국제해운환경 변화요인의 추출 및 중요도 평가†

Extraction and evaluation of importance of factors changing the international shipping environment

이동화*·이상윤**
Lee, Donghwa · Lee, Sangyoon

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 선행연구
Ⅲ. 연구방법 및 설계
Ⅳ. 실증분석
Ⅴ. 결 론

〈Abstract〉

The purpose of this study is to identify the factors that cause the changes in the international maritime transport environment and to analyze the relative importance of each factors. To this end, an analytic process was designed to extract and structure the 'change factors' in the shipping environment covered by domestic and international academic research papers using text mining and topical modeling techniques, and to quantify the relative importance that shipping companies attach to each factor by applying the Analytic Hierarchy Process(AHP). The analysis result reveals higher importance for the technical demands(applications of the 4th Industrial Revolution technologies, introduction of autonomous vessels) and competitive aspects(mergers and acquisitions,

† 이 논문은 인하대학교의 지원에 의해 연구되었음.
* 제1저자, 인하대학교 물류전문대학원 물류학 석사, lynchpin9@naver.com
** 교신저자, 인하대학교 아태물류학부 교수, sylee@inha.ac.kr

spread of protectionism), while presents relatively lower weight for the IMO's environmental regulations(reduction of SOX and CO2 emission).

Key words: Shipping Industry, Text Mining, Topic Modeling, Analytic Hierarchy Process

Ⅰ. 서 론

세계경제의 침체와 미·중 무역 갈등, 일본의 대한국 수출규제, 선진국들의 자국기업 귀환정책 등 국제무역에 부정적인 영향을 미치는 요인들이 가중되는 시점에서 국내외 해운기업들은 국제해사기구의 환경관련 규제의 임박, 기업 간 경쟁·협력구도의 개편, 4차산업혁명 기술의 도입 등 다면적이고 심대한 해운환경 변화를 맞이하고 있다. 한진해운의 파산 이후 정부는 한국해운재건 5개년 계획을 추진하면서 국적 선사들의 경쟁력을 제고시키기 위한 정책적 지원을 제공하고 있으나 그 내용과 범위, 예산 등을 고려할 때 그 실효성은 제한적일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 국제해운산업에 중요한 영향을 미치는 변화요인이 무엇인지를 파악하고 각 변화요인에 대해 해운선사들이 체감하는 상대적 중요도를 분석하고자 하였다. 이를 위해 국내외 해운·물류관련 학술지(Journals)에 게재된 논문들이 다루고 있는 해운환경변화 요인들을 텍스트 마이닝 기법과 토픽 모델링 기법을 사용하여 추출 및 구조화하고, 대분류 및 세분류 요인들에 대해 해운기업들이 부여하는 상대적 중요도를 계층적 의사결정 기법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 적용하여 정량화하고자 하였다. 이러한 과정을 통해 해운산업에서 진행되고 있는 거시적·미시적 환경변화 요인들을 보다 객관적이고 포괄적인 관점에서 도출하고 그 상대적인 중요도를 분석할 수 있을 것이기 때문이다.

Ⅱ. 선행연구

국제해운환경 변화와 관련된 선행연구들을 중심 주제를 기준으로 분류하면, 해상운송수요를 파생시키는 무역환경 변화에 관한 연구, 해운경영과 관련하여 가장 중요한 비용요인으로 작용하는 유가의 변동에 관한 연구, 정기선 시장에서의 선사들 간 경쟁과 협력구도의 재편을 다루는 연구, 해운산업의 운영규칙과 제도를 규정하는 국제기구의 규제와 관련된 연구, 그리고 최근 활발하게 산업에 적용되기 시작한 제4차산업혁명 신기술이 해운산업에 미치는 영향에 관한 연구 등 5가지로 정리할 수 있다.

1. 무역환경 변화

2008년 이후 세계경제가 침체에서 벗어나지 못하고 있는 시점에서 미국과 중국은 무역수지 조정, 중국의 시장경제지위 인정, 중국 환율조작국 지정을 두고 첨예하게 대립하고 있다. 미중 간 무역분쟁뿐만 아니라 선진국의 적극적인 리쇼어링(Reshoring) 정책과 일본의 대한국 수출규제조치 등 세계무역을 위축시키는 사건들이 전개되고 있다. UNCTAD (2018)는 세계적인 보호무역기조의 확산과 보복 관세전쟁이 잠재적인 세계무역 시스템에 부정적인 영향을 미칠 것으로 분석한 바 있다. 산업연구원은 2018년 5월 미국의 대중국 관세율이 10%에서 25%로 인상됨으로써 한국의 대중국 수출액이 10.2억 달러 감소할 것으로 분석하였으며, 한국무역협회는 미중 간 상호관세 부과로 중국의 대미국 수출이 1.9%(연간 90억 달러) 감소하고 우리나라의 수출 역시 0.14%(8.7억 달러) 감소할 것으로 전망하였다(윤희성 등 2019에서 재인용). 이러한 보호무역 기조 하에서 국제해운환경 역시 불확실성이 심화되어 해운경기의 회복에 부정적인 영향을 가중시키고 있다. 예를 들어 2018년 미국의 대중국 관세인상으로 우리나라와 중국 간 컨테이너 화물이 3,868TEU 감소한 것으로 분석되었으며(윤희성 등 2019), 보호무역주의 기조와 해외 생산시설 가동으로 인하여 국내 완성차의

대 미국 수출량이 감소할 것으로 예상된다(한국해양수산개발원 2019). 장래 미중 무역분쟁의 전개방향에 대해 홍진영·박슬기(2018)는 양국 간 수출입 품목의 무역특화정도가 높고 중국과의 경제적 대립관계에서 기대할 수 있는 미국의 실익이 불명확하기 때문에 중장기적으로는 적정 수준의 타협과 호혜적 관계를 모색하는 방향으로 나아갈 것이지만 상당 기간 양국 간 긴장관계는 지속될 것으로 전망하였다.

2. 유가변동

김우환 · 김주현(2010)은 유가 변동의 불확실성에 따른 해운기업의 리스크를 현금흐름 관점에서 측정하였다. 국제유가는 해운기업의 영업활동에 직결되므로 안정적인 기업경영을 위해서는 미래에 발생 가능한 현금흐름을 충분히 고려해야 한다고 제언하였다. Yao et al.(2012)은 선박속도와 연료 소비율 간의 관계를 분석하고 최적화 기법을 통해 정기선 서비스에 대한 연료 관련 비용 최소화 계획 모델을 제시하였다. 저자들은 운송비용의 절감은 해운기업의 서비스 품질과 효율성을 향상시킬 수 있으므로 해운 기업의 의사결정권자는 불확실성에 대한 적절한 전략을 세워 해운선사의 경쟁력을 유지해야 한다고 주장하였다.

