



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

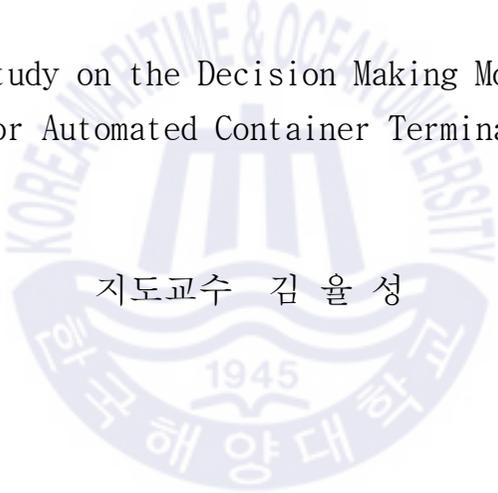
이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

물류학석사 학위논문

컨테이너 터미널 자동화 도입선정  
모형연구

A Study on the Decision Making Model  
for Automated Container Terminal



지도교수 김 울 성

2020년 2월

한국해양대학교 대학원

KMI-KMOU 학연협동과정

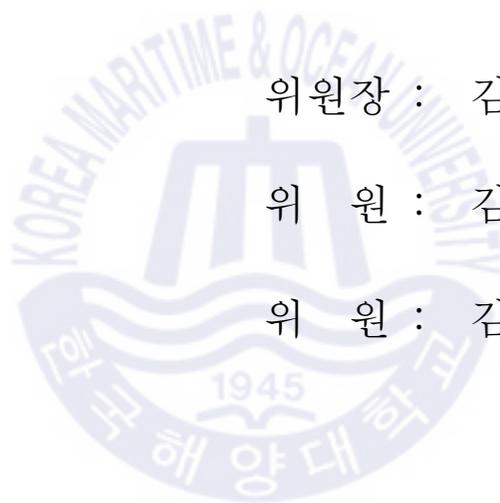
유 지원

本 論文을 유지원의 物流學碩士 學位論文으로 認准함

위원장 : 김 환 성 (인)

위 원 : 김 시 현 (인)

위 원 : 김 율 성 (인)



2019 년 12 월

한국해양대학교 대학원

# 목 차

Abstract .....	v
국문초록 .....	viii
제 1 장 서론 .....	1
1.1. 연구의 배경과 목적 .....	1
1.2. 연구의 구성과 개요 .....	3
제 2 장 컨테이너 터미널 자동화의 개요 및 현황분석 .....	5
2.1. 컨테이너 터미널 자동화 정의 및 기술 .....	5
2.2. 국내 컨테이너 터미널 자동화 현황 .....	13
2.3. 국외 컨테이너 터미널 자동화 현황 .....	17
2.4. 시사점 .....	23
제 3 장 선행연구 고찰 .....	24
3.1. 컨테이너 터미널 자동화 선행연구 .....	24
3.2. 컨테이너 터미널 선택요인 선행연구 .....	30
3.3. 설문조사 요인구성 .....	35
3.4. 선행연구와의 차별성 및 시사점 .....	39
제 4 장 실증분석 .....	40
4.1. 분석 방법 .....	40
4.2. 분석대상 및 범위 .....	44
4.3. 연구모형 .....	47
4.4. 분석 결과 .....	47

제 5 장 결 론 .....	61
5.1. 연구결과 요약 .....	61
5.2. 연구의 한계점 및 향후 과제 .....	63
참고문헌 .....	64
부 록 .....	69



## 표 목차

<표 2-1> 우리나라 컨테이너 항만 자동화 수준 .....	17
<표 3-1> 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구 .....	29
<표 3-2> 컨테이너 터미널 선택모형 관련 선행연구 .....	34
<표 3-3> 연구자별 컨테이너 터미널 자동화 관련 요인 비교 .....	36
<표 3-4> 개념적 정의 .....	38
<표 4-1> 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석 .....	41
<표 4-2> 적합도 판단지수 .....	43
<표 4-3> 연구자별 구조방정식 표본 크기 구분 .....	44
<표 4-4> 연구대상 현황 .....	45
<표 4-5> 설문조사 구성요인 .....	48
<표 4-6> KMO와 Bartlett의 구형성 검정 결과 .....	49
<표 4-7> 외생변수의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석 결과 .....	50
<표 4-8> 내생변수의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석 결과 .....	51
<표 4-9> 외생변수의 확인적 요인분석 결과 .....	53
<표 4-10> 내생변수의 확인적 요인분석 결과 .....	53
<표 4-11> 외생 및 내생변수 구성개념 간 상관관계 분석 결과 .....	55
<표 4-12> 연구모형의 적합도 지수 .....	56
<표 4-13> 구조방정식 모형검증 결과 .....	59
<표 4-14> 연구모형의 적합도 지수 .....	60

## 그림 목차

<그림 1-1> 연구의 흐름 .....	4
<그림 2-1> 국가별 컨테이너 처리량 및 평균 성장률(%), 2018-2023 .....	7
<그림 2-2> 반자동화 및 완전자동화 컨테이너 터미널 현황, 2018 .....	7
<그림 2-3> 컨테이너 터미널 자동화 구분 .....	9
<그림 2-4> AGV 장비 .....	10
<그림 2-5> SC 장비 .....	11
<그림 2-6> RTGC 장비 .....	11
<그림 2-7> RMGC 장비 .....	12
<그림 2-8> ASC 장비 .....	13
<그림 2-9> AMP 및 RWG 터미널 전경 .....	18
<그림 2-10> Patrick 터미널 전경 .....	18
<그림 2-11> CTA 전경 .....	19
<그림 2-12> ECT Euromax 전경 .....	20
<그림 2-13> LBCT 전경 .....	21
<그림 2-14> 칭다오항 전경 .....	22
<그림 2-15> 컨테이너 터미널 자동화 개장현황 .....	22
<그림 4-1> 근무 연수 및 컨테이너 터미널 자동화 인식 .....	45
<그림 4-2> 컨테이너 터미널 자동화 도입 시기 및 일자리 인식 .....	46
<그림 4-3> 컨테이너 터미널 도입 시 우려 요소 및 정부 정책 .....	46
<그림 4-4> 연구모형 .....	47
<그림 4-5> 외생적·내생적 확인적 요인분석 결과 .....	54
<그림 4-6> 구조방정식 제안모형 검증 결과 .....	59
<그림 4-7> 구조방정식 수정모형 검증 결과 .....	60

# A Study on the Decision Making Model for Automated Container Terminal

You, Ji Won

KMI-KMOU Cooperation Course  
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

## Abstract

Container terminals affect the national and regional economic development by efficiently attracting transshipment freight. Container terminals' associated industries(Logistics, Finance, Trade, Port Hinterland, etc.) also have significant economic ripple effects, making container terminals an essential infrastructure to serve as the gateway to economic and business

With the rapid increase in the construction of Automated Container Terminal, all over the world's terminal is accelerating competition to establish its position as the Hub-port. since the world's low-growth economic has been rapid, the emergence of extra-large ships, the high labor costs, and the lack of labor force etc.

In order to respond to changing ports, the Korean government also announced 『The 3rd National Port Master Plan Revised Plan(2016~2020)』 and 『The 2nd New Port Construction Plan(2019~2040)』 . It includes contents for building next-generation smart ports such as unmanned automation and eco-friendliness. Compared with the advanced container terminals in the world, domestic ports are in

preparation stage.

In this research, before developing the Automated Container Terminal to cope with such environmental changes, by reflecting comprehensive opinions about stakeholders centered, we will identify causal relationships and draw implications as basic data for smooth introduction of automation in the future.

In order to verify the causality model of Automated Container Terminal selection based on the opinions of the container terminal stakeholders, this study examined the previous studies on container terminal automation and port selection model to derive factors. The empirical analysis was carried out in order of path model construction, factor analysis, reliability analysis, and structural equation modeling using SPSS 25.0 and AMOS 21.0 programs.

As a result of the analysis, the factors were classified into exogenous variables (cost, productivity, automation technology accumulation, safety, service improvement) and endogenous variables (performance improvement, satisfaction improvement). Through structural equation modeling analysis, productivity, automation technology accumulation, and service improvement have an effect on performance improvement, and productivity has an effect on satisfaction. Also, the performance improved has a significant impact on satisfaction.

In order to actively promote Automated Container Terminal, efforts are needed to improve the productivity of container terminals, secure technology, and provide high service. Based on these efforts, we expect to see improvements in performance such as reduced port accidents, reduced unspecified waiting times, efficient resource use,

reduced operating costs, and increased throughput.

It is necessary to improve the satisfaction of ship owners and shippers who use container terminals and increase the frequency port of call and competitiveness of global ship carriers by adopting step-by-step automation appropriate for the domestic circumstances in Korea.

Therefore, this study aims to analyze the structural equation model related to Automated Container Terminal that has not been done before.

According to the future development of domestic container terminal automation, It is expected to be provided as basic data for setting development direction that can satisfy the comprehensive opinions of stakeholders.

KEY WORDS: Automated Container Terminal(ACT), Container Terminal Operator, Shipping Company, Port Authority, Structural Equation Modeling(SEM)

# 컨테이너 터미널 자동화 도입선정 모형연구

유 지원

KMI-KMOU 학연협동과정  
한국해양대학교 대학원

## 국문 초록

컨테이너 터미널은 물류비 절감뿐만 아니라 환적화물의 유치로 국가와 지역경제 발전에 영향을 미친다. 컨테이너 터미널의 연관산업(물류, 금융, 무역, 배후연계산업 등)이 미치는 경제적 파급 효과가 크기 때문에 오늘날 컨테이너 터미널은 경제·산업 관문의 임무를 수행하는 필수 기간시설이 되었다.

최근 세계 경제의 저성장과 초대형 선박의 등장, 높은 인건비, 부족한 노동력에 대한 문제 해결을 위하여 자동화 도입이 급증하면서 각국의 터미널은 중심항으로 위치를 확고히 하고자 자동화 도입을 추진하고 있다.

항만환경에 대응하기 위하여 우리 정부도 『제3차 전국 항만 기본계획 수정계획(2016~2020)』 및 『제2차 신항만 건설 기본계획(2019~2040)』 등과 같이 무인 자동화, 친환경 등 차세대 스마트 포트를 구축하기 위한 계획을 발표하였지만, 세계 각국의 선진 컨테이너 터미널과 비교하면 현재 국내 항만은 자동화 초기단계에 머물러있다.

본 연구에서는 이러한 환경변화에 대응하기 위한 컨테이너 터미널 자동화 개발에 앞서, 이해관계자를 중심으로 종합적인 의견을 반영하여 향후 자동화의 원활한 도입을 위한 기초자료로써 인과관계를 파악하고 시

사점을 도출하고자 한다.

본 연구는 이해관계자의 의견을 반영하여 컨테이너 터미널 자동화 도입선정에 관한 인과관계 모형을 검증하기 위하여 컨테이너 터미널 자동화 및 항만선택모형 선행연구를 검토하여 요인을 도출하였다. 도출된 요인을 바탕으로 SPSS 25.0과 AMOS 21.0을 활용하여 경로모형구축, 요인분석 및 신뢰도 분석, 구조방정식 모형분석 순으로 수행하였다.

