부분에서 빅데이터라고 불리는 AIS 데이터를 활용해 해상물동량을 추정하기 위한 모형을 제시하고 실제 항만에 적용하며, 국내에서 생성하는 기존의 통계자료 기반 정보와는 차별화된 모델과 방법론을 제시하였다. 해운 시황을 실시간으로 측정, 진단하고 지속해서 관측할 수 있는 시스템에 한 요소기술로서 활용 가능성을 제시하였다.

2. 제언

이번 연구는 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형을 개발하는 기초연구로써 첫째, AIS 데이터 활용의 가능성, 둘째, 선박 제원 데이터를 활용한 해상물

동량 추정식의 검증 및 실제 적용 가능성을 검토하는 데 주안점을 두었다. 이를 통해 발견한 한계점 및 향후 연구과제는 다음과 같다.

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 성능을 개선하고 고도화하기 위해서는 첫째로 추정 대상의 범위를 넓혀야 한다. 현재의 모형은 특정 선종의 화물과 입출항 항에 제한되어 있어 모형의 활용성을 높이기 위해서는 화물의 특성에 맞게 대상을 선종, 화물 등에 맞게 확장할 필요가 있다.

둘째는 인공지능과 같은 새로운 연구방법론을 적용한 추정식 개발이다. 현재 추정한 데이터의 결과와 실제 데이터의 평균 적합률은 80% 이상이지만 하나 편차가 커 이를 줄이는 방안을 모색해야 한다. 편차의 발생 원인 중 하나는 추정식에서 사용하는 변수의 원시데이터 오류이며, 이를 해결하기 위해서는 파라미터 추정과 같은 방법으로 한계를 극복하여 추정식을 보완하고 개선해야 한다.

셋째는 물동량 추정에만 한정하지 않고 예측을 위한 시스템을 개발하고 이를 운임 예측과 결합하는 것이다. 이번 연구의 결과가 운임 예측에 대한 성능을 개선하는 데 활용될 것으로 기대된다. 그러기 위해서는 통계생성을 통한 사용자 특성에 맞는 데이터 정보제공을 위한 노력과 지속적인 관심이 필요하다.

「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형의 체계적 구축과 활용을 위한 법·제도적 근거 마련과 중장기적 관점에서 연구개발에 대한 투자 확대가 필요하다. 앞으로도 「AIS-SHIP」 해상물동량 추정모형에 대한 학계의 최신 연구 결과를 반영하면서 지속해서 이를 개선해나갈 필요가 있다.

제3절 기대효과

1. 실시간 해상물동량 추정

현재까지 AIS 데이터를 활용한 연구는 선박의 속도를 산정하거나 연료 소모량을 통한 오염물질(황산화물, 질소산화물, 미세먼지, 이산화탄소 등)의 배출량 추정연구에 주로 사용되었다.

이번 연구에서 진행하는 AIS 기반 해상물동량 추정연구는 기존에 월/분기/연 단위로 제공되던 자료의 수집기간을 단축하면 아래와 같은 효과를 가져올 수 있다.

1) 특정 이벤트 발생 시 영향 분석

2019년 1월에 발생한 브라질 남부 댐 붕괴사고, 2020년 코로나19와 같이 해운 시장에 영향을 미치는 이벤트가 발생할 경우 그와 관련한 영향을 면밀히 분석할 수 있다. AIS 자료를 활용해 특정 항만의 기종점 화물량을 추정할 수 있으므로 항만이 일시적으로 운영을 중단하거나 폐쇄될 경우 관련 처리량을 분석하여 영향을 파악할 수 있다. 특히 이 방법론은 항만에서 일 또는 주 단위 처리량 추정이 가능해 월 또는 연 단위로 제공되는 자료에 비해 세부적인 영향분석이 가능하다는 장점이 있다.

2) 해운 시황 예측에 활용

실시간 물동량 추정 시 관련 변수를 활용한 예측정확도가 향상될 것으로 기대된다. 현재 물동량에 대한 자료는 최소 1~2개월 뒤에 확인 가능하므로

시의성 있는 자료를 확보하기 어렵다.

이번 연구는 선박의 움직임을 통해 물동량을 추정하는데, 건화물선은 컨테이너선과는 다르게 기종점이 단순하므로 AIS 데이터에 입력된 목적지 데이터를 이용해 2~4주 이후 물동량 추정도 가능하다. 하지만 AIS 데이터를 이용하여 자료를 습득하면 현재 시점에서의 물동량 자료와 함께 향후 2~4주 이후의 물동량 추정도 가능하다.

3) 해운·항만 분야 산업위기 예측 시스템 구축

금융, 부동산, 무역 등 다양한 분야에서 시장에 대한 위험을 측정하고 사전에 경보하는 시스템을 구축하기 위한 노력이 과거부터 진행되었다.