3. 정기선 산업구조 개편

정기선 시장에서 선사 간 인수합병은 선사의 빠른 성장을 위한 중요한 전략적 수단으로 인정되어 왔다(Voorde and Vanelslander 2009). Alexandrou et al.(2014)은 1984년부터 2011년까지 해운기업의 인수합병활동에 따른 수익률 변화를 분석한 결과 인수기업은 1.2%, 인수대상기업은 3.3% 수익률이 향상되는 긍정적 효과를 확인하였다. Choi et al.(2013)은 일본선사의 인수합병사례를 통해 장기적으로 해운선사에 미치는 영향을 분석하였는데, 인수합병이 해운선사의 재무적 안정성과 수익성을 개선시킬 수 있다고 평가하였다. 인수합병과

함께 글로벌 얼라이언스 재편 또한 해운 환경변화 요인으로 중요하게 인식되고 있다. Hirata(2017)는 2009년부터 2011년까지 6개의 주요 정기항로 컨테이너 운임에 대한 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index, HHI)의 효과를 추정하고 대규모 전략적 제휴를 통해 선박 규모의 증대와 운임의 하락을 도모함으로써 경쟁력을 획득할 수 있다고 분석하였다. 하지만 이러한 대규모 글로벌 얼라이언스의 재편은 상위선사의 시장점유율을 증가시켜 얼라이언스에 소속되지 못한 선사의 생존에 큰 위협이 될 것으로 예상된다(박성화·김태일 2017). 한편 지난 수십 년 동안 해운기업들은 내륙운송, 터미널운영, 물류의 수직적 통합과 같은 다각화 과정을 경험하여 왔다(Panayides and Cullinane 2002; Panayides 2012). 상당수의 정기 선사들이 항만 터미널 사업에 진출하였으며 복합운송 물류서비스를 제공하고 있다(Satta et al. 2013). 정기선 사업에서 이러한 통합과 다각화 전략은 규모와 범위의 경제로 인한 비용절감과 효율성 향상, 고객유지와 수익안정화, 경쟁적인 환경에서의 생존과 관련되어 있다(Parola et al. 2006).

4. 국제해사기구 환경규제

국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)의 선박에 대한 각종 환경규제가 유예기간을 거쳐 현실화되고 있는 가운데 많은 국적 해운기업들이 그에 대한 준비와 실행에 따른 경제적 비용을 지불해야 할 시점이 도래하고 있다. Holmgren et al.(2014)은 북유럽 지역을 대상으로 IMO의 황산화물 규제가 미치는 영향에 대해 시뮬레이션기법을 통해 분석한 결과 항해비용의 증가, 운임의 상승을 초래함으로써 운송수단의 전환이 유발될 것으로 예측하였다. Sys et al. (2014)은 북유럽과 지중해 연안의 해상운송에서 국제 규제의 잠재적인 영향을 입법기관과 선·화주와의 인터뷰를 통해 정책적·입법적 관점에서 평가하고, ECA (Emission Control Area)를 통한 항해비용을 계산하여 경제성을 분석하였다. 그 결과 선사의 경쟁력을 보호하기 위해서는 IMO의 MARPOL

Annex VI의 현행 수준이 개선되어야 한다고 주장하였다. Fernandes et al.(2016)은 IMO의 평형수 관리협약으로 인한 BWTS(Ballast Water Treatment System) 설치가 선사의 선박관리 활동에 추가적인 비용으로 간주되어 해운업계에 상당한 부담이 될 수 있지만 환경비용 절감 측면에서 장기적으로 긍정적인 투자가 될 수 있다고 평가하였다. 이러한 규제를 이행하는데 있어서 가장 큰 문제는 규제 이행 조치의 비용이다(Heitmann and Khalilian 2011). Karahalios et al.(2015)은 AHP- Fuzzy 방법론을 적용하여 선박 운영자의 입장에서 해상 규제를 시행할 때 고려해야 할 우선순위를 도출하였는데, 그 결과 규제가 중요하다는 데에는 의심할 여지가 없지만 많은 시간이 소요되는 절차와 비용으로 인해 선박의 운영자는 규제를 따르는데 큰 어려움이 있을 수 있으며 따라서 규제기관이 선박 운영자의 경제적 부담을 고려한 평가 시스템을 마련할 필요가 있다고 제언하였다.

5. 4차산업혁명 신기술

2010년 이후 4차산업혁명으로 인한 제조, 서비스 사업 환경의 디지털전환(Digital Transformation)을 다룬 연구가 양산되고 있다. 블록체인(Block Chain), 빅데이터(Big Data), 사물인터넷(Internet of Things, IoT), 인공지능(Artificial Intelligence, AI)과 같은 4차산업혁명의 신기술이 다양한 산업에 적용되면 해운산업이 위축될 가능성이 있다. 그 이유는 해외직접투자가 감소하고 리쇼어링이 증가될 가능성이 크기 때문이다. 지금까지 선진국 기업들은 인건비의 비중을 낮추기 위해 여러 개발도상국에서 분업생산을 하였다. 하지만 3D프린터 사용, 인공지능 활용과 같은 제4차산업혁명에 의해 인건비의 비중이 낮아지면 해외에서 생산하지 않고 국내에서의 생산이 가능하게 되었다. 이러한 선진국들의 생산패턴의 변화는 결국 세계 물동량을 감소시켜 국제물류에 타격을 줄 것으로 전망된다(미래전략정책연구원 2016; 강영문 2017).