분석결과 요인분석을 통해 외생변수(비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상)와 내생변수(성과향상, 만족도 향상)로 구분하였다. 구조방정식 모형분석을 통해 컨테이너 터미널 자동화 도입선정에 영향을 미치는 요인으로 생산성, 자동화 기술축적, 서비스 향상이 성과향상에 영향을 미치고 생산성은 만족도 향상에도 영향을 주는 것으로 분석되었다. 성과가 향상될수록 만족도에 영향을 주는 유의미한 결과를 도출하였다.

컨테이너 터미널 자동화의 도입을 통해 컨테이너 터미널의 생산성 향상과 기술력 확보 및 질 높은 서비스의 제공을 위한 노력이 필요하다고 판단된다. 이러한 노력을 바탕으로 향후 항만사고 건수 감소, 불특정 대기시간 감소, 효율적 자원이용, 운영비 절감, 처리 물동량 증가 등의 성과향상을 기대할 수 있을 것으로 보인다.

국내의 실정에 맞는 단계적인 자동화 도입을 통해 컨테이너 터미널을 이용하는 선사와 화주의 만족도 향상을 제고하여 글로벌 선사의 기항빈도를 높이는 등 경쟁력을 강화할 필요가 있다고 판단된다.

따라서 본 연구는 선행연구에서 다루지 않았던 컨테이너 터미널 자동화에 관련한 구조방정식 모형에 대해 분석하고자 하였으며, 향후 국내의 컨테이너 터미널 자동화 개발에 있어, 이해관계자의 종합적인 의견을 충족시킬 수 있는 개발방향 설정을 위한 기초적인 자료로 활용될 것으로 기대한다.

핵심용어: 컨테이너 터미널 자동화, 선택모형, 컨테이너 터미널 운영사, 해운선사, 항만공사, 구조방정식

# 제 1 장 서 론

## 1.1. 연구의 배경과 목적

1956년 미국의 연안 운송에 컨테이너가 투입되면서 본격적으로 컨테이너화가 시작되었으며, 1966년 미국 Sea-Land사가 최초로 북대서양항로에 풀 컨테이너선을 투입함으로써 컨테이너화가 급속히 진전되었다. 이후 보급화된 컨테이너를 처리하기 위한 시설로 컨테이너 터미널의 개발이 이루어졌다. 오늘날 컨테이너 터미널은 국제물류비 절감뿐만 아니라 환적화물의 유치로 국가와 지역경제 발전에 영향을 미치고 있다. 또한, 컨테이너 터미널과 관련되어있는 연관산업(물류, 금융, 무역, 배후연계산업 등)이 미치는 경제적 파급 효과도 크기 때문에 현재의 컨테이너 터미널은 경제·산업 관문의 임무를 수행하는 필수적인 기간시설이 되었다.

최근 해운 시황에 대응하기 위해 세계적 해운선사들은 컨테이너 선박의 대형화를 촉진했고 대형선의 투입으로 규모의 경제를 실현하고자 한다. 선박의 초대형화는 항만에서 처리해야 할 물동량의 폭발적 증가로 이어졌다. 이에 세계 주요 컨테이너 터미널은 초대형 선박의 하역작업 시 효율성과 안전성을 높이기 위해 첨단장비의 개발 및 도입을 통하여 경쟁 우위를 확보하고, 허브항만으로 거듭나고자 컨테이너 터미널 자동화 개발과 투자가 이루어지고 있다.

처음 컨테이너 터미널은 높은 인건비와 노동력 부족 문제와 터미널 부지 이용과 작업의 능률을 극대화하기 위한 해결책으로 컨테이너 터미널 자동화에 주목하게 되었다. 또한, 컨테이너 터미널의 비용 절감이 경쟁력을 확보할 수 있는 중요한 요소임을 인식하게 되면서 해상운임 절감 및 터미널의 생산성과 효율성에 주목하게 되었다. 세계 최초의 자동화 컨테이너 터미널은 1993년 개장한 로테르담 ECT 터미널이며, 3년 뒤 Delta Dedicated East 자동화 터미널이 개장하였다. 독일 함부르크항 역시 CTA 터미널에 초대형 컨테이너 크레인과 레일식 자동 트랜스퍼 크레인 설치 등 자동화 장비를 도입하여

하역처리능력을 향상하였다.

전 세계적으로 컨테이너 터미널 간 치열한 경쟁이 발생하는 가운데 오늘날 항만은 효율성, 생산성, 서비스 품질 등의 요소로만 평가되는 것이 아닌, 항만의 대기 오염, 안전사고 등을 중요시하므로 경제적, 사회적, 환경적으로 지속 가능한 발전방안을 마련하기 위한 기반을 구축해나가고 있다. 지속가능한 경쟁력을 확보하기 위해 항만시설 및 장비에 대한 투자로 시설 확충과 장비의 현대화를 이루고 있으며 오늘날, 항만 분야의 자동화는 선택이 아닌 필수로 패러다임이 전환되고 있다. 자동화를 처음 주도한 곳은 유럽이었으나 안전과 환경보존, 에너지 절약 등이 중요한 문제로 대두됨에 따라 최근 미국, 중국 등 전 세계적으로 자동화를 도입하는 추세이다. 선진터미널을 개발하거나 보유하고 있는 세계 수준과 비교하면 우리나라는 현재 반자동화 터미널 운영에 그쳐 기술개발이 시급한 실정이다.

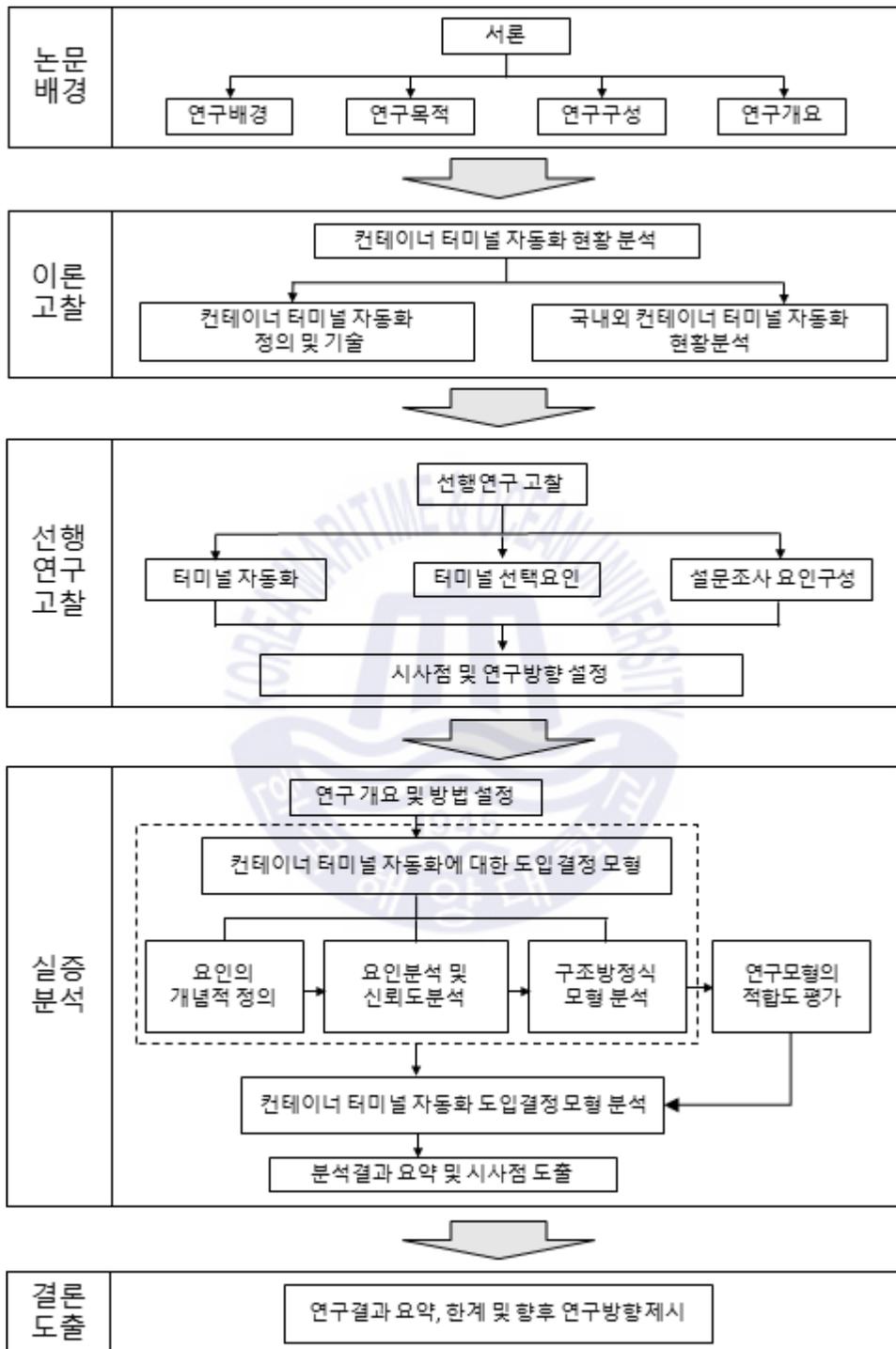
변화하는 항만환경에 대응하고자 우리 정부에서는 『제3차 전국 항만 기본계획 수정계획(2016~2020)』 및 『제2차 신항만 건설 기본계획(2019~2040)』과 같이 무인 자동화, 친환경 등 차세대 스마트 포트를 구축하기 위한 계획을 발표했지만, 현실적으로 노조와의 일자리 문제와 막대한 투자 비용 등에 대한 대응책 마련이 미흡한 실정이다. 기존의 컨테이너 터미널 자동화와 관련한 연구는 국내의 항만에 적용할 수 있는 자동화 시스템, 운영설계에 관하여 주로 연구가 이루어져 왔지만, 자동화 도입의 실질적 이해관계자에 대한 종합적인 인과관계를 규명하는 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 컨테이너 터미널 자동화의 원활한 도입이 이루어질 수 있도록 컨테이너 터미널 자동화를 실질적으로 개발하고 운영하며 이용할 주체를 대상으로 의견을 종합하여 구체적인 인과관계를 파악하고자 한다. 이를 위해 컨테이너 터미널 자동화 및 항만선택과 관련한 선행연구를 검토하여 컨테이너 터미널 자동화 요인을 추출하고, 도출된 요인들을 정의하여 요인 간 관계에 대한 실증분석을 통해 영향력을 파악하고자 한다.

## 1.2. 연구의 구성과 개요

연구의 목적을 수행하기 위하여 본 연구에서는 선행연구의 고찰과 설문 조사를 통하여 실증분석을 수행하였다. 컨테이너 터미널 자동화 선행연구를 통하여 자동화와 관련되는 요인을 추출하였으며, 항만선택 결정요인에 관한 선행연구를 바탕으로 항만선택 시 고려되는 요인을 추출하였다. 최종적으로 추출한 터미널 자동화 요인과 항만선택 결정요인을 설문 분석에 활용하였다. 확정된 설문 조사는 컨테이너 터미널 개발 주체, 운영 주체, 이용 주체를 대상으로 진행하였으며 수집된 설문은 SPSS 25.0과 AMOS 21.0 프로그램을 활용하여 구조방정식 분석을 통한 컨테이너 터미널 자동화 도입의 요인 간 인과관계를 밝히는 것을 목표로 하였다.