〈표 5-1〉 국내 조기경보시스템 사례

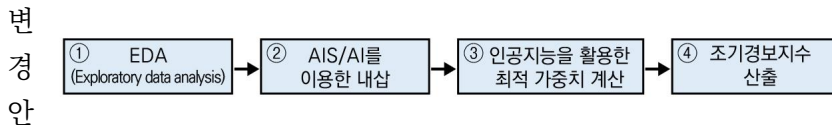
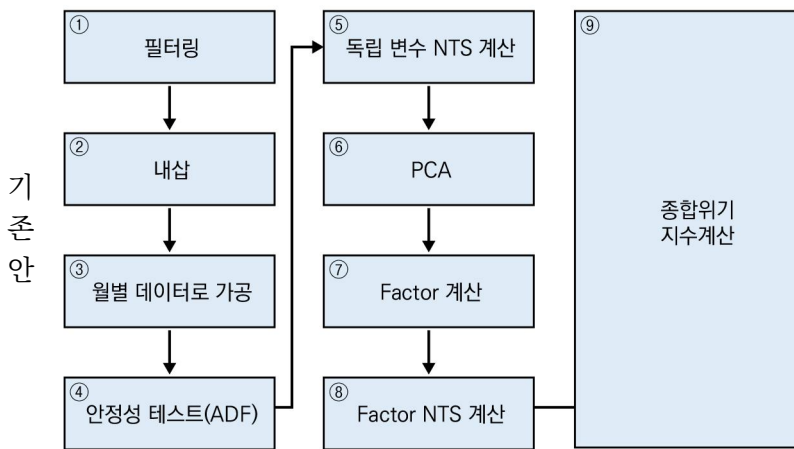
구분	조기경보 사례
공공주도	• 국제금융 조기경보시스템(국제금융센터) • 곡물 조기경보시스템(농촌경제연구소) • 부동산 조기경보시스템(국토연구원) • 낙석검지 및 조기경보시스템(한국철도공사) • 공중 조기경보시스템(국방부) • 악기상 조기감시경보시스템(기상청) • 수입시장 실시간 감시 및 조기경보체제(산업자원부 무역위원회) • 식중독 조기경보시스템(식품의약품안전처) • 밀수 조기경보시스템(관세청)
민간주도	• 신용위험 조기경보시스템(한국신용평가정보) • 한글 조기 예경보시스템(위험관리전문기업 정보보호기술) • BPM 기반 리스크 조기경보시스템(금융권, 통신업체) • 벤처경영조기경보시스템(벤처기업협회)

자료: MEIC(2015), 『해운시장 조기경보시스템 구축사업 최종보고회 자료집』, p. 11

해운 분야는 2015년부터 조기경보시스템과 상시 모니터링시스템 구축을 위한 연구가 진행되었다. 기존 연구는 누락되거나 공시되지 않은 구간의 데이터를 큐빅 스플라인(cubic spline)을 이용해 추정하여 활용하였다.

하지만 AIS 자료를 활용할 경우 목적지에 대한 정보와 흘수(draft)를 이용하여 2~4주 이후의 화물량 추정이 가능하기 때문에 정확도가 향상될 것으로 기대된다. 권병천(2012)의 연구에서와 같이 이미 다른 시장에서는 인공지능을 활용한 조기경보시스템 구축에 대한 연구가 진행되고 있어 AIS 자료와 인공지능방법론이 사용될 경우 예측력 향상을 기대할 수 있다.

〈그림 5-1〉 해운시장 조기경보 개발 프로세스



자료: MEIC(2015), 『해운시장 조기경보시스템 구축사업 최종보고회 자료집』

2. 해운 시황 예측 신뢰도 제고

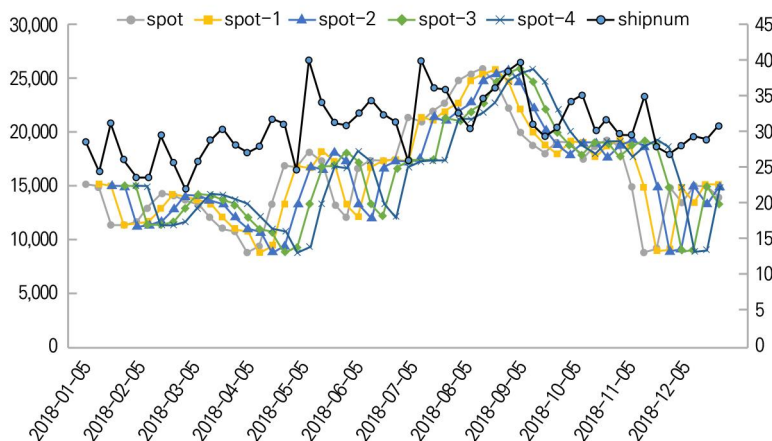
1) 선박 통항 수 측정을 활용한 공급 예측

최근 AIS 데이터를 활용하여 해운시황을 예측하는 연구가 시도되고 있어 앞으로 해운 분야에서 AIS 데이터를 활용한 연구범위가 확대될 것으로 기대된다. 현재 진행 중인 인공지능을 활용한 해운 시황 예측연구에 AIS 데이터를 활용하면 예측력 향상을 기대할 수 있다.

그 예로 특정 구간의 선박 통항량을 측정하여 운임과의 관계를 측정한 결과 선박 수와 물동량 간에 강한 상관관계가 나타났다.