반면에 이강배 등(2018)은 운송기술과 ICT 기술의 융복합적 발전은 막힘없

는 화물흐름을 통해 운송의 효율성을 향상시킨다고 주장한다. 해당 연구에서 저자는 현재의 해운물류 프로세스를 분석하고 4차산업혁명 기술로 변화되는 미래물류 프로세스를 설계하였다. 그 결과 해운산업에서는 IoT기술과 빅데이터 기술을 통해 가치 있는 데이터를 분석함으로써 선박운항의 비용절감 및 수익성을 결정하는 의사결정이 가능하다고 보았다. 따라서 장기적인 관점에서 해운산업의 생존과 글로벌 선사들과의 경쟁을 위해서는 미래지향적인 IT 투자가 필요하다고 제언했다. 한편, 운영비용 절감과 에너지 효율달성은 해운산업에서 중요한 요인으로 지목되고 있다. 전 세계적으로 이러한 목표를 달성하기 위해 에너지 효율적인 선박을 구현하려는 연구가 진행 중이다. 4차산업혁명 기술에 맞춰 선체 형태 최적화, 자동화 시뮬레이션, 무인 운항과 같은 선박 설계 프로세스 발전이 가속화 되고 있다(Ang et al. 2017). Allal et al.(2018)은 자율운항선박 도입이 해운 산업의 지속가능성을 향상시켜 주고 해운기업의 수익성을 높일 수 있는 잠재력을 보유하고 있다고 주장하였다. 해당연구에서는 자율운항선박의 구조변화와 장비제거로 인한 에너지 절약 및 온실가스 배출 절감 효과를 측정하였는데, 그 결과 선박의 경량화, 소비 에너지 감소, 온실가스 배출 감축이 가능한 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 해운환경변화에 따라 선사에 미치는 영향을 분석하기 위한 다양한 시도와 분석이 존재한다. 하지만 대부분의 연구는 특정 주제에 집중되는 경향이 있어 해운산업을 둘러싼 전 방위적인 환경변화에 대한 포괄적이고 종합적인 이해에서는 한계가 있다. 특히 다가오는 2020년에는 해운산업에 대한 환경적 규제가 시행되고 글로벌 얼라이언스의 재편이 예고되고 있다. 이와 같은 상황에서 본 연구는 전반적인 해운환경변화 요인에 대해 선사가 인식하는 중요도의 우선순위를 도출함으로써 선사의 해운환경변화에 대한 이해를 높이고 국내 선사들에게 우선적으로 대응해야 할 변화요인을 제시하고자 하였다.

Ⅲ. 연구방법 및 설계

본 연구는 다음의 과정을 거쳐 수행되었다. 먼저 국내외 해운·물류관련 학술논문에서 다루어진 국제해운환경 변화요인들을 텍스트 마이닝(Text Mining) 기법을 통해 추출하였다. 다음으로 토픽 모델링(Topic Modelling) 기법을 사용하여 앞서 추출된 해운환경 변화요인들 간의 계층적 구조관계를 규명하였다. 마지막으로 AHP 기법을 적용하여 국적선사들이 체감하는 해운환경 변화요인들 간의 상대적 중요도를 평가하였다. 이 과정 중 해운환경 변화요인들의 추출과 구조화 과정은 본장에서 설명하고 선사들이 평가한 변화요인들 간 상대적 중요도에 대해서는 제4장에서 상세하게 기술하고자 한다.

1. 텍스트 마이닝(Text Mining)

본 연구는 우리나라 해운선사들의 해운환경변화 요인에 대한 이해와 대응방안의 우선순위를 도출하고자 하였다. 이를 위해 먼저 텍스트 마이닝을 통해 해운환경변화 요인에 대한 키워드를 추출하였고, 이 키워드를 통해 토픽 모델링을 진행하여 구조화하였다. 이러한 연구 진행을 위해서는 요인들의 계층구조를 구성해야 한다. 계층의 분화가 이루어져야만 서로 다른 계층의 요인들 간 상호 독립성이 유지되며 동일 계층의 요인들에 대한 비교분석이 가능하기 때문이다(이훈병·윤건호 2009).

표-1. 해운 환경변화 관련 논문 키워드 출현빈도 순위

순위	키워드	빈도	순위	키워드	빈도
1	emission	46	20	logistics	19
2	cost	44	21	transport	18
3	competition	44	22	uncertainty	16
4	regulation	43	23	governance	16
5	fuel	42	24	consumption	16

순위	키워드	빈도	순위	키워드	빈도
6	risk	41	25	PROTECTIONISM	16
7	alliance	41	27	law	15
8	technology	37	28	barrier	15
9	Management	37	29	pollution	14
10	environment	36	30	chain	14
11	policy	28	31	carrier	14
12	bunker	27	32	Ballastwater	14
13	collaboration	25	33	bigdata	13
14	MA	25	34	partnership	12
15	Blockchain	24	35	price	11
16	route	21	36	gas	11
17	relationship	21	37	freight	11
18	innovation	20	38	speed	10
19	energy	20	39	relation	10

해운환경변화와 관련된 키워드를 추출하기 위해 국내외 선행학술논문 100개에 포함된 단어 출현빈도 분석을 진행하였다. 해당 논문들의 발행연도는 2008년부터 2019년까지이며 논문이 출판된 학술지들은 Maritime Policy & Management, Journal of Korean Navigation and Port Research(이상 각 5편), Journal of Shipping and Logistics, Journal of Transport Geography, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review(이상 각 4편), Journal of Korea Port Economic Association, Marine Policy, The Asian Journal of Shipping and Logistics, Transportation Research Part A: Policy and Practice (이상 각 3편), European Journal of business and management, International Journal of Shipping and Transport Logistics, Journal of Navigation and Port Research, Maritime Economics & Logistics(이상 각 2편), 그리고 Transport policy 등 41개 학술지에 발표된 논문 각 1편 및 컨퍼런스 발표논문과 국내외 대학의 학위논문 등이다. 전체 논문에서의 키워드 출현 빈도 순위는 <표-1>과 같다. 키워드를 한눈에 확인하기 위해 키워드 워드클라우드(wordcloud)를 살펴

보면 배출(emission), 규제(regulation), 보호주의(protectionism), 평형수(ballast water), 블록체인(blockchain), 국제해사기구(IMO), 연료(fuel), 추정(estimate), 벙커(bunker), 황(sulphur), 기술(technology), 선박(vessel), 얼라이언스(alliance) 등의 단어가 가장 많이 도출됨을 확인할 수 있다.