본 논문은 총 5장으로 구성된다. 제1장에서는 본 연구의 배경과 목적, 연구의 구성과 개요, 제2장에서는 컨테이너 자동화 정의 및 기술, 국내 컨테이너 터미널 자동화의 현황분석, 국외 컨테이너 터미널 자동화의 현황을 분석하였다. 제3장에서는 컨테이너 터미널 자동화에 관련한 선행연구와 컨테이너 터미널 선택요인 선행연구를 통하여 본 연구에서 사용할 컨테이너 터미널 자동화 도입 결정요인을 도출하는 과정을 다뤘다. 제4장에서는 구조방정식을 활용한 주체별 컨테이너 터미널 자동화 도입선정 모형을 분석하는 과정을 다뤘다. 제5장에서는 실증분석을 통하여 분석된 결과를 검토하여 시사점을 도출하였다. 마지막으로 본 연구에 대한 요약 및 한계점과 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.



<그림 1-1> 연구의 흐름

## 제 2 장 컨테이너 터미널 자동화의 개요 및 현황분석

### 2.1. 컨테이너 터미널 자동화 정의 및 기술

#### 2.1.1. 컨테이너 터미널 자동화 정의

전 세계의 많은 컨테이너 터미널은 한정된 자원을 효율적으로 사용하고 자 하는 동시에 터미널을 이용하는 고객에게 최고의 서비스를 제공하고자 한다. 이에 컨테이너 터미널 자동화의 개념이 등장하였으며, 개념에는 컨테이너 터미널 자동화의 이점, 위험, 비용, 이익 등이 포함되기도 한다. 본 절에서는 연구자별로 정의한 컨테이너 터미널 자동화의 다양한 의미를 살펴보고자 한다.

컨테이너 자동화 터미널은 기존 터미널보다 높은 생산성과 탄소배출 감소를 통해 완전 무인화를 추구하는 터미널이다. 이러한 새로운 개념의 터미널 개발은 컨테이너 처리량 및 공간 활용률을 향상하며 선박의 재항 시간, 외부 트럭 대기시간 등을 단축함으로써 탄소 배출량도 감소할 것으로 예상된다(조성우, 2014).

컨테이너 터미널 자동화는 사람의 상호작용이 필요 없는 장비를 취급할 수 있도록 자동화된 시스템을 갖춘 터미널이다. 현재 전 세계적으로 반자동화 및 자동화 터미널이 증가하고 있으며 터미널 내에서 사용되는 장비와 시설로는 ASC, AGV, 자동화 게이트 시설 등이 있다. 또한, 컨테이너 터미널 자동화를 운영하기 위한 시스템으로 데이터 수신, AGV 모니터링, 컨테이너의 최적 경로설정 및 외부 시스템과의 정보공유 등이 있다. 각국의 컨테이너 터미널은 자동화 시스템을 효율적으로 구현하고 통합할 수 있도록 개발 중이다(Maxwell R, 2012).

컨테이너 터미널 자동화는 컨테이너를 핸들링하기 위한 장비에 사람이 직접 조작하지 않는 것을 말한다. 대부분의 자동화 터미널에서는 장비의

운용이 무인으로 이루어지고 있는 것을 말하며 일부의 장비에서는 사람이 필요한 일도 있음을 정의하였다(AECOM US, 2012).

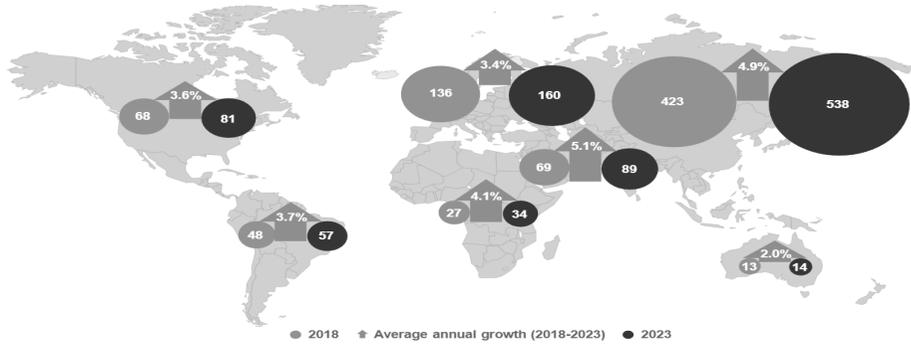
컨테이너 터미널 자동화는 두 가지 관점에서 바라볼 수 있다. 첫째, 작업의 관점에서 컨테이너 터미널 운영의 핵심 프로세스인 선박 하역작업, 이송작업, 야드 장치 작업의 일부 또는 전부를 자동화한 것이다. 둘째, 운영의 관점에서 터미널 운영상 가장 많은 인원을 필요로 하는 작업인 안벽에서 장치장까지 컨테이너를 이송하고, 이송된 컨테이너를 작업자 개입 없이 장비 스스로 야드에 장치하며 컨테이너의 반·출입 업무를 담당하는 게이트를 자동화하는 것으로 정의하였다(최형림, 2005).

컨테이너 터미널 자동화는 유인 터미널과 비교하여 자동화된 장비의 도입으로 충돌방지, 교착상태 방지 등의 제어가 가능하며, 터미널 내 전략을 구축하고 터미널에서 운용되는 장비사용을 계획하며 컨테이너 이동을 계획 및 예약하여 장비를 특정 컨테이너에 배치할 수 있도록 소프트웨어의 구성 요소를 모델링 한 터미널로 정의하였다(Y.A. SAANEN, 2004).

컨테이너 터미널 자동화(Automated Container Terminal; ACT)란 컨테이너 터미널 운영에서 가장 많은 인원을 필요로 하는 작업인 안벽과 장치장 간 컨테이너를 이송하고, 이송된 컨테이너의 장치 작업 및 컨테이너 반·출입 작업에 인력이 투입되지 않고 컴퓨터와 장비로 처리되는 터미널로 정의하였다(김범중, 1997).

### 2.1.2. 컨테이너 터미널 자동화 특징

전 세계 컨테이너 터미널의 물동량은 2018년 7억 7,800만TEU에서 2023년 9억 9,100만 TEU로 약 1억 9천만TEU가량으로 향후 5년간 약 4.4%(약 1억 9천만TEU) 성장률을 보일 것으로 전망된다(Drewry, 2018). 그중 중동 및 동남아시아 등의 일부 국가는 전 세계 평균 성장률을 넘어설 것으로 전망된다.



출처: Drewry Maritime Research(2018)

<그림 2-1> 국가별 컨테이너 처리량 및 평균 성장률(%), 2018-2023

증가하는 물동량에 대응하고자 항만을 개발하고 있지만, 각 항만의 특성에 따라 터미널 규모, 개발 속도 등이 상이하다. 컨테이너 터미널 자동화는 여러 방식으로 정의되며 자본 집약적이고 복잡한 프로세스를 갖추어 환적 허브항에서 널리 사용되고 있다.

2018년 기준 세계 컨테이너 터미널 자동화는 빠르게 진행되는 추세로 반자동화와 완전 자동화 컨테이너 터미널은 49곳이다. 전 세계의 컨테이너 반(부분)자동화 및 완전자동화의 터미널의 현황은 다음 <그림 2-2>와 같다.



출처: Drewry Maritime Research(2018)

<그림 2-2> 반자동화 및 완전자동화 컨테이너 터미널 현황, 2018

터미널 운영 주체가 자동화를 도입함으로써 경쟁력을 높일 수 있는 이유는 다음과 같다. 첫째, 기존 터미널 시설에 자동화 설치공간을 마련하

여 운영할 경우 자동화로 인해 컨테이너 처리량은 늘어나고 운영비를 절감하여 비용경쟁력을 유지할 수 있다. 둘째, 터미널이 주요 환적 중심 항만일 때 자동화 장비의 운용으로 환적물동량을 늘릴 수 있다. 마지막으로 최신 자동화 기술 도입으로 구축한 항만은 무인으로 운영되므로 고객을 유치하기 위한 근로자 인력양성 교육 등 직원 교육에 대한 비용을 절감할 수 있다.

컨테이너 터미널 자동화의 도입을 통하여 얻을 수 있는 긍정적인 효과는 환경오염 저감, 시간과 운영비 감소, 사고감소, 안전성 향상, 장기적 이익 등이 있다. 실제 사례로 미국 LBCT는 80% 이상의 환경오염 감소 효과를 보였다고 밝혔으며, 샤먼항은 운영비 37% 절감과 유지보수비 20%, 연료비 25%를 절감하는 효과가 있었다. 또한, 호주의 반자동화 Patrick 터미널의 경우에는 안전사고가 90% 정도 감소하였다.

반면, 자동화 도입의 부정적인 효과로는 노동조합의 일자리 감소에 대한 반발과 높은 초기투자 비용, 사이버 보안 위험성 등이 있다.

자동화의 도입으로 인하여 인적 요소가 제거됨에 따라 터미널 내에 고용된 근로자는 고용 손실에 대한 우려를 표하므로 자동화 구현 중에 이해관계자 간의 견해에 차이가 발생한다. 호주 Patrick 터미널의 경우 항만근로자가 40.9% 감소하였으며, 네덜란드 로테르담항 역시 19.4% 감소하였다.

또한, 컨테이너 터미널의 자동화 도입을 위하여 드는 초기투자비는 기존 개발비용보다 1.5배~2배 이상 높아 자동화 도입 시 개발 주체 및 운영 주체가 비용 부분을 우려하는 것을 확인할 수 있었다.<sup>1)</sup>

마지막으로 사이버 보안에 대한 취약성이다. 컨테이너 터미널 자동화의 안전한 정보공유 방법에도 불구하고 악성코드로 의심되는 맬웨어 공격이 발생한다면 민감한 정보에 큰 손실을 불러일으킬 수 있기에 유의해야 한다.

우리 정부는 다양한 우려 속에서 컨테이너 터미널 자동화의 투자부문에 서 많은 지원이 필요할 것으로 예상하지만, 무인 자동화 시스템은 유인시

---

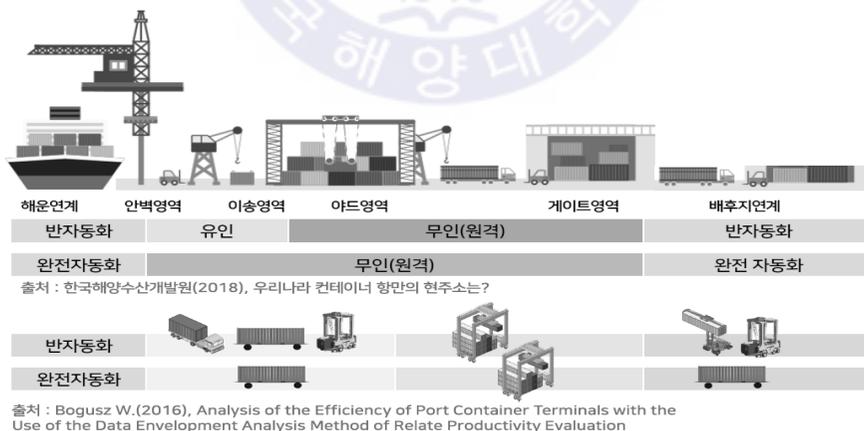
1) 한국해양수산개발원, 해양수산전망대회(2018) 발표자료 제2부 항만물류, 15p.