"또한 선박이 화물을 수송할 때 이용하는 주요 항로를 추출해 동 항로를 활용하는 선박의 구간별 선속과 선박 수를 제공하고 단기시황 간의 상관관계를 제시하였다"(황수진, 2019).

〈그림 5-2〉 특정 구간 선박 수와 운임의 관계

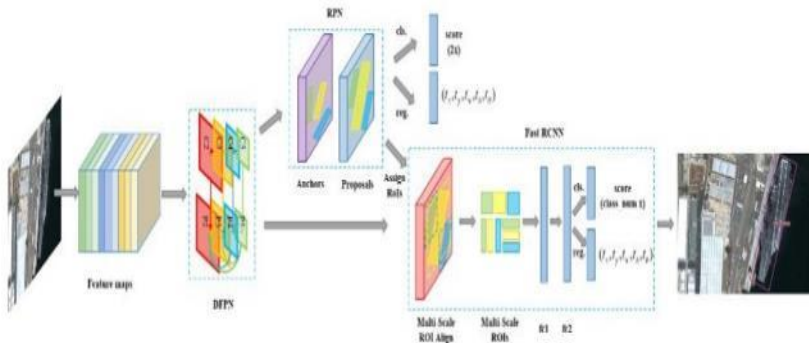


자료: 황수진(2019), p. 38

2) 현물시장 참여 선박 추출

전력, 제철 등의 산업분야에서는 철광석, 석탄, 원유 등을 정기적이고 안정적으로 수송하기 위해 화주와 선사가 전용선 계약을 체결한다. 이에 특정 선형에서는 전용선계약 비중이 높아 현물시장에 참여하지 않은 선대가 다수 확인된다. 특정 항만의 기항 빈도수, 운항 항로 등의 자료를 AIS를 이용해 추출하고 인공지능 방법론(패턴인식)을 사용할 경우 전용선계약으로 묶인 선박을 상당히 높은 확률로 구분 가능할 것으로 예상된다.

〈그림 5-3〉 인공지능을 활용한 패턴 인식



자료: Yang *et al.*(2018), p. 3

건화물 시장의 운항 선대에서 장기와 현물시장에 참가하는 선박을 구분할 수 있다면 현물 운임시장의 예측정확도가 크게 상승할 수 있다. 현물시장에 참가하는 선박의 움직임과 숫자를 파악하면 최소 1~2주 후 현물시장에 풀리는 선박 수를 추정할 수 있으므로 공급시장에 대한 정보를 사전에 알 수 있게 된다.

특히 국내 대부분의 건화물 선사는 변동성을 최소화하기 위해 선박 발주

부터 장기계약을 고려한 CVC(Consecutive Voyage Charter) 계약 비중이 높다. 이 때문에 해운시장 불황기에는 안정적인 수입을 창출할 수 있다는 장점이 있지만 호황기에도 매출 변화가 크지 않다는 단점도 있다. 건화물선 시장은 변동성을 이용한 수익 창출이 가능하며 FFA를 통한 위험 헤징이 가능하다는 점에서 수익성을 극대화하기 위해 새로운 방법론이 필요하다.

〈표 5-2〉 HMM의 전용선계약 현황

계약대상	시작	종료	계약기간	화물	계약금액 (백만 원)
한국중부발전	2018	2034	18년	유연탄	195,295
한국중부발전	2017	2031	15년	유연탄	175,492
한국서부발전	2016	2030	15년	유연탄	119,674
한국남부발전	2016	2034	18년	유연탄	254,218
한국서부발전	2018	2036	18년	유연탄	254,218
한국남동발전	2017	2035	18년	유연탄	254,218

자료: HMM 공시자료(검색일: 2021. 6. 20)

3) 대기선박 식별을 통한 수급지수 생성

AIS 데이터를 활용하여 항만 인근 또는 특정 해상에 위치한 선박 수를 활용해 공급 지수를 생성하는 방안도 고려할 수 있다. 항만 입항을 위해 대기하는 선박이 많아질수록 공급에 차질이 발생하기 때문에 운임이 상승할 가능성이 높다. 2021년 컨테이너 시장에서 이와 유사한 일이 발생하고 있다. 2020년 하반기부터 예상을 상회하는 수요 증가로 이를 처리하기 위해 선사들이 공급량을 최대로 늘렸지만 처리하기에 충분하지 않았다.

항만 체선으로 인한 공급 회전을 하락도 원인으로 지목된다. 특히 북미 서부 항만인 LA/LB항의 경우 2021년 1분기 처리실적이 전년 동기 대비 40% 이상 증가한 것으로 조사되었는데, 2021년 3월에는 동 항만의 대기척수가 40척 이상으로 나타났다. 2021년 5월 기준 평균 대기일이 6일 이

상으로 나타나 여전히 체선이 지속되는 것으로 확인된다. 이처럼 주요 항만의 대기척수를 정기적으로 집계하여 지수화하면 운임과 상관관계가 발생할 것으로 추정 가능하다.