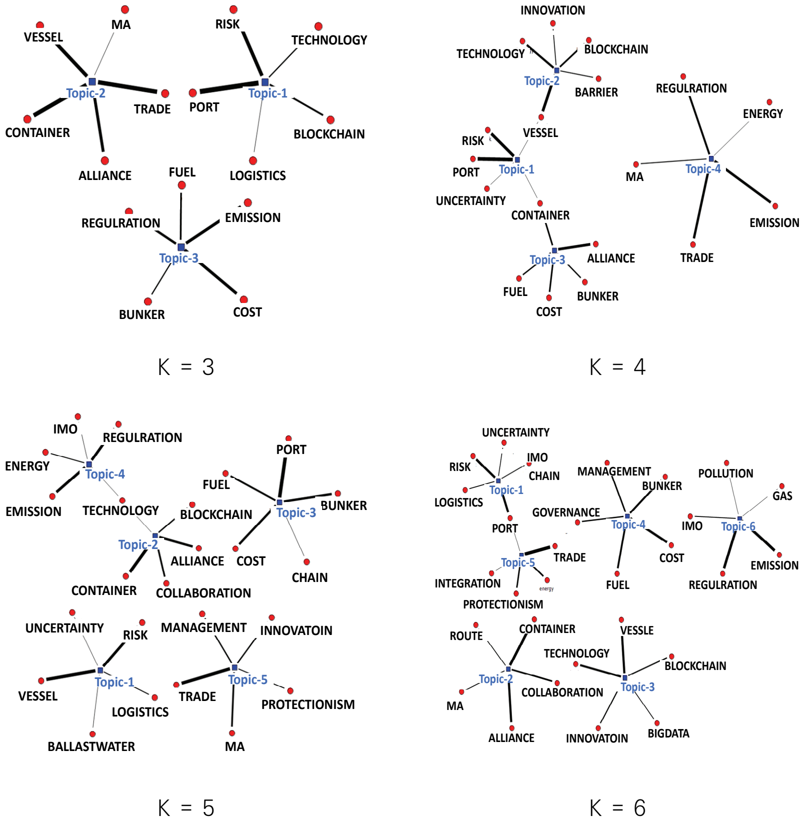
| 그림-1. 키워드 출현빈도에 따른 워드클라우드 |

2. 토픽 모델링(Topic Modeling)

토픽 모델링은 텍스트로 구성된 데이터에 내재된 토픽을 파악하여 분류하거나 토픽을 구성하는 단어 집합을 도출할 수 있게 해주는 방법이다. 본 연구에서는 해운환경변화 요인을 구조화하기 위해 토픽 모델링 기법 중 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA) 알고리즘을 통해 토픽을 추출하는 방법을 사용하였다. 토픽 수가 너무 적으면 추상적이어서 원본 데이터의 중요한 정보를 상실할 가능성이 있는 반면 너무 많으면 서로 중복되어 상관관계가 발생할 수 있기 때문에 적절한 토픽 수를 결정하는 것이 중요하다(Cao et al. 2009). 이수상(2016)에 따르면 토픽 수를 결정하는 데는 주로 두 가지 방법이 사용되는데 여러 개의 토픽 수를 부여하여 얻어지는 결과를 가지고 연구자가

주제 범주화가 가장 잘 되었다고 판단되는 토픽수를 결정하는 방법과 알고리즘을 통해 결정하는 방법이다. 본 연구에서는 데이터 전처리 과정을 통해 얻은 202개의 단어를 토픽 수(K) = 3, 4, 5, 6을 갖는 토픽 별 단어 네트워크를 구성하여 최적의 토픽 수를 구하였다.

▌그림-2. 토픽 수(K)에 따른 구성 ▌



<그림-2>에서 K가 3일 때를 제외하고 4, 5, 6일 때는 토픽 별 단어 구성이 중복되는 것을 관찰할 수 있다. 즉, K가 3일 때 모든 토픽이 독립적으로 구성되므로 최적의 토픽 수를 3개로 선정하여 분석을 수행하였다. 그 결과 각 토픽 별

로 할당 확률이 높은 키워드가 함께 제시되었고 토픽 별 표시 키워드 수는 5개로 설정하였다. 세 개의 토픽을 대 항목으로 구분한 이후 하위 항목의 키워드를 추출하기 위해 세 개의 토픽 각각 토픽모델링 분석을 한 번 더 진행하였다.

100개의 대상 논문 중 Topic-1을 구성하는 technology, blockchain, port, logistics, risk 등의 키워드를 포함하는 논문만 선별하여 토픽 수 2개, 토픽 별 키워드 수 5개, 단어 길이 2개 이상의 조건에서 하위분류를 위한 토픽 모델링을 수행하였다. 그 결과 technology, blockchain, balast water, MASS(Maritime Autonomous Surface Ship) 등의 단어로 구성된 하위 토픽과 risk, uncertainty, barrier 등의 단어로 구성된 하위 토픽이 도출되었다. 첫 번째 하위 토픽은 4차 산업혁명 기술적용, 선박평형수 배출개선, 자율운항선박 도입을 포함하는 기술적 요구로 구분하여 명명하였고, 두 번째 하위토픽의 경우 risk, uncertainty, barrier 등의 단어가 의미하는 바가 명확하지 않아 해당 단어를 포함하는 문장을 찾아 그 내용을 분석한 결과 유가와 해상운임의 변동과 관련된 것으로 파악되어 유가 및 해상운임 변동이라는 하위 토픽으로 명명하였다. 다음으로 Topic-2를 구성하는 alliance, trade, container, vessel, M&A 등의 키워드를 포함하는 논문에 대해 상기와 같은 조건으로 하위분류를 위한 토픽 모델링을 수행하였으며 그 결과 alliance, collaboration, carrier 등의 단어로 구성된 하위 토픽과 M&A, integration, protectionism 등의 단어로 구성된 하위 토픽이 도출되었다. 구성항목을 고려하여 첫 번째 토픽은 협력적 요인으로, 두 번째 토픽은 경쟁적 요인으로 명명하였다. 마지막으로 Topic-3을 구성하는 fuel, emission, cost, bunker, regulation 등의 키워드를 포함하는 논문들을 대상으로 하위 토픽을 분류하였다. 그 결과 pollution, emission, energy, IMO 등의 단어로 구성된 하위 토픽과 bunker, cost, consumption 등의 단어로 구성된 하위 토픽을 도출하였다. 첫 번째 토픽은 환경적 규제, 두 번째 토픽은 운항비용에 해당하는 내용으로 해석되었으며 이중 운항비용의 경우 앞서 도출된 유가 및 해상운임의 변동성과 중복되는 성격이 있어 해당 항목을 제외하고 구조화를 진행하였다.

최종적으로 기술적 요구와 유가 및 운임 변동의 하위 토픽을 포함하는 첫

번째 토픽은 산업적 측면의 변화요인으로, 협력적 요인과 경쟁적 요인의 하위 토픽을 포함하는 두 번째 토픽은 경영적 측면의 변화요인으로, 환경적 규제의 하위 토픽을 포함하는 세 번째 토픽은 국제규제의 변화요인으로 분류하였으며 국제해운환경 변화요인의 구조화 결과에 기초하여 설문지를 설계하였다. 먼저, AHP분석의 계층화 작업과정에서 최상층에는 가장 포괄적인 세 가지 측면으로 구분하였으며 그 다음의 계층은 상위요인들로 구성하였다. 일반적으로 하위계층에 있는 요소일수록 구체적이며 한 계층 내의 요인들은 서로 비교 가능한 것이어야 한다. 본 연구의 설문지 구성은 해운환경변화에 관한 상위요인 5개와 하위요인 12개에 대한 상대적 중요도를 알아보기 위해 계층화 작업을 <표-2>와 같이 수행하였다.