스텝보다 화물처리의 효율성이 높고, 인건비 부담이 줄어들므로써 향후 10~15년 이내 충분히 투자비를 회수할 수 있을 것이 정부의 분석이다.<sup>2)</sup>

### 2.1.3. 자동화 장비의 종류 및 성능

컨테이너 터미널 자동화는 완전 자동화와 반(부분)자동화로 구분된다. 완전 자동화 터미널은 선박이 안벽에 접안한 후 선적 및 하역 시 원격 크레인 조정, 이송작업 시 AGV(Automated Guided Vehicle) 도입 등 무인 이송 장비를 활용하고 장치장 운영(RTGC, RMGC 활용 등) 역시 무인으로 이루어지는 터미널을 의미한다(최석우 외, 2018). 또한, 완전 자동화 컨테이너 터미널은 야드에서 선측까지의 이송작업을 자동화한 컨테이너 터미널로 정의할 수 있다. 현재 완전 자동화로 운영되고 있는 대표항만은 독일의 CTA와 네덜란드의 ECT 등이 있다(전명길, 2015).

반(부분)자동화 컨테이너 터미널은 이송 장비 또는 야드 하역 장비의 부분적 자동화가 이루어진 수평 배치 터미널이다(김우선, 2004). 대표적인 주요 장비로 RMGC가 무인으로 운영되며 부산 신항 PNC, PNIT, 영국 TMP, 싱가포르 PPT 등에 도입되어 있다.



<그림 2-3> 컨테이너 터미널 자동화 구분

2) 인천일보, 스마트항만은 세계적 흐름, 일자리 갈등 해결이 관건, 2018.05.23.검색(2019.12.23.)

### (1) 이송 장비

이송 장비란 안벽과 야드 사이에서 운용되는 운송장비로 터미널에서 더욱 높은 생산성을 얻기 위해 사용되며 더욱 큰 설비에 있어서 보조적인 역할을 갖는 장비를 포함한다.<sup>3)</sup> 먼저 터미널 내에서 운용되는 대표적인 이송 장비는 AGV(Auto Guided Vehicle)로 안벽과 야드 사이를 주행하는 핵심 무인 이송 장비이다. 이 장비는 네덜란드 ECT 터미널에서 처음 성공적으로 도입하였다. AGV의 특징은 전·후방으로 자유자재 주행이 가능하며 4바퀴가 동시에 움직이기 때문에 회전반경이 작다는 특징이 있다. AGV는 폭 2.7m, 길이 15.8m로 지하에 매설된 유도케이블 및 페인팅 경로를 따라 주행할 수 있으며, 주행 경로의 조합은 상황에 따라 자유로운 선택이 가능하다.



자료: <https://www.neuhauspartners.com/en/fresh-ideas-for-electrifying-port-logistics/>

<그림 2-4> AGV 장비

### (2) 야드 장비

스트래들 캐리어(Straddle Carrier)는 컨테이너를 컨테이너 작업장으로부터 에이프런 또는 CY로 운반 및 적재하거나 야시 위로 이적하는 데 사용하고 있는 장비이다. 이 장비는 컨테이너의 선택성(Selectivity)이 뛰어난

3) 여수광양항만공사, 지식창고 E-book, 컨테이너 부두 건설 검색(2019.09.26)

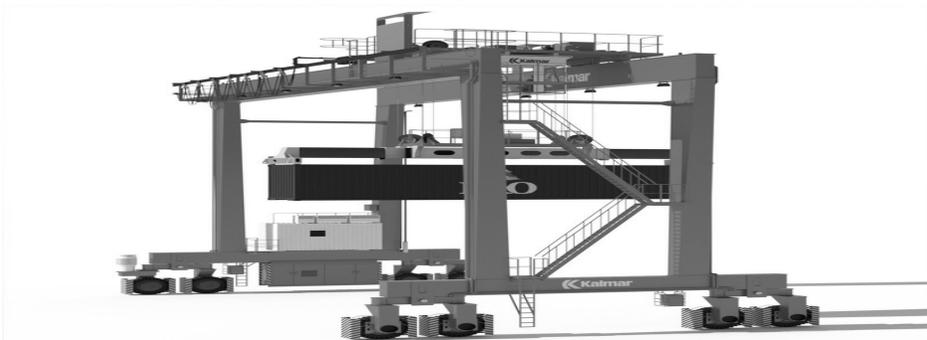
장점이 있지만, 이동속도가 느리므로 적재작업에 적합한 장비이다. 현재 Kalmar 사에서 개발한 장비인 Shuttle Carrier는 일반 S/C 장비와 비교하면 이동속도가 빠르고 가격은 50% 수준이다. 장비제조업체 Noell 사 역시 AGV의 일종인 소형 S/C를 개발하고 있다.



자료:<https://freightcomms.com/kalmar-and-medcenter-container-terminal-continue-long-standing-cooperation-with-new-straddle-carrier-order/>

<그림 2-5> SC 장비

RTGC(Rubber Tyred Gantry Crane)은 컨테이너를 4단 또는 5단으로 적재할 수 있는 장치 작업이 가능하다. 최근 RTGC의 자동주행과 컨테이너 위치를 확인할 수 있는 시스템이 개발되면서 자동화가 가능해졌으며 이는 운전자가 크레인을 조종하지 않고 사전에 정해진 경로에 따라서 주행할 수 있다.



자료:<https://www.highend3d.com/3d-model/rtg-gantry-crane-kalmar-3d-model>

<그림 2-6> RTGC 장비

RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)는 항만의 대형화에 대응하기 적합한 장비로 고용량, 고효율의 야드 하역과 적재작업을 할 수 있는 야드 자동화 하역시스템이다. 현재 국내의 부산항과 광양항에서 RMGC를 도입하였으며 향후 국내의 대형터미널 개발 시 RMGC를 도입한 반자동화 및 완전 자동화 컨테이너 터미널을 구축할 예정이다.<sup>4)</sup>



자료:<https://www.nauticexpo.com/prod/konecranes/product-30447-483797.html>

<그림 2-7> RMGC 장비

### (3) 장치장 하역 장비

자동화 터미널 내에서 활용되는 장치장 하역 장비는 ATC, ASC, OHBC 등이 있다. ATC(Automated Transfer Crane)는 독일의 CTA에서 도입한 장비로 소형 ATC와 대형 ATC로 2대의 장비를 배치하여 운영의 효율성을 높였다. 수직 배치의 자동화 컨테이너 터미널에서 생산성을 높이기 위한 RMGC 장비로 광양항 터미널에서 ATC를 도입할 예정이다.

ASC(Automated Stacking Crane) 장비는 1993년 네덜란드 DDN 터미널에서 처음으로 운영되었다. 1996년 장비의 문제점을 개선하여 기존 3단 형태에서 4단 형태로 개발되었으며, 2003년에는 생산성이 향상된 5단 ASC를 개발하여 사용 중이다. 하지만, ASC는 교차 주행이 어려워 일정한 영역을 담당하여 운영되므로 적재 효율이 비교적 낮다는 특징도 있다.

4) 차세대 항만 대응을 위한 고효율 야드 시스템의 개발연구, 해양정책연구, Vol. 20(2).



자료: <https://www.kalmarglobal.com/equipment/automated-stacking-cranes/>

〈그림 2-8〉 ASC 장비

OHBC(Overhead Bridge Crane)장비는 크레인이 가벼우며 다른 장비에 비해 저렴하고 속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 초기설치비용이 많이 들에도 불구하고 한 번 설치하면 낮은 유지비용으로 가장 효율적인 장치장 능력을 갖추고 있다. 현재 싱가포르 PSA 터미널과 벨기에 Hessenatie 자동화 터미널 등에서 도입되어 운용 중이다.

## 2.2. 국내 컨테이너 터미널 자동화 현황

컨테이너 터미널 운영비용 중 인건비가 상당 부분을 차지하고 있어 운영상 부담이 크며, 비용 절감 및 생산성 증대를 위하여 부산항 신항 및 인천 신항 등에서는 각 터미널에 적합한 자동화의 도입과 개발이 이루어지고 있다(변재태, 2019). 현재 우리나라의 부산 신항 2-3단계, 인천 신항 1-1단계 등 주요 컨테이너 터미널은 야드작업 시 자동화 크레인은 원격으로 조정되며 게이트 부분은 무인화가 이루어졌지만, Q/C, YT는 유인으로 운용되는 반자동화 수준에 머물러있다. 무인화 장비의 핵심인 Q/C, AGV 등의 무인화가 이루어지지 않아 완전 자동 운반이 불가능하여 운영비 절감이 어려운 것으로 판단된다. 또한, 환경적인 측면에서 컨테이너 이송작업 시 디젤연료를 사용함으로써 각종 오염물질이 배출되는 문제가 제기되

고 있다. 국내에서도 컨테이너 터미널을 완전 자동화로 구축하기 위한 체계적인 접근이 필요하다고 판단되므로 본 절에서는 국내 컨테이너 터미널의 자동화 운영현황을 검토하고자 한다.

해양수산부는 1997년 1차 항만건설 기본계획 이후 전국 12개 신항만에 대한 중장기 개발계획을 담은 2019년 ‘제2차 신항만 건설 기본계획(2019~2040)’을 발표하였다. 제2차 신항만 건설 기본계획은 2040년까지 스마트 혁신을 목표로 기존 수동·재래식 컨테이너 터미널을 자동화·지능화 컨테이너 터미널로의 변화를 목표로 하고 있다. 그리고 전 항만에 육상전원공급설비(AMP; Alternative Maritime Power) 설치를 통해 항만 미세먼지 50% 저감 및 지역과의 상생 혁신을 통한 항만 부가가치 창출과 일자리 53만 개의 확대계획 등을 포함한 내용을 담고 있다. 또한, 한국을 대표하는 부산항을 2040년까지 세계 3위의 항만으로 거듭날 수 있도록 2만 5,000TEU급 초대형 선박이 접안할 수 있는 메가포트로 육성하기 위한 계획을 추진하고 있다. 현재 개발하고 있는 부산항 신항 서컨테이너 터미널은 4차 산업혁명 기술을 접목하여 단계적으로 자동화 항만을 추진하고자 2-4단계, 2-5단계, 2-6단계를 개발 중이며, 자동화를 도입하기 위하여 부지확보 및 장치장 배치 등 향후 완전 자동화 터미널로 구축하기 위한 기반을 다지고 있다. 광양항 역시 로테르담항만의 에너지 물류, 스마트화, 지능화, 친환경화 등 각종 모델을 벤치마킹하여 세계적인 스마트·친환경 항만으로<sup>5)</sup> 발전시켜나갈 계획을 발표하였다.