〈그림 5-4〉 LA/LB항 대기척수

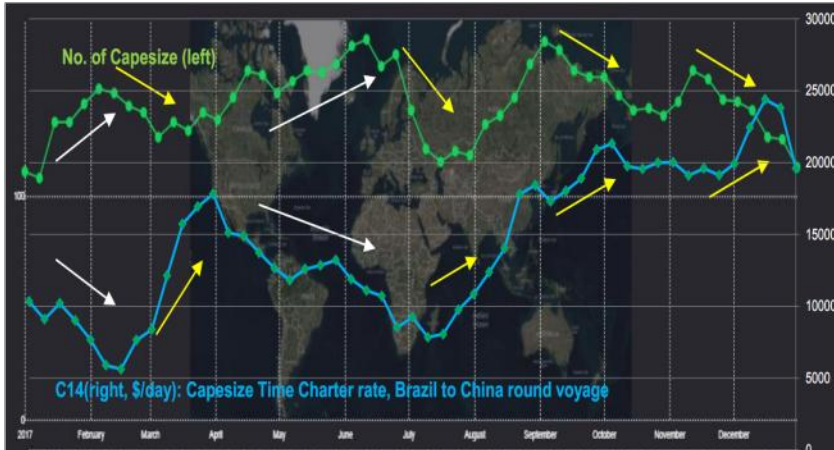


자료: 알파라이너(2021), p. 2

나아가 특정 항만이 아닌 특정 해상에서 특정 선종의 선박 수와 운임의 관계에 대한 연구도 가능하다. 〈그림 5-6〉은 대서양에 위치한 케이프사이즈 선박 수와 운임(C14)의 관계이다. 케이프선의 수가 증가할수록 운임은 하락하며, 감소할수록 운임은 상승하는 것으로 나타났다.

기상악화, 체선 등으로 항만 대기척수가 증가하는 경우 외에 헤드홀(headhaul) 또는 백홀(backhaul)일 때의 척수까지 고려할 경우 시장의 움직임을 면밀하게 분석 가능할 것으로 기대된다.

〈그림 5-5〉 대서양 선박(케이프사이즈) 수와 운임(C14) 간의 관계

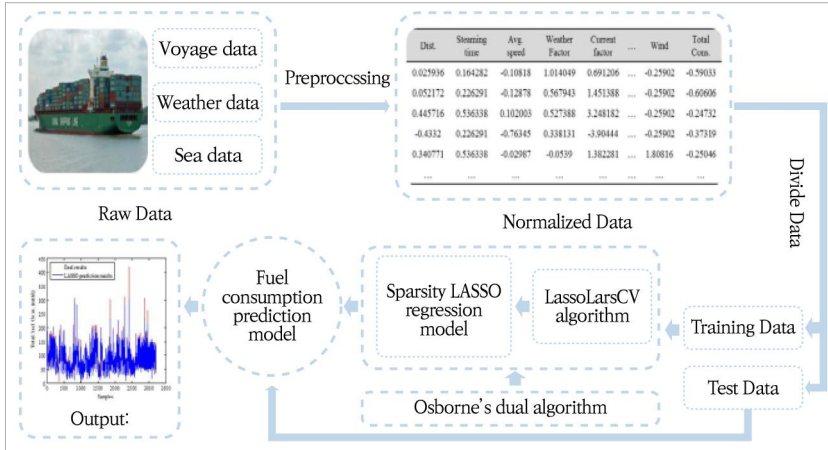


자료: IHS(2018), p. 38

3. 해운항만환경 분야에 대한 적용

AIS를 활용한 해양·환경 분야에 대한 연구는 2018년 이후로 활발히 진행되고 있다. IMO의 환경 규제에 따라 온실가스, 질소 및 황산화물, 미세먼지 등 선박에서 배출되는 오염물질에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 대부분의 연구가 AIS를 활용하여 선박 이동거리 및 선속 등을 추정하여 연료소모량을 산정한다. 다만 과거의 연구에서는 Corbett(2009)에서 연구된 ‘Cube rule’ 기반의 연료소모량을 추정했다면, 최근에는 다양한 방법론을 통해 보다 정밀하게 추정하고 있다.

〈그림 5-6〉 AIS 자료를 활용한 연료소모량 추정 프로세스

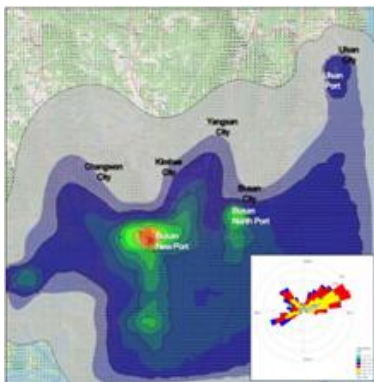


자료: Wang(2018), p. 819

추정된 선박 연료소모량을 활용하여 선박에서 발생하는 오염물질을 추정할 수 있을 뿐만 아니라 이들 오염물질이 어떻게 확산하는지도 예상할 수 있다.