표-2. 토픽 모델링에 따른 해운환경 변화요인의 계층화

구분	대분류	세부분류
산업적 변화	기술적 요구	4차산업혁명 기술적용
		선박평형수 배출개선
		자율운항선박 도입
	유가 및 운임 변동	유가변동
		해상운임변동
경영적 변화	협력적 요인	글로벌 얼라이언스
		사업 다각화 및 확장
		선사 간 협력체제 구축
	경쟁적 요인	보호무역주의 확산
		인수합병
국제규제 변화	환경적 규제	황산화물 배출규제
		온실가스 배출규제

Ⅳ. 실증분석

1. 자료의 수집과 선별

제3장에서 추출하고 계층화한 해운환경 변화요인들에 대한 상대적 중요도를 평가하기 위하여 AHP분석에 자료를 얻을 수 있도록 설문지를 설계한 후 한국선주협회에 등록된 선사 179개에 근무하고 있는 임직원을 대상으로 설문조사를 수행하였으며 1차적으로 40부의 설문지를 회수하였다.

▍표-3. 설문 응답자 정보 ▍

직책	응답 수	비율
실무자급	9	45%
관리자급	11	55%
소계	20	100%
근속년수	응답 수	비율
5년~10년	8	40%
10년 이상	12	60%
소계	20	100%
연간 매출액	응답 수	비율
50억~100억	2	10%
100억~500억	7	35%
500억 이상	11	55%
소계	20	100%
주요업종	응답 수	비율
벌크	14	70%
컨테이너	5	25%
두 서비스 모두	1	5%
소계	20	100%
대응조직	응답 수	비율
한시적 운영	6	30%
상시적 운영	14	70%
소계	20	100%

복잡한 계층구조를 평가하는데 있어 인간의 판단력에 제약이 있기 때문에 판단자의 일관성을 측정하여 그 신뢰성을 검증해야 한다. 이를 위해 응답 설문지에 대해 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 산출하였다. 일관성 비율(CR)이 0의 값을 가지면 응답자가 완전한 일관성을 유지하고 있다는 것을 의미하며, CR이 0.2 이내일 경우 용납할 수 있는 수준, 0.2 이상이면 일관성이 부족하여 쌍대비교를 다시 수행하거나 설문지를 수정해야 하는 것으로 권고된다(Saaty 1990). 1차적으로 수집된 40부의 설문지 중 16부는 일관성 비율이 0.2 이하의 값이 산출되었으나 나머지 24부는 일관성 비율이 0.2를 초과하였다. 이에 따라 24개 설문지에 한해 재 설문을 요청하였다. 재 설문과정을 통해 23부의 설문지가 회수되었으며, 일관성 검정 결과 4부의 일관성 비율이 0.2보다 낮게 조정되었다. 기존 16부의 설문지에 4부의 설문지를 추가하여 총 20개의 설문지를 대상으로 연구를 진행하였다. 설문 응답자에 대한 기술적 정보는 <표-3>과 같다.

2. 요인 간 상대적 중요도 측정

1) 대분류 요인 간 중요도 측정

다음으로 신뢰성 검증을 통과한 자료를 기반으로 해운환경 변화요인들의 가중치를 산출하고 그 상대적 중요도를 측정하였다. 대분류 요인들 간 가중치를 산정한 결과 기술적 요구에 대한 가중치가 0.25로 가장 높게 나타났는데 이는 해운산업에 본격적으로 4차산업혁명관련 신기술이 도입되고 있는 현실을 반영한 것으로 해석된다. 다음으로는 경쟁적 측면이 중요한 요인으로 평가되었는데 최근 수년간 활발하게 이루어지고 있는 대형 선사들 간의 인수합병의 여파와 미·중 무역분쟁으로 인한 보호무역주의의 확산을 우려하는 목소리가 표출된 것으로 해석된다.

표-4. 대 항목 간 상대적 중요도

대 항목	가중치	순위
기술적 요구	0.25	1
유가 및 운임변동	0.19	4
협력적 요인	0.22	3
경쟁적 요인	0.23	2
환경적 규제	0.12	5

주: 일관성 비율(Consistency Ratio, CR) = 0.14

이에 반해 환경규제에 관한 중요도는 가장 낮게 나타났다. 2018년 IMO는 온실가스 저감을 위한 수량적 목표를 제시하고, 국제해운에서 발생하는 온실가스 저감에 필요한 메커니즘을 개발하도록 촉구한 바 있다. 이에 따라 선박의 기술적·운항적 의무조치가 도입되면서 어느 정도의 준비과정을 거쳤기 때문에 당장의 해운환경변화 요인의 중요도에서는 낮게 평가된 것으로 판단된다. 2020년 1월부터 시작되는 황산화물 배출규제에 대해 국적선사들은 LNG 추진선 도입, 스크러버 설치, 저유황 연료 사용 등의 대응방법을 준비하고 있는 것으로 보고되었는데 대부분(약 70%)의 해운기업은 저유황 연료 사용을 가장 우선적으로 고려하고 있는 것으로 조사되었다(이호춘·류희영 2019).

2) 세부 항목 간 상대적 중요도 측정

다음으로 세부항목의 쌍대비교 결과를 살펴보면 기술적 요구측면에서는 4차산업혁명 기술도입이 가장 높은 중요도를 부여받았다. 그 이유는 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능과 같은 신기술 도입이 물류산업 전체의 프로세스 혁신을 가져왔기 때문이다. 과거 해운사업의 성공요인이 선박, 물동량 확보로 대표되었다면 오늘날에는 효율성 및 차별화된 서비스의 제공이 중요한 요인으로 대두되고 있다. 그 사례로 머스크 등 글로벌 선사들은 빅데이터와 블록체인 기술을 기반으로 하는 무역물류 플랫폼을 구축하고 실무에 사용하는 등 4차산업혁명 기술을 도입하는 노력을 적극적으로 경주하고 있다(한국해양수산개발원 2018). 자율운항선박의 도입 역시 해운기업의 비용절감 측면에서 중요한 요소로 인식

되고 있다. 경쟁적 시장에서 비용효율성을 달성하기 위해 선박 운영자는 지능형 선박을 도입하여 인건비 절감과 인적 실수에 의한 해양사고의 감소를 예상할 수 있기 때문이다(Ang et al. 2017; 임요준·이윤철 2018).