부산항 신선대 컨테이너 터미널(PECT)은 2008년 국내 최초 6단 9열의 무인 자동화 시스템 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane) 5기를 설치하여 RMGC가 도입된 곳에는 6단의 적재로 다른 구간에 비하여 운영 효율이 50% 향상하는 효과를 가져왔다. 무인 자동화 크레인 ATC(Automated Transfer Crane) 역시 국내 최초로 5기가 도입되었으며 생산성 향상과 비용 절감을 목적으로 물류 지원시설을 갖추었다.

---

5) 제2차 신항만건설기본계획수립, 미래를 그리다(항만개발과), 해양수산부, 2019.08.01.

부산 신항의 한진 부산 컨테이너 터미널(HJNC)은 2009년 4,200여억 원의 사업비를 투입하여 개장하였다. HJNC 터미널은 탠덤 리프트 컨테이너 크레인과 무인 자동화 야드 크레인 장비를 보유하고 있다는 것이 큰 특징이다. 무인 자동화 야드 크레인은 5단 10열의 캔틸레버 타입으로 외부 트럭과 야드 트럭에 대한 작업처리 방식이 상이하다. 야드 트럭은 크레인에 장착된 인식시스템을 통하여 자동으로 하역하는 반면 외부 트럭의 경우 운영실의 야드 크레인 조작자가 영상을 통하여 리모트 컨트롤러를 조작하여 외부 트럭에 하역하는 방식으로 이루어진다. 야드 크레인의 가장 큰 특징은 무인 자동화를 통하여 선박의 적하 작업과 외부 트럭의 반출작업 시간을 크게 줄일 수 있다는 점이다. 야드 크레인은 외부 트럭과 야드 트럭의 컨테이너 위치를 크레인에 장착된 RFID 수신기를 통하여 식별할 수 있다. 따라서 식별된 컨테이너와 무인 자동화 크레인의 정해진 작업의 확인이 가능하므로 정확성이 높다는 이점이 있다.

부산신항국제터미널(PNIT)은 총 3개의 선석을 운영하고 있으며 터미널 내 장비로는 안벽크레인 11기, 야드 트랜스퍼 36기, 야드 트랙터 54기가 운용 중이다. 독일 함부르크항의 CTA 터미널과 마찬가지로 스프레더에 설치된 카메라를 통하여 영상을 보며 원격으로 제어하는 작업방식을 도입하였으며, 야드 내 트랙터 및 안벽 크레인의 경우에는 유인으로 작업이 이루어지므로 현재로서는 반 자동화 단계이다.

BNCT터미널은 컨테이너 터미널 자동화를 구현하기 위하여 야드 수직화를 실현하였다. 이는 네덜란드 로테르담항의 ECT 터미널과 같이 수직 배열 운영방식을 도입한 국내의 첫 번째 컨테이너 터미널이다. 터미널 내에는 안벽크레인 11기, ASC 42기, 스트래들 캐리어 28기 등이 운용 중이며, 무인 야드이송 장비를 통하여 야드 내 자동화 장비로 컨테이너를 이송하고 있는 것이 특징이다.

광양항은 한국형 항만 자동화 시스템 테스트 베드를 구축하고 OSS(Overhead Shuttle System)개발을 통해 자동화 항만으로 발전시키기 위한 기반을 마

런하고 있다. 국내의 항만 자동화 시스템 기술 검증을 위해 실제 크기로 테스트 베드를 구축하여 운영함으로써 성능을 검증하고 보완할 계획이다. 테스트 베드 내에는 야드 크레인, 레일, 플랫폼, 전기, 리치스테커 등을 설치하여 운영할 예정이다. 국내 기술을 적용한 시스템을 활용할 경우 기존 재래식 컨테이너 터미널보다 생산성이 20% 향상될 것으로 기대하고 있다.<sup>6)</sup>

인천 신항 1-1단계는 2015년 개장하였으며 반자동화 시스템을 도입하여 장치장 크레인만 원격으로 조정하고 안벽크레인과 야드 트랙터는 유인으로 운용되는 반자동화 터미널이다. 2018년 인천 신항에서 처리된 컨테이너 물동량은 170만TEU이며 2020년에는 200만TEU가 넘을 것으로 전망된다. 컨테이너 물동량이 증가하는 만큼 인천 신항에서는 1-2단계의 건설로 인프라를 확장하기 위하여 준비 중이다. 1-2단계는 4천TEU급 선박 3대가 동시에 접안할 수 있도록 계획되어 있으며 연간 처리능력은 138만TEU로 예상한다. 또한, 컨테이너 터미널 자동화 도입방안을 검토하여 자동화 컨테이너 터미널을 건설하고 유지관리 할 수 있도록 스마트 건설 기술을 도입하고자 한다. 이러한 설계와 공사 계획을 통하여 컨테이너 처리 속도 향상과 대기 오염 및 사고 발생에 관한 인명피해 감소를 목표로 인천 신항의 1-2단계는 2025년 이후 개장할 것으로 보인다.

국내 컨테이너 터미널은 글로벌 허브항만과의 경쟁을 극복하기 위한 개발 및 운영 측면에서 한계가 존재하며 막대한 컨테이너 터미널 투자 비용으로 개발이 지연되고 있다는 문제점이 있다. 또한, 항만 이해관계자 간의 데이터 공유 미흡으로 인한 투명성 및 효율성 저하가 발생하고 있으며 항운노조가 강력히 구성되어있으므로 사업 다변화 및 운영의 효율성이 떨어지는 문제 등이 있다. 향후 이러한 문제를 해결해 나아가기 위한 단계적인 계획을 세우는 것이 필요하다고 판단된다.

---

6) 『항만과 산업』, 2018. 한국해양수산개발원. p.34.(참고)

〈표 2-1〉 우리나라 컨테이너 항만 자동화 수준

구분	자동화 수준	선박하역 작업	이송작업	장치장 작업	주요터미널
우리나라	반자동화	유인운전 전기동력	유인운전 디젤 동력	무인 원격운전 전기동력	부산 신항만 컨테이너 터미널 한진 부산 컨테이너 터미널 부산 신항 국제터미널 현대 부산 신항만 부산 신항 컨테이너 터미널 인천 선광 신컨테이너 터미널 한진 인천 컨테이너 터미널

출처: 4차산업혁명의 침범!, 로보틱 스마트항만이 현실로 재구성(2017.06.)

### 2.3. 국외 컨테이너 터미널 자동화 현황

세계 주요항만에서는 점차 높아지고 있는 인건비와 부족한 노동력 문제를 해결하고자 자동화를 추진하고 있으며 효율적인 토지 이용과 작업 능률을 극대화하기 위하여 항만시설의 자동화에 관심을 기울이고 있다(홍동희 외, 2001). 컨테이너 터미널 자동화의 도입은 기존의 노동집약적 운영방식에서 벗어나 항만 생산성을 높이고 토지 이용을 극대화할 수 있다. 선진국들은 자동화 터미널은 초기투자 비용이 막대하지만, 기존 터미널의 유지보수 비용 및 인건비가 높은 문제점을 해결하고자 컨테이너 터미널 자동화 도입을 가속화하고 있다.

세계 최초의 자동화 터미널은 1993년 개장한 네덜란드 로테르담의 ECT 터미널이다. 로테르담 ECT 터미널은 유럽의 가장 큰 물류 및 산업적 허브로 지리적 접근이 편리한 위치에 있으며 자동화 하역 장비들은 무선통신을 통하여 작업지시를 받고 화물을 처리한다. 터미널 내에서 운용되는 장비는 AGV(Automated Guided Vehicles)와 ASC(Automated Stacking Crane) 등이 있으며 자동화 운영으로 부두에서 일하는 단순 노동 인력을 이전보다 70% 감소시켜 비용은 절감하고 생산성을 향상했다. 이러한 인력 감소로 인한 일자리 문제는 재교육을 통해 재배치하여 활용하고 있다. ECT 터미널의 성공적인 운영을 뒤이어 2015년에 안벽크레인까지 무인화한 APM 터미널과 RWG(Rotterdam World Gateway)를 동시에 개장하였다.



자료: 좌) <https://www.apmterminals.com/> 우) <https://rwgservices.rwg.nl/>

### 〈그림 2-9〉 AMP 및 RWG 터미널 전경

호주는 2000년도에 자동화 터미널인 Patrick 터미널을 개장하였다. Patrick 터미널은 1997년부터 자동화 장비의 연구와 개발을 진행했으며, 자동화 장비의 테스트를 구현한 호주의 첫 번째 자동화 컨테이너 터미널이다. Patrick Terminals - Brisbane AutoStrad™은 2007년 자동 스트래들 캐리어를 최초로 도입한 터미널로 이후 지속적인 기술개발을 위하여 6억 달러를 투자하였다. 2015년에는 세계 최대의 자동 스트래들 캐리어의 개발로 Patrick Terminals - Sydney AutoStrad™을 구현하였다.<sup>7)</sup>



자료: <https://qube.com.au/patrick/>

### 〈그림 2-10〉 Patrick 터미널 전경

7) <http://www.patrick.com.au/>

독일 함부르크 CTA 터미널은 선박의 대형화에 따라 높은 신뢰성과 한정된 공간 및 고임금 문제를 해결하기 위해 2003년 자동화된 터미널을 개장하였다. CTA 터미널 내 모든 기술 분야를 최신키술로 만들기 위하여 상당한 노력을 한 결과 트롤리 시스템, 무인 AGV, 레일을 장착한 RMGC 장비 등을 도입하였다. 이 세 가지의 혁신적인 기술이 테스트 되었으며 각 장비의 연계된 작업을 위하여 시스템개발과 연구가 이루어졌다. CTA 터미널은 완전 자동화로 운영되는 컴퓨터와 장비가 사람을 대체하게 되었으며 운영 결과 효율성과 생산성이 향상되었다.



자료: [https://www.researchgate.net/figure/The-HHLA-Container-Terminal-Altewerder-CTA-c-HHLA\\_fig1\\_227278590](https://www.researchgate.net/figure/The-HHLA-Container-Terminal-Altewerder-CTA-c-HHLA_fig1_227278590)

<그림 2-11> CTA 전경

네덜란드 로테르담 Euromax 터미널은 2008년 9월에 개장한 터미널이다. 이는 네덜란드의 ECT 터미널과 독일의 CTA 터미널 다음으로 3번째로 개장한 완전 자동화 컨테이너 터미널이다. 터미널 설계부터 구성 및 운영과 관련하여 고성능, 유연성, 안전성, 효율성, 비용 등을 터미널 핵심 기준으로 선정하였다. 저렴한 비용으로 높은 생산성을 발휘하고자 혁신적인 물류의 개념을 적용하였으며 입증된 기술과 경험을 바탕으로 생산성을 향상하고자 한다. 현재 ECT Euromax 터미널은 Massvlakte에 있으며 시간제한 없이 24시간 초대형 선박을 취급할 수 있다. 따라서 초대형 선박에 대한 컨테이너 처리 용량에 대한 수요로 초기 약 2백만TEU를 처리를 목표로 하였으나 장비의 생산성과 지속하여 증가하는 물동량을 고려하여 5백만TEU 이상 처리를 목표로 설정하였다.