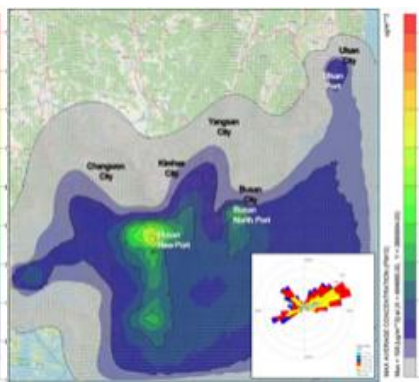
〈그림 5-7〉 AMP 적용 전후 황산화물 대기확산 추정

〈AMP 적용 전〉



자료: 강무홍 외(2020), p. 205

〈AMP 적용 후〉



자료: 강무홍 외(2020), p. 205

최근 쟁점이 되고 있는 후쿠시마 원전 오염수 방류에 대한 영향도 AIS 자료를 이용할 수 있다. 조류의 흐름에 따른 영향은 이미 연구가 진행되었으나 선박에서 배출되는 선박평형수에 대한 연구는 향후에 선박 이동자료인 AIS를 활용할 수 있다. 특히 후쿠시마 원전 인근에서 주입된 선박평형수가 어디에서 배출되며 어떤 영향을 미칠지에 대한 연구는 AIS 자료를 기반으로 이루어질 것으로 예상된다.

참고문헌

국내 문헌

- 강무홍·최상희·이연경·이기열(2020), 「AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구」, 한국해양수산개발원, pp.1~112.
- 고병욱·최건우·안영균·황수진·김병주(2018), 「컨테이너 해상물동량 예측모형 연구-베이지안 방법론을 중심으로」, 한국해양수산개발원, pp.1~116.
- 김두환·이강배(2020), 「LSTM을 활용한 부산항 컨테이너 물동량 예측」, 『한국항만경제학회지』, 36(2), pp.53~62.
- 김정은·오진호·우수한(2018), 「유류화물 항만물동량 예측모형 개발 연구」, 『한국항만경제학회지』, 34(1), pp.81~98.
- 김주영·김동호·성흥모·송태진(2019), 「빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구-기종점통행량(O/D) 구축방법론 개발을 중심으로 (1 차년도)-」, 『한국교통연구원 기본연구보고서』, pp.1~177.
- 김창범(2007), 「해상운송의 물동량 예측과 항만물류정책」, 『한국항만경제학회지』, 23(1), p.149~162.
- 모수원·김창범(2003), 「해상물동량의 추정과 예측」, 『해운물류연구』, 37, pp.1~18.
- 박우성(2010), 「성과배분제와 동기부여: 개인 및 조직 특성의 조절효과」, 『대한경영학회지』, 23(5), pp.2659~2676.
- 송상근·류동근(2014), 「시스템 다이내믹스를 이용한 부산항 환적물동량 예측모델에 관한 연구」, 『한국항해항만학회 학술대회논문집』, pp.175~177.

-
- 서원태(2020), 「빅데이터와 인공지능 기반의 한국형 물류센터 수요 예측에 관한 연구」, 『한국통신학회 학술대회논문집』, pp.494~495.
- 신승진·박동주·김재준(2016), 「다지역 CGE 모형을 이용한 철강 화물물동량 (P/C) 추정」, 『교통연구』, 23(3), pp.21~41.
- 이서정·박인환(2010), 「선박 AIS 정보 응용을 위한 데이터베이스 설계 및 구현」, 『Journal of Korean Navigation and Port Reserch』, 34(5), pp.343~348.
- 오정철(2015), 『선체구조학』, 세진사, pp. 1~288.
- 장원익(2010), 「광물자원의 해상물동량 전망에 관한 연구: 철광석 및 석탄을 중심으로」, 『자원·환경경제연구』, 19(2), pp.341~360.
- 정태원·김근섭(2005), 「컨테이너물동량 추정에 관한 연구」, 『대한교통학회 학술대회지』, 49, pp.888~895.
- 조상호·남형식·류기진·류동근(2020), 「단계적 회귀분석과 인공지능망 모형을 이용한 광양항 석탄·철광석 물동량 예측력 비교 분석」, 『한국항해항만학회지』, 44(3), pp.187~194.
- 진재현·고금지(2016), 「유엔의 빅데이터 품질검증 기준과 시사점: 빅데이터의 국가 통계 활용을 중심으로」, 『국제보건복지정책동향』, pp. 110~121.
- 해운거래정보센터(2015), 「해운시장 조기경보시스템 구축사업」, 최종보고회자료집, pp. 1~62.
- 황수진·윤희성·최건우·박동원(2019), 「AIS데이터를 활용한 해운시황예측 모형 개발」, 한국해양수산개발원, pp.1~50.

국외 문헌

- Adland, R., H. Jia, & S. P. Strandenes(2017), "Are AIS-based trade volume estimates reliable? The case of crude oil exports", *Maritime Policy & Management*, 44(5), pp.657-665.
- Bikker, J. A.(1987), "An international trade flow model with substitution: an extension of the gravity model", *Kyklos*, 40(3), pp.315-337.