▌표-5. 기술적 요구 구성항목 상대적 중요도 ▌

세부항목	가중치	순위
4차산업혁명 기술적용	0.47	1
선박평형수 배출개선	0.19	3
자율운항선박 도입	0.34	2

주: 일관성 비율(Consistency Ratio, CR) = 0.17

다음으로 유가 및 운임 변동성 측면에 대한 우선순위를 살펴보면 유가변동이 0.65로 해상운임의 변동성 0.35보다 더 높은 중요도를 갖는 것으로 나타났다. 2018년 국제 원유시장은 미국 원유생산의 급격한 증가 등으로 인해 세계 석유수요의 증가에도 불구하고 공급과잉으로 전환되었다. 또한 미·중 무역분쟁의 장기화와 세계 경제침체의 영향으로 인해 2019년 두바이유의 가격은 전년 대비 16% 하락한 $53.38/배럴(에너지경제연구원 단기유가전망모형에 의한 전망치)로 전망된다. 이처럼 유가가 낮은 수준에 머물고 있음에도 불구하고 유가변동에 대해 선사들이 민감한 반응을 보이는 이유는 다음과 같다. 첫째, 해운기업의 경우 전통적으로 유가의 변동을 주요 위험요인으로 인식하고 선물이나 옵션 등의 방법을 활용하여 관리하고 있기 때문이다. 기업은 리스크를 관리함에 있어서 미래 현금흐름의 불확실성을 파악하는 것이 중요하며 따라서 유가의 불확실성에 따른 현금흐름의 변동을 파악하는 것이 해운 환경변화에 대응하기 위한 경영계획수립에 필요하다(김우환·김주현 2010). 둘째, 유가변동이 선박의 가동률에 영향을 줄 수 있다. Notteboom and Vernimmen(2009)은 연료유가가 해상운송에 많은 비용을 차지하므로 선사는 연료 소비를 엄격하게 통제해야 한다고 주장하고 효율적인 항해 일정과 차세대 선박도입을 제안하였다. 해상운임의 변동이 유가의 변동보다 중요성이 낮게 평가된 이유는 국내 벌크선사의 경우

선박을 장기 계약하는 경우가 많고 BDI(Baltic Dry Index)가 소폭 상승하는 양상을 나타내면서 시황회복 조짐을 보이고 있기 때문인 것으로 해석된다(양종서 2019).

❙ 표-6. 유가 및 운임변동 구성항목 상대적 중요도 ❙

세부항목	가중치	순위
유가변동	0.65	1
운임변동	0.35	2

다음으로 협력적 측면 구성요인들 간의 상대적 중요도를 살펴보면 선사 간 협력체제 구축(0.37), 글로벌 얼라이언스 재편(0.34), 사업 다각화 및 확장(0.29)의 순서로 평가되었다. 2018년 4월 정부에서 발표한 ‘해운재건 5개년 계획’에서는 선사 간 협력 확대를 통해 해운 경영 혁신을 이루기 위한 방안을 제시하고 있으며, 장금선사와 흥아해운 간 컨테이너 사업부문 통합법인 설립과 한국해운연합(Korea Shipping Partnership, KSP)의 출범 등 정부주도의 해운산업 재편 과정에 주목하고 있음을 알 수 있다. 협력적 측면에서 얼라이언스 재편이 두 번째로 중요한 요인으로 평가된 것은 현재의 제휴체제가 2020년 4월 만료되어 새롭게 판을 짜야하는 시점이 임박해 있다는 점에서 정기 선사들의 이목을 집중시키는 주제이기 때문이다. 특히 최근 대형 선사들의 아시아역내 서비스가 급속히 확대되고 있어 정기선사들 간 협력구도의 변화는 국적선사들의 운영에 유의적인 영향을 미치게 될 것으로 예상된다.

❙ 표-7. 협력적 측면 구성항목 상대적 중요도 ❙

세부항목	가중치	순위
글로벌 얼라이언스 재편	0.34	2
사업다각화 및 확장	0.29	3
선사 간 협력체제 구축	0.37	1

주: 일관성 비율(Consistency Ratio, CR) = 0.15

경쟁적 측면에 대한 우선순위 결과는 인수합병이 0.61로 가장 높은 중요도를 나타내었으며, 다음으로 보호무역주의 확산이 0.39의 중요도를 보였다. 2016년 머스크(Maersk)의 함부르크 수드(Hambug sud) 인수, 하팍로이드(Hapag-Lloyd)의 UASC(United Arab Shipping Company) 인수 등 세계해운업계에서 대규모 인수전이 활발히 진행되고 있다. 결과적으로 정기선 시장에서 소수의 메가 캐리어들의 시장지배력이 높아지고 있으며 비용과 서비스, 네트워크 경쟁력 측면에서 국적선사들에게는 큰 위협요인으로 작용하고 있다. 다음으로 보호무역주의의 확산과 관련하여 대중국 및 대동남아 화물을 주로 운송하는 국적선사들의 우려는 가볍지 않은 것으로 보인다.

표-8. 경쟁적 측면 구성항목 상대적 중요도

세부항목	가중치	순위
보호무역주의 확산	0.39	2
인수합병(M&A)	0.61	1

마지막으로 국제해사기구의 환경적 규제에 관한 중요도를 살펴보면 온실가스 배출규제가 0.60으로 황산화물 배출규제의 0.40보다 높게 평가되었다. 온실가스 배출규제는 2018년 IMO에서 선박기인 온실가스 저감에 관한 전략을 채택하면서 국제 해상운송부문에서의 온실가스 배출에 대한 수량적 목표를 설정하였다. 그 사례로 신규선박을 대상으로 효율적인 에너지 장비 및 엔진 사용을 촉진하기 위해 EEDI (Energy Efficiency Design Index)를 더욱 강화하였고, 2019년 1월부터 온실가스 배출 데이터를 수집하여 2023년까지 온실가스 전략을 채택할 예정이다. 황산화물 배출규제의 경우 2020년 1월부터 연료유에 포함된 황 함유량을 현행 3.5%에서 0.5%까지 줄이는 규제를 시행한다. 이에 현대상선에서는 스크러버(scrubber)를 장착하는 선박을 취항하였으며, SM 상선은 저유황유 사용을 통해 환경규제에 대응할 방침을 정했다. 또한 중소형 선사들도 초기 투자비용이 없는 저유황유 사용을 이미 고려하고 있어 향후 구체적인 대응방안을 마련해야 하는 온실가스 배출규제가 더 높은 중요도를 획득한 것으로 판단된다.