자료: <https://www.ynfpublishers.com/tag/maasvlakte>

### <그림 2-12> ECT Euromax 전경

Port Technology(2016)는 LA, LB 터미널에 자동화를 도입하는 것이 초대형선을 처리할 수 있는 가장 합리적인 해결책으로 제시하였다. 또한, Wall Street(2018)는 TraPac 터미널과 LBCT의 자동화 구축은 미국 항만의 미래 상징이라고 언급하였다. 먼저, 미국 LA TraPac 터미널은 LA에 있는 터미널 중 완전 자동화와 고도화된 통합이 이루어진 컨테이너 터미널로 2015년 개장하였다. 터미널 내에는 ASC(Automated Stacking Cranes)와 ARMG(Automated Rail Mounted Gantry Cranes) 장비 등이 있으며 이러한 장비는 계획시스템, 크레인 감시제어기능, 자동화 소프트웨어, 센서 등으로 다양한 구성 요소들이 포함된다. 자동화 장비는 대기시간 없이 다음 작업을 수행할 수 있으며 지속적인 작업이 가능하므로 신속하고 효율성이 높다. 또한, 자동화 장비의 운용은 안전성이 높고 환경적으로 오염물질 배출을 감소시킬 수 있으며 저렴한 비용으로 터미널을 이용할 수 있는 이점이 있다(Port Technology, 2019).

미국 LA LBCT 터미널은 세계에서 가장 강력한 항운노조로 인하여 완전 자동화 터미널의 건설이 어려웠지만 2017년 4월 1단계 1개 선석을 개장하였으며 2019년 말까지 3개 선석을 개장하는 것을 목표로 하고 있다. LBCT는 TraPac 터미널과 마찬가지로 ASC 장비와 AGV 장비 등을 도입할 예정이며 추가로 외부 트럭의 진입 및 진출 시 효율성을 높이기 위하여

Ready AGS 게이트 예약 시스템을 사용하고 있다. 이 시스템을 활용하면 도착 30분 전 트럭, 기사, 화물정보를 게이트 담당자에게 전송하며 담당자는 간단한 절차 후 트럭을 통과시키기 위해 걸리는 시간이 15초에 불과하다(이언경 외, 2017). LBCT 터미널은 인건비 및 운영비 37% 절감, 생산성 40% 향상, 환경규제로 대기 오염 80% 감소 등의 성과를 보였으며, 이와 관련하여 항운노조와의 협의로 컨테이너 터미널 자동화를 원활히 추진하였다.



자료: <https://www.lbct.com/Home/Default>

#### <그림 2-13> LBCT 전경

2017년 5월에는 아시아 최초로 완전 무인 자동화 터미널 QQCTN(Qingdao New Qianwan Container Terminal)을 개장하였다. 터미널 내 완전 무인이송차량 AGV와 ASC 등 최신 자동화 기술을 적용하였으며 독자적인 기술로 선박자동앵커링, 콘 체결 분리 시스템, 리프팅 버퍼 플랫폼의 운용<sup>8)</sup>을 통하여 항만 효율성을 30% 향상하고 인건비 85% 절감을 목표로 하고 있다. 또한, 2만 4,000TEU급 초대형 선박 대응이 가능하며 터미널 내 장비를 전기 및 배터리 시스템으로 적용해 고효율 친환경항만으로 거듭나고자 노력하고 있다.

8) 『4차산업혁명의 침범! 로봇틱 스마트 항만이 현실로』, 2017. 한국해양수산개발원(2017.06.) KMI 동향분석 Vol.31



자료: <http://www.iqilu.com/>

<그림 2-14> 칭다오항 전경

이 외에도 현재 컨테이너 터미널 자동화를 개발 중인 항만은 모로코 탕헤르항, 미국의 버지니아항, 싱가포르의 투아스항, 태국의 람차방항 등이 있다.



<그림 2-15> 컨테이너 터미널 자동화 개장현황

## 2.4. 시사점

컨테이너 터미널의 자동화는 전 세계적으로 보편화 되어 가고 있으며 이러한 추세는 향후 약 5년 동안 연평균 25% 성장하여 완전 자동화 컨테이너 터미널의 비중이 높아질 것으로 보인다(Technavio, 2019). 네덜란드 로테르담의 ECT 터미널을 시작으로 브리즈번 Patrick 터미널, 함부르크 CTA, 로테르담 Euromax, 미국 TraPac, LBCT 등 GTO는 세계적인 기후변화에 대한 대책 마련, 안전사고 등을 중심으로 인식이 변화하여 자동화 컨테이너 터미널 건설을 추진하고 있다. 재래식 컨테이너 터미널과 비교하면 자동화 컨테이너 터미널은 초기투자비가 많이 들에도 불구하고 각국은 경쟁력 강화를 위하여 투자하는 것으로 나타났다.

국내 대표항만인 부산항 신항 및 인천 신항 등을 살펴본 결과 선진 컨테이너 터미널과 비교하면 아직 국내 항만은 반자동화 수준에 머무르고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 현재 우리나라도 『제3차 전국항만 기본계획 수정계획(2016~2020)』 및 『제2차 신항만 건설 기본계획(2019~2040)』에 따라 무인 자동화, 친환경 등 차세대 스마트 포트를 구축하고자 계획을 수립하고 있으며 이와 관련된 연구가 진행 중이다. 선진사례를 분석한 결과 국내에서도 항만 장비개발 및 기술력을 향상하기 위하여 기업 발굴과 집중적인 지원이 필요해 보인다.

자동화가 도입됨으로써 우려되는 요소 중 하나는 일자리 문제이다. 일자리 문제를 해결하기 위하여 일자리 대책 마련 및 재교육 등 사회 안전망 차원에서 문제 해결을 위한 접근과 노력이 필요하다고 판단된다. 국내에 완전 자동화 컨테이너 터미널을 도입하기 위하여 발생하는 이해관계자간의 다양한 문제점을 파악하고 해결하는 것 또한 선진 컨테이너 터미널로 나아가기 위한 중요한 숙제라고 판단된다.

## 제 3 장 선행연구 고찰

### 3.1. 컨테이너 터미널 자동화 선행연구

변재태(2019)는 항만의 완전 무인 자동화 도입배경과 GTO의 사례를 통하여 부산항에 어떻게 활용할 수 있을지 검토하여 항만 개발 및 발전에 이바지할 방법을 제시하였다. GTO는 항만진출 전략과 선진 기술의 도입으로 전 세계 항만물동량의 상당수를 처리하며, 선제적으로 완전 무인 자동화를 도입하여 운영 중이다. 부산항 역시 완전 자동화 도입 시 정부 및 관련 기관의 합리적인 의사결정을 내리기 위한 결정요인의 체계적 분석, 수치화된 타당성 분석, 컨테이너 터미널 자동화에 대한 항목별 수준 비교 분석 등이 필요하다고 강조하였다. 컨테이너 터미널 자동화 도입 결정에 대하여 선사 측면의 서비스, 항만 운영시스템의 문제점 등과 운영사 측면에서의 초기투자비용, 운영비용, 임대료 등의 요인을 살펴볼 필요성이 있다고 강조하였다.

정권재(2018)는 컨테이너 터미널 운영사와 해운선사를 대상으로 컨테이너 터미널 자동화의 도입에 대한 인식 차이 연구를 하였다. 설문 조사는 선행연구를 토대로 5개의 요인 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상요인을 추출하였다. 연구 방법으로는 요인분석 및 신뢰도 분석, 독립표본 t-test의 분석 방법을 활용하였으며, 분석 결과 컨테이너 터미널 운영사와 해운선사 간 상당 부분 인식을 같이하는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 일반 컨테이너 터미널보다 자동화 도입 시 경쟁력 확보를 기대하는 것으로 나타났으며, 컨테이너 터미널 운영사와 해운선사 간 안전성 요인 부분에서 인식의 차이를 나타냈다. 컨테이너 터미널 운영사는 자동화 도입을 통한 인적오류 예방과 작업자 피로도 개선을 통한 사고 발생률이 감소할 것으로 예상하지만 해운선사는 자동화 시스템의 오류로 작업중단이 선박의 출항 지연에 영향을 미칠 것을 우려하고 있는 것으로 밝혀졌다.

홍종욱(2018)은 스마트항만의 도입배경과 형태가 항만성가에 어떠한 영향을 미치는지 실증적으로 검증하고자 하였다. 이러한 검증결과를 토대로 항만물류산업의 발전에 이바지할 수 있는 정책을 제시하고자 하는 데 목적을 두었다. 설문 항목은 이용자 수용대응, 항만 근로조건, 지능화, 자동화, 비용 절감, 서비스 향상 등으로 구성하여 스마트항만 도입배경과 형태, 성과 간의 인과관계에 대한 요인 간 관계성을 검증하였다. 연구결과 항만 자동화는 궁극적으로 무인 자동화를 지향하며 항만운영성과와 정책 성과 모두 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이러한 연구를 토대로 장기적인 관점에서 종합적 국가전략을 수립해야 하는 것이 필요하다고 강조하였다.

왕기준 외(2018)는 의하면 최근 스마트항만의 기술은 사물인터넷, 빅데이터, 자동화 및 친환경 기술과의 융합으로 많은 국가에서 주요한 이슈로 떠오름에 따라 스마트 기술을 적용한 항만에 대해 경제적 영향을 조사한 연구가 부족한 실정임을 밝혔다. 자동화 항만산업에 대한 정책 검토 및 한국은행에서 발표한 산업연관표를 기준으로 자동화 항만산업이 다른 산업의 생산성 및 부가가치, 고용에 대하여 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다. 해운 및 항만산업이 국가 경제에 미치는 경제적 영향을 분석한 선행연구를 바탕으로 항만산업과 신항만산업으로 분류하여 산업연관 분석을 수행하였다. 스마트항만산업의 경제적 영향을 분석한 결과 일반항만산업과 비교하면 항만산업생산계수, 부가가치, 고용유도 계수가 더 높다는 것을 밝혔다. 또한, 자동화 산업이 일자리 창출에 미치는 영향에 대한 우려에도 불구하고 일자리 창출을 분석한 결과 실제로 자동화 기술혁신을 도입하면 오히려 새로운 분야에 대한 신규 일자리를 창출할 수 있다는 것을 밝혔다.

Yilin Wang 외(2018)는 전 세계의 90% 화물은 해상으로 운송되며 컨테이너선의 대형화에 따라 터미널에 요구하는 효율성과 생산성도 높아졌기 때문에 이에 대한 대책이 필요하다고 판단하였다. 연구의 목표는 컨테이너 터미널 자동화에 관한 문헌 연구를 바탕으로 운영향상과 항만 지속가

능성을 위한 방안을 도출하고자 하였다. 선행연구를 통하여 ‘운영성과’, ‘안전 및 보안’, ‘환경’, ‘경제’를 자동화 향만의 주요 요인으로 도출하였으며 운영성과의 핵심 특징은 생산성, 터미널 내 부지 최적화, 장비 간의 정보교환으로 의사결정 용이 등이 포함되었다. 또한, 컨테이너 터미널 자동화의 핵심 대표요인으로 운영비 감소와 유지보수비 감소 등이 도출되었다. 이와 같은 요인을 바탕으로 컨테이너 터미널 자동화는 터미널의 목표달성을 위하여 친환경적이고 신속하며 향상된 성능으로 지속 가능한 발전을 이룰 수 있다고 강조하였다.