- Cerdeiro, D. A., Komaromi, A., Liu, Y., & Saeed, M. (2020), "World seaborne trade in real time: A proof of concept for building AIS-based nowcasts from scratch", *International Monetary Fund*, pp.1-44.
- Chen, S. & J. Chen(2010), "Forecasting container throughputs at ports using genetic programming", *Expert Systems with Applications*, 37(3), pp.2054-2058.
- Coto-Millan, P. & L. Inglada-Pérez(2020), "Testing for nonlinearity and chaos in liquid bulk shipping", *Transportation Research Procedia*, 48, pp.1605-1614.
- Darendeli, A., A. Alparslan, M. S. Erdoğan, & Ö.Kabadurmuş,(2020), "Container Demand Forecasting Using Machine Learning Methods: A Real Case Study from Turkey", *The International Symposium for Production Research*, pp.842-852.
- Ding, M. J., S. Z. Zhang, H. D. Zhong, Y. H. Wu, & L. B. Zhang(2019), "A prediction model of the sum of container based on combined BP neural network and SVM", *Journal of Information Processing Systems*, 15(2), pp.305-319.
- Dragan, D., T. Kramberger, & M. Intihar(2014), "A comparison of methods for forecasting the container throughput in north Adriatic ports". *IAME 2014 Conference Norfolk VA USA*, pp.1-20.
- Farhan, J. & G. P. Ong(2018), "Forecasting seasonal container throughput at international ports using SARIMA models", *Maritime Economics & Logistics*, 20(1), pp.131-148.
- Grida, M. & C. Lee(2018), "An empirical model for estimating berth and sailing times of mega container ships", *Maritime Policy & Management*, 45(8), pp.1078-1093.
- Halden, T.(2019), "Estimation of Trade Flows With the Use of AIS Data: The Case of LNG Shipping", Master's thesis Norwegian University of Science and Technology, pp.1-91.
- Huang, L., Y. Wen, Y. Zhang, C. Zhou, F. Zhang, & T. Yang(2020), "Dynamic calculation of ship exhaust emissions based on real-time AIS data", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, pp.1-15.
- IHS Markit(2018), "Bulk Shipping Market Outlook", *2018 Maritime Silk Road International Cooperation Forum*, pp.1-40

-
- Jia, H., V. Prakash, & T. Smith(2019), "Estimating vessel payloads in bulk shipping using AIS data", *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 11(1), pp.25-40.
- Kaluza, P., A. Kölzsch, M. T. Gastner, & B. Blasius(2010), "The complex network of global cargo ship movements", *Journal of the Royal Society Interface*, 7(48), pp.1093-1103.
- Kavussanos, M. G. & A. H. Alizadeh-M(2001), "Seasonality patterns in dry bulk shipping spot and time charter freight rates", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(6), pp.443-467.
- Moutzouris, I. C. & N. K. Nomikos(2019), "Earnings yield and predictability in the dry bulk shipping industry", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, pp.140-159.
- Onyemechi, C., C. Igboanusi, & A. Ekene-Ezenwa(2014), "International trade flow analysis using the gravity model-The Nigirean Conondrum", *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 3(4), pp.181-185.
- Pang, G. & B. Gebka(2017), "Forecasting container throughput using aggregate or terminal-specific data? The case of Tanjung Priok Port, Indonesia", *International Journal of Production Research*, 55(9), pp.2454-2469.
- Ping, F. F. & F. X. Fei(2013), "Multivariant forecasting mode of Guangdong province port throughput with genetic algorithms and Back Propagation neural network", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, pp.1165-1174.
- Shibasaki, R., K. Kanamoto, & T. Suzuki(2020), "Estimating global pattern of LNG supply chain: a port-based approach by vessel movement database", *Maritime Policy & Management*, 47(2), pp.143-171.
- Shynkevich, Y., T. M. McGinnity, S. A. Coleman, A. Belatreche, & Y. Li(2017), "Forecasting price movements using technical indicators: Investigating the impact of varying input window length", *Neurocomputing*, 264, pp.71-88.
- Svanberg, M., V. Santén, A. Hörteborn, H. Holm, & C. Finnsgård (2019), "AIS in maritime research", *Marine Policy*, 106, pp.1-10.
- UNECE(2014), "A Suggested Framework for the Quality of Big Data, Deliverables of the UNECE Big Data Quality Task Team", *UNECE*, pp.1-32.
-

- van Dorsser, C., M. Wolters, & B. van Wee(2012), "A very long term forecast of the port throughput in the Le Havre-Hamburg range up to 2100", *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 12(1), pp.88-110.
- Veenstra, A. W. & H. E. Haralambides(2001), "Multivariate autoregressive models for forecasting seaborne trade flows", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(4), pp.311-319.
- Walsh, C. et al.(2019), "Trade and trade-offs: Shipping in changing climates", *Marine Policy*, 106, pp.1-18.
- Wang, S., B.Ji, J. Zhao, W.Liu, & T. Xu (2018), "Predicting ship fuel consumption based on LASSO regression", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 65, pp. 817-824.
- Wang, L., Y. Li, Z. Wan, Z. Yang, T. Wang, K. Guan, & L. Fu(2020), "Use of AIS data for performance evaluation of ship traffic with speed control", *Ocean Engineering*, 204, pp.1-25.
- Wang, L. et al.(2020), "Use of AIS data for performance evaluation of ship traffic with speed control", *Ocean Engineering*, 204, pp.1-25.
- Xiao, J., Y. Xiao, J. Fu, & K. K. Lai(2014), "A transfer forecasting model for container throughput guided by discrete PSO", *Journal of Systems Science and Complexity*, 27(1), pp.181-192.
- Xie, G., Y. Qian, & H. Yang(2019), "Forecasting container throughput based on wavelet transforms within a decomposition-ensemble methodology: a case study of China", *Maritime Policy & Management*, 46(2), pp.178-200.
- Xie, G., S. Wang, Y. Zhao, & K. K. Lai(2013), "Hybrid approaches based on LSSVR model for container throughput forecasting: a comparative study", *Applied Soft Computing*, 13(5), pp.2232-2241.
- Yan, Z., Y. Xiao, L. Cheng, S. Chen, X. Zhou, X. Ruan, & B. Ran(2020), "Analysis of global marine oil trade based on automatic identification system (AIS) data", *Journal of Transport Geography*, 83, pp.1-15.
- Yang, D., L. Zhang, M.Luo, & F. Li(2020), "Does shipping market affect international iron ore trade?-An equilibrium analysis", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 144, pp.1-23.