▌표-9. 환경적 규제대응 구성항목 상대적 중요도 ▌

세부항목	가중치	순위
황산화물 배출규제	0.40	2
온실가스 배출규제	0.60	1

3. 해운환경 변화요인 간 상대적 중요도 종합 평가

해운 환경변화 요인의 우선순위 종합평가의 결과를 살펴보면 인수합병이 1위(0.1382), 유가변동이 2위(0.1219), 4차산업혁명 기술도입이 3위(0.1152), 보호무역주의 확산이 4위(0.0883)로 나타나 12개 해운환경변화 요인 중 상대적으로 중요한 요인들로 평가되었다. 그에 비해 온실가스 규제는 8위, 운임변동성은 9위, 사업 다각화는 10위, 황산화물 규제는 11위, 선박 평형수 배출개선 기술도입은 12위로 나타났다.

▌표-10. 해운 환경변화 요인 중요도 평가 종합결과 ▌

대 항목	중요도	세부 항목	중요도	전체	순위
기술적 요구	0.25	4차산업 기술도입	0.47	0.11522	3
		선박 밸러스트수 배출개선	0.19	0.04658	12
		자율운항 선박 도입	0.34	0.08335	5
유가 및 운임 변동	0.19	유가변동	0.65	0.12192	2
		운임변동	0.35	0.06565	9
협력적 요인	0.22	글로벌 얼라이언스	0.35	0.07766	7
		사업 다각화	0.29	0.06434	10
		협력체제 구축	0.37	0.08209	6
경쟁적 요인	0.23	보호무역주의	0.39	0.08834	4
		인수합병	0.61	0.13817	1
환경적 규제	0.12	황산화물	0.4	0.04756	11
		온실가스	0.6	0.07134	`8

한국선급과 여러 연구기관에서 언급했던 바와 같이 강화되는 환경규제 대응이 해운산업의 경쟁력을 가늠하는 새로운 기준점이 될 것이라는 예상과는 달

리 선사가 꼽은 해운환경변화 중요도에서는 규제대응 측면이 낮은 중요도를 보였다. 향후 4차산업혁명 기술도입, 인수합병, 유가변동, 보호무역주의 확산 등 보다 거시적이고 장기적인 측면의 환경변화에 대응하는 노력이 필요함을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 국내 선사들이 중요하게 인식하는 국제해운 환경변화 요인을 분석하고 그 상대적 중요도를 평가하고자 하였다. 이를 위해 텍스트 마이닝 기법을 사용하여 국제해운 환경변화 요인들을 추출하고 토픽 모델링 기법을 적용하여 5개의 대 항목과 12개의 세부 항목으로 요인들을 계층적으로 구조화할 수 있었다. 다음으로 20개 국적선사를 대상으로 설문조사를 수행하여 획득한 자료에 대해 AHP 기법을 적용하여 해운환경 변화요인 간 상대적 중요도를 측정하였다. 그 결과 기술적 요구(4차산업혁명 기술적용, 자율운항 선박 도입)와 경쟁적 측면(인수합병, 보호무역주의 확산)의 환경변화요인들에 대한 중요성은 높게 나타난데 비해 국제해사기구의 환경적 규제에 대한 중요성은 상대적으로 낮게 평가되었다.

본 실증연구를 통해 해운기업들이 체감하는 미래 국제해운환경변화 요인은 정부가 해운산업개건 5개년 계획을 통해 진행하고 있는 다소 기술적 또는 미시적인 대응과는 괴리가 있음을 보여주고 있다. 예를 들어 정부는 곧 도래할 국제해사기구의 환경관련 국제협약에 대한 대응을 가장 시급한 과제로 인식하고 있으며, 우수 선·화주 인증제나 전략화물 종합심사 낙찰제 등 선주와 화주 간의 협력 또는 상생을 도모하는 현상문제의 해결에 집중한 측면이 잇다. 그러나 실제 선사들이 걱정하는 국제해운환경의 변화는 보다 근본적이고 거시적인 문제들로 보인다. 예를 들어 4차산업혁명 기술의 도입과 관련하여 Maersk는 블록체인 기반 무역물류 플랫폼인 트레이드렌즈(Tradelens)의 구축과 시험을 완료하

고 실질적인 운영에 들어갔다. 2018년 초 공개된 트레이드렌즈는 초반에만 해도 머스크가 주도하는 플랫폼이라는 이유로 PIL를 제외한 경쟁 운송 회사들의 참여가 부진하였지만 1년 사이 MSC, MA-CGM, Hapaq-Lloyd, ONE(Ocean Network Express), ZIM, KMTC, Safmarine, Seland, Seaboard, 남성해운, Blouda Lines, Hamburg Sud 등의 선사들이 속속 가입하고 있다. 이들 선사가 자사의 컨테이너를 모두 트레이드렌즈를 통해 운송한다면 이는 전 세계 컨테이너 화물의 약 70% 이상에 해당한다. 이러한 심대한 해운시장의 구조변화에 대한 국적선사의 두려움과 불안감이 큰 것으로 해석된다. 또한 본 연구가 수행된 이후 발표된 내용이지만 최근 중국은 3년 내 카보티지(cabotage)를 해제하겠다고 발표하였는데 이것이 현실화될 경우 최소한 동아시아 정기선 해운시장의 구도는 크게 변화할 것으로 예상된다. 이러한 변화요인들을 감안하여 향후 정부 정책은 단순히 5년이 아닌 보다 먼 장래를 준비하는 거시적인 마스터플랜과 액션플랜의 정립을 목표로 해야 한다. 특히 주변국의 해운정책변화 등 모든 해운환경의 변화가능성을 염두에 두고 관련 정책과 제도를 정비해야 할 것이다.

본 연구는 국제해운환경변화의 직접 당사자인 국적선사를 대상으로 설문조사를 수행하여 정부나 연구자 및 기타 해운산업관련 기업들의 견해를 모두 망라하지는 못하였다. 선사를 대상으로 하는 조사만으로도 많은 시간과 노력이 소요되어 그 대상 범위를 확장하기에는 현실적인 어려움이 컸다. 또한 응답기업구성의 불균형으로 인하여 벌크선사와 컨테이너선사의 의견을 독립적으로 분석하지는 못하였다. 향후 보다 포괄적이고 다양한 의견이 반영된 연구를 수행하고자 한다.