이민규 외(2018)는 각국에서 스마트 항만기술을 개발하며 자동화 산업의 효율성을 향상하고자 하며, 이에 스마트항만 산업이 우리나라 경제에 미치는 영향을 분석하였다. 따라서 한국은행에서 고시한 산업분류표를 활용하여 델파이 기법에 근거하여 생산, 부가가치, 고용 등에 대하여 항만산업의 현대화 전후의 경제 영향을 분석하였다. 스마트 항만산업과 항만산업에 대하여 경제적 효과를 분석한 결과 스마트 항만산업의 부가가치 및 고용유발 생산유발계수가 전반적으로 높게 나타났다. 항만의 자동화에 의하여 일자리에 실업자를 유발할 수 있는 우려가 있지만, 기술혁신이 새로운 일자리 창출에 상당한 영향을 미칠 것이라고 예상된다. 이러한 글로벌 스마트항만의 추세에 따라 물류 산업도 적극적으로 대응하며 정부의 투자확대와 적극적인 참여로 새로운 가치를 창출하는 것이 필요하다고 강조하였다.

이연경(2017)은 경쟁항만은 완전 무인 자동화뿐만 아니라 디지털 및 스마트항만을 추진하고 있지만 우리나라는 세계 최고 수준 대비 자동화 및 정보의 연계가 미흡하여 2030년에는 수준 격차가 더욱 심화 될 것으로 전망하였다. 스마트항만 도입 격차 해소를 위한 국내 항만에 필요한 과제조사와 우선순위를 분석한 결과 플랫폼 설계능력, 자료수집 등의 국가전략마련이 중요한 것으로 나타났으며, 기술개발 및 사업화 노력, 신뢰성, 유연성, 친환경 등 순으로 나타났다. 국가는 스마트항만의 발전을 위하여 단계적 접근과 공공 빅데이터의 신뢰성을 위한 전략과 프로세스 혁신 체

계마련 및 숙련된 기술을 보유한 기업과의 협력체계 마련이 필요하다고 강조하였다.

Ana María Martín-Soberón(2014)은 컨테이너 터미널 자동화의 유형 및 개념과 자동화 기술 채택 도입에 대하여 설명하였다. 또한, 향후의 컨테이너 터미널 자동화의 도전과제와 도입 이점으로 운영 생산성 향상, 안전 및 보안 향상, 지속 가능한 환경, 경제 및 재정적 수익성 등으로 구분하였다. 세부적으로 생산성 향상 측면에서 운영 생산성, 유연성, 효율적 자원 이용, 통제용이 등의 장점을 갖추고 있지만 새로운 시나리오에 관한 사전 연구 및 계획이 이루어져야 한다는 점, 예외적인 상황이 발생하였을 때 대응 능력이 어려운 점을 단점으로 서술하였다. 또한, 안전 및 보안 향상 부분은 인적 오류로 인한 위험도가 감소하여 결론적으로 터미널 내에 안전성이 향상되고 보안시스템의 통합이 이루어질 것으로 판단했다. 지속 가능한 환경에서 전기동력 장비로 운영되며 면적 효율화가 높아지지만, 항만근로자의 관점에서 일자리에 대한 손실 우려가 부정적인 측면으로 분류되었다. 이처럼 자동화 터미널의 안정적인 개발을 이루기 위하여 장점을 살리고 단점을 보완해 나가야 한다고 밝혔다.

박남규(2004)는 자동화 컨테이너 터미널의 운영목표를 객관적인 지표로 설정하기 위하여 AHP 분석 방법을 사용하였다. 컨테이너 터미널 자동화에 대한 요구사항을 수용하는 목표 결정을 위하여 다양한 주체들을 대상으로 설문 조사를 하였다. 초기투자비 절감, 운영비 절감, 자동화 시스템 성능향상, 운영 효율화 및 생산성 향상, 고객 서비스 제고를 요인으로 추출한 후 전체 항목에 대한 중요도를 분석한 결과 운영비, 컨테이너 처리 생산성, 장비의 시간당 처리능력, 신속성, 등이 컨테이너 터미널 운영목표로 나타났다. 터미널 운영자와 이용자 간 운영비 절감이 중요한 요소로도 출되었으나, 이용자의 경우에는 세부항목에서 신속하고 정확한 정보제공이 가장 중요한 항목으로 나타났으며 이는 컨테이너 터미널 자동화 도입에 대하여 주체 간 견해차가 나타나는 것으로 분석되었다.

최형립(2004)은 컨테이너 터미널 자동화에 대한 선진 컨테이너 터미널의 최신 현황과 자동화 장비, 운영 특성 및 개발을 위한 전략을 분석하였다. AHP 분석을 통하여 국내 광양항 컨테이너 터미널 개발 목표의 우선순위를 조사하였다. 분석 결과 운영비 절감, 운영 효율화 및 생산성 향상, 고객 서비스 제고, 자동화 시스템 성능향상, 초기투자비 절감으로 나타났다. 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 투자비를 회수할 수 있을 정도의 처리 물동량을 확보해야 하는 것이 광양항의 숙제이며, 국내의 자동화 도입 시 부족한 기술 문제를 해결하기 위하여 비자동화 부분의 기술적, 제도적 방안강구와 점진적 접근이 필요하다고 강조하였다. 또한, 운영되고 있는 재래식 컨테이너 터미널에 자동화 도입 시 어떤 방식이 적합한지 면밀한 검토가 필요하며 이러한 사항을 고려하여 추진한다면 국내 컨테이너 터미널 자동화의 개발이 향후 국제적으로 경쟁력 우위를 확보할 수 있다고 밝혔다.



<표 3-1> 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구

구분	연구내용
변재태(2019)	부산항 자동화 도입 활용방안 검토 및 항만 개발 방향과 발전방안 제시
정권재(2018)	컨테이너 터미널 운영사와 해운선사를 대상으로 컨테이너 터미널 자동화 도입에 대한 인식 차이 연구 시행
홍종욱(2018)	스마트항만의 도입배경과 형태가 항만성과에 어떠한 영향을 미치는지 실증분석
왕기준(2018)	스마트 기술을 적용한 항만의 경제적 영향을 조사하고 항만산업과 신항만산업으로 분류한 산업연관 분석 시행
Yiling Wang(2018)	컨테이너 터미널 자동화에 관한 문헌 연구를 바탕으로 운영향상 및 항만 지속 가능방안 도출
이민규 외(2018)	스마트 항만산업이 국내 경제에 미치는 영향 분석
이연경(2017)	국내 항만의 문제점 도출 및 스마트항만 도입 격차 해소를 위한 항만에 필요한 과제조사와 우선순위 분석
Ana Maria(2014)	컨테이너 터미널 자동화의 유형 및 개념과 자동화 기술 채택 도입에 관한 연구
박남규(2004)	AHP 분석 방법을 활용하여 컨테이너 터미널 운영목표의 객관적인 지표 도출 및 자동화에 목표 결정연구
최형립(2004)	선진 자동화 컨테이너 터미널의 최신 현황 및 자동화 장비, 운영 특성을 통한 국내 항만 개발 전략분석

### 3.2. 컨테이너 터미널 선택요인 선행연구

컨테이너 터미널 자동화와 관련된 선행연구들은 해외의 자동화 항만 현황 검토를 통해 국내 항만의 경쟁력 제고를 위한 발전 및 기술 도입적용 방안 등에 관한 연구가 주로 이루어져 자동화와 관련한 요인의 인과관계를 살펴보는 연구는 부족한 실정이므로 요인을 추출하는 데 한계가 존재하였다.

실질적으로 컨테이너 터미널을 선택하는 주체는 선사나 화주 등으로 구성된다. 항만을 선택하는 이용자들이 항만선택 시 고려하는 중요 요인이 무엇인지 살펴보고 요인을 추출하여 설문 조사에 활용하고자 하였다. 따라서 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구와 항만선택 요인과 관련한 선행연구를 종합적으로 검토하였다.

Laura Vega 외(2019)의 연구는 데이터를 활용하여 항만선택 결정을 평가하였다. 항만선택 결정은 화주와 연관 있는 다양한 외부요인들에 의해 이루어지며 요인으로는 항만운송비용, 항만 특징, 항만 효율, 지정학적 위치, 취급화물의 유형 등이 있다. 선행연구를 통하여 추출한 요인을 분석한 결과 화주가 항만선택 시 고려하는 중요도 요인으로 항만 이용비, 정기선사 기항빈도, 항만비용, 항만이용시간, 화물의 유형, 항만의 역할수행능력 순으로 나타났다. 항만선택 시 중요 요인에 대하여 운영 주체가 전략적 운영체계를 구축하면 항만을 선택하는 화주의 행동에 영향을 미칠 것으로 판단된다고 분석하였다.

정연형(2018)은 문헌 조사와 설문 조사 분석을 통하여 화주가 항만을 선택할 때 미치는 결정요인들을 도출하고 화주에게 미치는 영향을 살펴보고자 Kano 모형을 기반으로 분석을 하였다. 분석을 통해 서비스 수요자의 관점에서 항만 운영을 위하여 어떠한 서비스 요인을 개선해야 하는지 파악하고자 하였다. 분석 결과 컨테이너 수급 원활성, 항로 다양성, 항만 및 터미널 규모, 화물처리 신속성, 내륙운송비용 순으로 중요도가 나타났으며 항만

운영인력의 전문성과 해상 운송 비용보다는 항만선택 시 컨테이너 수급 원활성과 항로의 다양성 등 전반적으로 항만서비스가 주요 고려요인으로 작용하는 것으로 나타났다.

박병인(2017)은 항만선택요인에 대한 이용자들의 지각이나 인지가 높아지면 특정항만의 선호도가 높아진다고 밝혔다. 따라서 항만선택의 행위를 규명하기 위해 항만선택행위모형을 검토하여 이를 반영한 터미널 운영사의 운영전략을 구성하였다. 항만선택속성의 특성 형태는 주체에 따라 인식이 다를 수 있음을 확인하고자 이해당사자들 간의 의견을 종합하였다. 선사 측면에서의 항만선택요인은 항만의 화물량 및 처리량이 다른 요인에 비하여 매력 특성을 가지는 요인으로 인식하고 있음을 밝혔다. 항만공사는 항로의 다양성, 항만의 운송량 및 처리량, 항만비용 등 순으로 나타났으며 운영사는 화물 운송량 및 처리량, 항만비용, 복합운송 연계성이 중요한 항만선택요인으로 나타났다.

윤승재(2017)는 효율적인 항만 운영을 위한 항만선택요인분석의 필요성을 파악하고자 항만관리자, 항만운영자, 항만이용자를 대상으로 설문 조사를 시행하였다. 각 이해관계점에서 항만선택요인을 분석하고 항만관계자 간의 인식 차이를 도출하였다. 연구 방법으로는 AHP(계층 분석적 의사결정 방법)를 활용하였으며 AHP 분석 결과 도출된 평가 요소로 항만의 입지, 항만비용, 항만 운영, 항만시설 순으로 조사되었으며 세부속성의 경우 화물 운송량 및 처리량, 터미널 비용, 항로 다양성, 내륙운송망 접근성 순으로 분석되었다. 본 설문 조사 결과 서비스 공급자는 가격 경쟁력과 안정적 물동량 확보와 효율적 화물처리 시스템 운영을 통해 수요자의 요구를 충족시켜야 한다고 강조하였다.