Yang, Z. & E. E. Mehmed(2019), "Artificial neural networks in freight rate forecasting", *Maritime Economics & Logistics*, 21(3), pp.390-414.

인터넷 자료

전자공시시스템, <https://dart.fss.or.kr/>(검색일: 2021. 6. 20.)

AEROMARINE SRT, <https://gmdsstesters.com/radio-survey/ais/shipborne-automatic-identification-system-ais.html> (검색일: 2021. 6. 5.)

Clarksons, <https://sin.clarksons.net/>(검색일: 2021.6. 5.)

EU CRIMARIO, <https://www.crimario.eu/en/events/training-on-ais-system/>(검색일: 2021. 6. 5.)

US COAST GUARD, <https://navcen.uscg.gov/?pageName=AISmain>(검색일: 2021. 6. 5.)

기본연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	시민참여형 해안돌봄 정책 도입방안 연구	정치호
02	해양 플라스틱 쓰레기가 선박 운항에 미치는 영향분석 연구	김보람
03	여성어업인 노동정책 방향 연구	홍혜수
04	순환경제 시스템을 활용한 어업폐기물의 자원화 방안 연구	고동훈
05	1conomy 시대, HMR 시장 확대에 따른 수산부문 대응전략 수립 연구	마창모
06	AIS 데이터 기반 해상교통 안전 평가모델 개발 연구	황선일
07	항만 에너지 관리시스템 도입을 위한 로드맵 구축 연구 - 부산항 신항 전기에너지 소비를 중심으로 -	김근섭
08	해양분야 리빙랩 활성화 방안 연구	좌미라
09	빅데이터의 연계·활용을 통한 선박의 배출량 산정체계 고도화 방안 연구	안용성
10	해양공간계획 집행체계 고도화 방안 연구	최희정
11	수산식품산업 푸드테크 환경분석 및 적용전략 연구	이상건
12	AIS데이터기반 해상물동량 추정 연구	황수진
13	항만부문 정책의사결정 지원 빅데이터 플랫폼 구축 방안 연구	이기열
14	항만 컨테이너 물류 프로세스 디지털화 모형 연구	서정용
15	해양수산 분야 국제산업연관표 구축기반 연구	정수빈
16	해양수산 과학기술 정책평가모형 연구 - 해양수산 R&D를 중심으로 -	전형모
17	글로벌 경제위기와 해운산업 대응체계 연구	박성화
18	항만산업 경기진단체계 구축 연구 - 경기동행지수 개발을 중심으로 -	김성아
19	전국 무역항 부두 분류 체계 개선방안 연구	이수영
20	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의 육성 및 지원을 위한 법제화 연구(5차년도) -	박한선
21	수소에너지 거점 구축을 위한 항만의 대응방안 연구	신수용

2020년

01	해양수산업의 지역 간 연관구조 분석	장정인
02	해양수산 분야 기술 대외의존도 분석연구 - 스마트항만을 중심으로 -	전형모
03	지역 해양수산 오픈 플랫폼 구축방안 연구	최지연
04	갯벌 거버넌스 개선방안에 관한 연구	육근형
05	해양환경정책의 능동적 추진을 위한 재원체계 개선 방안 연구	박수진
06	항만 대기환경 관리 표준 및 평가모형 연구	안용성
07	해양수산분야 사회문제해결형 R&D 기반 구축 연구	좌미라
08	해양 유입 하천쓰레기 관리체계 개선방안	이윤정
09	수산물 품질·안전관리 제도 개선방안 연구	이현동
10	국제법 변화에 대응한 어선원 안전 및 권리 제고방안 연구	한덕훈
11	스마트 양식 클러스터 추진 방안 수립 연구	이상철
12	해양포유류 보호에 관한 수산업 대응 방안 연구	정명화
13	수산물 수급통계 개선 방안 연구	김수현
14	IMO 온실가스 규제 대응 정책방향 연구	박한선
15	퇴직전문가 활용을 통한 해운업 경쟁력 강화방안 연구	안영균
16	글로벌 선사들의 물류통합화 전략에 대한 국적선사의 대응방안	전형진
17	내항여객운송항로 정책 발전방안 연구	김태일
18	블록체인 기술기반 식품콜드체인 체계 구축 연구	조지성
19	항만자동화 도입 관련 노무 갈등 해소 방안 연구	김찬호
20	스마트항만과 스마트도시 연계 발전 방안 연구	이연경
21	항만의 회복탄력성 측정 모형 구축에 관한 연구	김성기
22	IMO 규제기반 해사산업의 글로벌 지속발전방안 연구 - 新해사산업의경제적파급효과분석연구(4차년도) -	박한선
23	국내 항만연계 산업의 가치사슬 및 공급사슬 연계성 강화방안 - 자동차 산업을 중심으로	신수용