투고일 2019.10.28
1차 심사일 2019.11.29
게재확정일 2019.12.09

참고문헌

1. 강영문. 2017.「제4차 산업혁명과 물류교육에 관한 연구」.『물류학회지』, 제27권 제2호, pp. 1 - 8.
2. 김우환 · 김주현. 2010.「유가 불확실성과 해운기업의 리스크 관리에 관한 연구」.『해양정책연구』, 제25권 제1호, pp.1 - 18.
3. 미래전략정책연구원. 2016.「10년 후 4차산업혁명의 미래」. 일상이상.
4. 박성화 · 김태일. 2017.「한국 컨테이너 해운의 경쟁력 제고를 위한 선대 규모 분석」.『한국항만경제학회지』, 제33권 제3호, pp.103 - 118.
5. 양종서. 2019.「해운·조선업 2019년 1분기 동향」.『2019 Quarterly Report』, 한국수출입은행 해외경제연구소.
6. 윤희성·최건우·황수진·박동원. 2019.「미-중 무역전쟁에 해운·항만에 미치는 영향」.『KMI동향분석』, 제121호. 한국해양수산개발원.
7. 이강배·최형림·김두환·조민제. 2018.「4차 산업혁명과 해운항만물류산업의 대응방안」.『한국통신학회논문지』, 제43권 제9호, pp.1540 - 1549.
8. 이수상. 2016.「독후감 텍스트의 토픽모델링 적용에 관한 탐색적 연구」.『한국도서관정보학회지』, 제47권 제4호, pp.1 - 18.
9. 이호춘·류희영. 2019.「2020년 황산화물 규제 시행 대비 해운부문 체계적 대응 필요」.『KMI동향분석』, 제107호. 한국해양수산개발원.
10. 이훈병·윤건호. 2009.「유아교육과 수업개선을 위한 강의평가문항의 중요도분석」.『한국유아교육』, 제13권 제2호, pp.259 - 274.
11. 임요준·이윤철. 2018.「자율운항선박과 IMO협약의 쟁점이 해사법제에 주는 시사점」.『법학연구』, 제18권 제3호, pp.155-181.
12. 한국해양수산개발원. 2019.「2019 해양수산 전망대회 보고서(항만물류)」.
13. 해양수산부. 2019.「해운재건 5개년 계획 추진현황 및 향후 계획 주요내용」.
14. 홍진영·박슬기. 2018.「보호무역주의의 확산과 미·중 통상갈등에 관한 연구」.『중국지역연구』, 제5권 제1호, pp.119 - 142.
15. Allal, Abdelmoula Ait, Khalifa Mansouri, Mohamed Youssfi, and Mohammed

Qbadou. 2018. “Toward Energy Saving and Environmental Protection by Implementation of Autonomous Ship.” *19th IEEE Mediterranean Eletrotechnical Conference*, MELECON 2018 - Proceedings, pp.177–180.

16. Ang, Joo Hock, Cindy Goh, Alfredo Alan Flores Saldivar, and Yun Li. 2017. “Energy-Efficient through-Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment.” *Energies*, Vol.10, No.5, pp.1–13.
17. Cao, Juan, Tian Xia, Jintao Li, Yongdong Zhang, and Sheng Tang. 2009. “A Density-Based Method for Adaptive LDA Model Selection.” *Neurocomputing*, Vol.72, No.7–9, pp.1775–1781.
18. Choi, Na Young Hwan, and Shigeru Yoshida. 2013. “Evaluation of M&A Effects in Japanese Shipping Companies : Case Study of NYK & Showa Line and OSK & Navixline.”Asian Journal of Shipping and Logistics, Vol.29, No.1, pp.23–42.
19. Fernandes, Jose A., Lionel Santos, Thomas Vance, Tim Fileman, David Smith, John D.D. Bishop, Frédérique Viard. 2016. “Costs and Benefits to European Shipping of Ballast-Water and Hull-Fouling Treatment: Impacts of Native and Non-Indigenous Species.”*Marine Policy*, Vol.64, pp.148–155.
20. Heitmann, Nadine and Setareh Khalilian. 2011. “Accounting for Carbon Dioxide Emissions from International Shipping: Burden Sharing under Different UNFCCC Allocation Options and Regime Scenarios.”*Marine Policy*, Vol.35, No.5, pp.682–691.
21. Hirata, Enna. 2017. “Contestability of Container Liner Shipping Market in Alliance Era.”*Asian Journal of Shipping and Logistics*, Vol.33, No.1, pp.27–32.
22. Holmgren, Johan, Zoi Nikopoulou, Linda Ramstedt, and Johan Woxenius. 2014. “Modelling Modal Choice Effects of Regulation on Low-Sulphur Marine Fuels in Northern Europe.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol.28, pp.62–73.
23. Karahalios, Hristos, Z. L. Yang, and J. Wang. 2015. “A Risk Appraisal System Regarding the Implementation of Maritime Regulations by a Ship

Operator."Maritime Policy and Management, Vol.42, No.4, pp.389–413.

24. Notteboom, Theo E., and Bert Vernimmen. 2009. "The Effect of High Fuel Costs on Liner Service Configuration in Container Shipping."*Journal of Transport Geography*, Vol.17, No.5, pp.325–337.
25. Panayides, Photis M. 2012. *Maritime Logistics: A Complete Guide to Effective Shipping and Port Management*. Kogan Page.
26. Panayides, Photis M, and Kevin Cullinane. 2002. "Competitive Advantage in Liner Shipping: A Review and Research Agenda." *International Journal of Maritime Economics*, Vol.4, No.3, pp.189–209.
27. Parola, Francesco, Sung-Woo Lee, and Claudio Ferrari. 2006. "On the Integration of Logistics Activities by Shipping Lines: The Case of East-Asia."*Journal of International Logistics and Trade*, Vol.4, No.1, pp.113–138.
28. Saaty, Thomas L. 1990. *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World.* RWS Publications.
29. Satta, Giovanni, Francesco Parola, Claudio Ferrari, and Luca Persico. 2013. "Linking Growth to Performance: Insights from Shipping Line Groups." *Maritime Economics and Logistics*, Vol.15, No.3, pp.349–373.
30. Sys, Christa, Thierry Vanelslander, Mathias Adriaenssens, and Ive Van Rillaer. 2014. "International Emission Regulation in Sea Transport: Economic Feasibility and Impact."*Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol.45, pp.139–151.
31. UNCTAD. 2018. *Review of Maritime Transport 2018*. United Nations.
32. Voorde, Eddy VAN DE, and Thierry Vanelslander. 2009. "Market Power and Vertical and Horizontal Integration in the Maritime Shipping and Port Industry."OECD/ITF Discussion Paper.
33. Yao, Zhishuang, Szu Hui Ng, and Loo Hay Lee. 2012. "A Study on Bunker Fuel Management for the Shipping Liner Services." *Computers and Operations Research*, Vol.39, No.5, pp.1160–1172.