수시연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	해양환경산업 육성 방안 연구	한기원
02	선원의 인권 및 근로여건 향상을 위한 선원근로감독관 제도 개선 방안 연구	허성례
03	포스트 코로나 시대를 대비하는 지역 해양축제 활성화 연구	최일선
04	회복탄력성 개념을 적용한 항만 위기관리 시스템 구축 연구	김성기
05	중대재해처벌법 시행에 따른 항만에서의 대응방안 연구	최상균
06	크루즈산업 COVID-19 방역체계 구축방안 연구	황진희
07	한국형 선주사의 최적 운영방안 연구	고병욱
08	여촌형 생활서비스 전달체계 개선 연구	이호림
09	원양산업의 ESG 도입 기초 연구	윤미경
10	수상레저활동 관리체계 개선방안 연구	홍장원
11	연안지역 자연성 회복을 위한 정책 방향_간척지·담수호 중심으로	정지호
12	스마트항만 구축에 따른 탄소저감 효과 연구 - 동력전환을 중심으로 -	김가현

Ⅰ 2020년

01	포스트 코로나 19 해양수산 분야 정책방안	박광서
02	생분해성 어구 사용 활성화 방안 연구	심성현
03	해양법 전문인력 양성 방안 연구	박영길
04	무인도서 해양주권 강화와 이용 활성화를 위한 제도 개선방안	정지호
05	지역 해양수산 재정분권 대응방향	황재희
06	데이터 3법 개정에 따른 항만·물류 데이터 활용도 제고 방안	이기열
07	양식 활어 유통 효율화 방안 연구	마창모
08	해양레저관광사업 추진을 위한 제도정비 방안	홍장원
09	해양바이오기업의 규제 정비 방안 연구	최석문
10	비상체제 시 선원의 안전을 위한 선박-항만-항공 이동경로 구축방안	이혜진

일반연구보고서 발간목록

Ⅰ 2021년

01	해양수산 정책영향평가를 위한 기초 연구	김주현
02	해양교육의 사회·경제적 가치 평가 연구	이슬기
03	해양수산업 경기진단체계 기초연구 - 해운업을 중심으로	권장한
04	선박 기술진보를 고려한 탄소 배출량 추정 연구	최건우
05	서포트벡터머신(SVM) 기법을 활용한 해운시황 예측 연구	김병주
06	크루즈 여객 수요 전망 모형 구축 연구	안승현
07	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅲ)	서정용
08	수출용 전복의 유통경로 분석 연구	이정필
09	인공지능기반 해상운임 예측 연구(3차년도)	황수진
10	인공신경망모형을 이용한 양식수산물 단수 전망에 관한 연구 - 김 양식을 중심으로 -	천성훈
11	해양수산분야 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석 연구	박광서

Ⅰ 2020년

01	지역 해양관광 경쟁력 지수 체계화 연구	최일선
02	AIS 기반 글로벌 선박 배기가스 배출량 분석 연구	강무홍
03	김 중기 수급전망모형 「Gim-MFoS」 구축 연구	허수진
04	중앙 북극 공해 비규제어업방지협정 이행방안 연구	김민수
05	동해 평화관광구역 조성 방안 연구	윤인주
06	디지털 공급사슬 물류정보통합 구축전략 연구(Ⅱ) - 일반 수출입 컨테이너 정보교환방식 중심 -	이연경
07	스트레스 테스트를 통한 우리나라 해운·조선 기업의 안정성 분석	박성화
08	인공지능기반 해상운임예측 연구	황수진
09	국제물류주선업 실태분석 및 경쟁력 제고 방향 연구	최나영환
10	디지털화에 따른 개별 직업의 대체 가능성 추정 연구	박희대
11	시계열 분석을 통한 해운시장 분석 및 예측 연구	고병욱
12	해양수산분야 글로벌 경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구	임병호
13	해운항만물류 인력양성사업 관리운영 제도 개선 방안 연구	이자연

기본연구 2021-12

AIS데이터 기반 해상물동량 추정 연구

인쇄 2021년 12월 29일

발행 2021년 12월 31일

발행인 김 중 덕

발행처 한국해양수산개발원

주소 49111 부산시 영도구 해양로 301번길 26(동삼동)

연락처 051-797-4800 (FAX 051-797-4810)

등록 1984년 8월 6일 제313-1984-1호

조판·인쇄 ㈜디자인월드 (051-916-1533)

판매 및 보급: 정부간행물판매센터 Tel: 02-394-0337

정가 15,000원