정준식(2015)은 항만에 인접한 지역의 화주가 항만선택 시 중요한 요인을 추출하고 이를 바탕으로 화주를 유치할 수 있는 전략을 제시하였다. 터미널 선택 선행연구를 참조로 크게 5가지 요인으로 분류하였으며 세부항목으로 물류 관련 서비스 제공수준, 장기간 무료 보관 기간 제공 여부, 화물손상

및 멸실빈도, 일반행정처리의 신속성, 이용자 요구에 대한 즉각적인 대응 등을 도출하였다. 분석 결과 화주들은 항만선택 시 항만서비스, 물류비용, 화물처리수준, 항만의 전문성 등을 중요하게 인지하는 것으로 분석되었다.

이윤찬 외(2015)는 이용하는 잠재화주의 인식을 파악하고 인천 신항의 경쟁력 강화방안을 마련하고자 IPA 분석을 활용하였다. 화주가 항만선택 시 고려하는 요인에 대하여 분석한 결과, 서비스, 신뢰성, 네트워크, 비용 총 4의 요인이 도출되었다. 항만선택 결정요인의 중요도 분석 결과 정시성이 가장 높게 나타났으며, 24시간 주7일 서비스 요인과 항만 장비 요인은 상대적으로 중요도가 낮게 인식되었다. 결론적으로 항만경쟁력 향상을 위하여 하역, 이송, 보관, 비용, 화물처리 신속성에 대한 집중관리가 필요하다고 밝혔다.

Sedigheh Zarei(2015)는 해운선사가 항만선택 시 핵심 요인을 구분하고 중요도를 파악하는 데 목적을 두었다. 수집된 데이터를 활용하여 인터뷰를 통해 해운선사가 중요시하는 요인과 터미널 운영업체에서 그와 상응되는 필요조건을 만족시키고 있는지 나타내고자 하였다. 항만선택요인은 적·양하 거리상 위치, 안벽 수심, 항만 안전, 항만 운영정책, 정치적 안전성, 서비스 속도 등으로 분류되었으며 분석 결과 해운선사는 제품의 품질(제품의 포장 및 신선도)과 선진적 항만관리(신속한 문제 처리, 고객 서비스, 항만 안전 등), 항만 인프라 및 서비스 품질이 항만을 결정하는 데 영향을 미치는 것으로 나타났다.

김다애(2011)는 인천 신항의 경쟁력을 갖추고자 경쟁력 향상에 영향을 주는 요인을 분석하여 향후 개발 방향을 제시하고자 하였다. 연구의 방법은 요인분석과 AHP(계층 분석적 의사 결정방법)를 사용하였다. 항만경쟁력에 영향을 주는 요인을 도출해 낸 후 요인분석을 통하여 요인을 추출하였다. AHP를 활용하여 우선순위를 선정한 결과 ‘항만의 입지 및 네트워크’, ‘항만비용’, ‘물동량’, ‘공급사슬 상 기능’, ‘항만 전문성 및 신뢰성’ 순으로 나타났다. 이러한 결괏값에 의의가 있으며 결괏값을 토대로 항만의 개발 방향과 경쟁력 향상을 위한 대안을 찾고자 하였다.

김율성(2008)은 항만선택 결정요인에 관한 선행연구를 비교 및 고찰하여 계층구조를 만들고 각 요인에 대하여 AHP 기법을 활용하여 항만선택 결정요인의 계층구조에 대한 중요도를 분석하고자 하였다. 또한, Lisrel 및 다중회귀 분석을 사용하여 글로벌 컨테이너 운송사의 관점에서 항만선택 결정모형을 분석하고자 하였다. AHP 분석 결과 현재와 미래관점에서 항만 외적 결정요인이 항만 내적 결정요인보다 중요도가 높은 것으로 분석되었다. 요인별 속성 간 세부적인 상대적 중요도는 항만 내적 요인의 경우 선박 입출항, 항만서비스 순으로 중요도가 높았으며 항만 효율 및 항만시설이 상대적으로 낮은 중요도를 나타냈지만, 항만 외적 결정요인에서는 배후경제 규모가 가장 중요한 요인으로 분석되었다. 또한, 항만선택 결정요인 간 인과관계를 밝히기 위하여 구조방정식 모형을 분석한 결과 부산항의 항만경쟁력과 성장 가능성은 항만 내적 결정요인에 의해 영향을 받으며 선사의 선호도는 항만의 경쟁력이나 성장 가능성에 영향을 받는 것으로 밝혀졌다. 연구를 통하여 사전에 항만이 어떠한 방향으로 나아가야 할지 규명을 하는 것이 무엇보다 중요하다고 강조하였다.

장영태(2005)는 항만을 선택하는 중요 요인이 무엇인지 밝히고자 해운선사를 중심으로 설문 조사를 수행하였다. 문헌을 통하여 자료를 수집하여 요인을 구성한 후 분석한 결과 항만선택 결정에 영향을 미치는 요인은 항만의 선진성 및 편리함(장비 능력, 부대 서비스 등), 운영능력(항로 접근로 중심, 노사관계 등), 마케팅능력(지역 물동량, 화물의 안전도 등), 틈새시장, 허브항의 특징(항만의 위치, 환적물동량 등)으로 나타났다. 따라서 터미널은 선사가 항만선택 시 중시하는 요인에 대하여 항상 인지하고 있어야 변화하는 해운환경과 다양한 선사의 요구에 대응할 수 있다고 강조하였다.

김학소(1993)는 항만을 이용하는 국내의 수출입 화주를 대상으로 항만선택에 관한 결정에 대하여 요인을 추출하여 설문 분석을 하였다. 그 결과, 화주가 직면하는 여러 가지 결정문제 중 항만선택에 관한 결정이 가장 큰 비중을 차지하며 항만에서의 신속한 처리능력을 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 또한, 이용 주체에 대한 높은 서비스를 제공하기 위하여 운영 주체는

현대화된 시설 및 장비 확보와 화물이송을 위한 기술적 혁신, 신속한 정보전달, 물류비 절감 등의 노력이 필요하다고 밝혔다.

<표 3-2> 컨테이너 터미널 선택모형 관련 선행연구

구분	연구내용
Laura Vega외 (2019)	선행연구의 각 데이터를 활용하여 화주의 항만 선택 시 고려요인 평가
정연형(2018)	화주가 항만선택 시 미치는 결정요인 도출 및 선택요인이 항만선택 시 미치는 영향 분석
박병인(2017)	항만선택행위에 대한 선택행위모형 검토 후 터미널 운영사의 운영전략 연구
윤승재(2017)	효율적 항만 운영을 위한 항만관리자, 운영자, 이용자를 대상으로 항만선택요인분석
정준식(2015)	항만에 인접한 지역의 화주가 항만선택 시 중요한 요인 추출 및 화주유치 전략 제시
이운찬(2015)	서비스를 이용하는 잠재화주의 인식파악 및 IPA 분석을 활용하여 인천 신항의 경쟁력 강화방안 제시
Sedigheh Zarei(2015)	해운선사가 항만을 선택하는 핵심 요인 구분 및 중요도 파악 연구
김다애(2011)	인천 신항의 경쟁력을 갖추기 위하여 AHP를 활용한 항만경쟁력 분석
김울성(2008)	AHP를 활용하여 항만선택 결정요인의 계층구조에 대한 중요도 분석 및 Lisrel과 다중회귀분석을 통해 항만선택 결정모형 분석
장영태(2005)	문헌 조사 및 설문 분석을 통한 선사의 항만 선택 시 중요 요인 도출
김학소(1993)	국내의 수출입 화주를 대상으로 항만선택에 관한 결정에 관한 요인분석

### 3.3. 설문조사 요인구성

유명중(2003)은 운영자의 관점에서 컨테이너 터미널 생산성 향상, 비용 절감, 서비스 수준 향상, 인력 절감 등의 목표를 우선으로 고려하며, 정부 및 기타 장비제조업체는 터미널 자동화 기술축적 및 타 경쟁항만과의 차별성을 주목표로 한다고 보았다. 김선구 외(2014)는 항만서비스의 품질을 구성하는 요소로 신속성, 안전성, 서비스, 비용, 운영능력 등을 도출하여 터미널의 경쟁력을 평가할 수 있는 기준으로 삼았다.

기존의 선행연구를 검토하여 도출한 각 요인에 관한 많은 연구가 진행됐음에도 불구하고 변인들에 대한 요인을 규명하려는 연구가 축적되지 못한 상태이다. 최종적으로 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 주체들이 고려 요인을 추출하여 인과관계를 밝히고자 한다.

앞서 살펴본 컨테이너 터미널 자동화와 항만선택 결정요인에 관한 선행 연구를 바탕으로 컨테이너 터미널 자동화 도입선정 시 필요한 요인을 도출하였다. 컨테이너 터미널 자동화 및 항만선택요인에 관련하여 공통적으로 비용, 생산성, 자동화 기술, 서비스, 안전, 만족도 등에 대한 요인들이 대부분 고려되고 있었으며, 관련된 내용은 <표 3-3>과 같다.

〈표 3-3〉 연구자별 컨테이너 터미널 자동화 관련 요인 비교

선행연구 요인 \ 연구자	G.J. Jung (2018)	J.W. Hong (2018)	G.S. Kim (2018)	E.K. Lee (2017)	C.H. Park (2008)	D.J. Kim (2008)	H.K. Kwon (2007)	Y.H. Jeon (2007)
인건비용 절감	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
화물처리비용 절감		✓		✓	✓	✓		✓
화물보관비용 절감		✓						✓
유지보수비용 절감				✓	✓	✓	✓	
안벽 장비(G/C) 생산성	✓			✓	✓	✓	✓	✓
야드이송 장비 생산성	✓			✓	✓	✓	✓	✓
장치장 장비 생산성	✓				✓	✓	✓	✓
게이트 반·출입 생산성	✓			✓	✓			✓
안벽 장비(G/C) 자동화	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
야드이송 장비 자동화	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
장치장 장비 자동화	✓		✓		✓	✓	✓	✓
게이트 반·출입 자동화	✓	✓	✓	✓	✓			✓
화물손상·멸실빈도감소						✓		
안전사고 예방			✓	✓	✓	✓		✓
각종 오염물질 저감			✓	✓	✓			
부처 간 시스템 공유			✓		✓	✓	✓	✓
입·출항 정시성 서비스		✓		✓				
신속한 하역 서비스			✓	✓				✓
통합물류 정보서비스	✓		✓				✓	✓
연계운송 서비스			✓	✓		✓	✓	✓
처리 물동량 증가					✓	✓		✓
운영비 절감			✓	✓	✓		✓	✓
친환경항만 이미지 제고		✓	✓		✓			
효율적 자원이용			✓	✓	✓	✓		
불특정 대기시간 감소		✓		✓	✓	✓	✓	
항만사고 발생 건수 감소		✓		✓	✓	✓		
터미널 이용절차 간편성		✓	✓	✓		✓		
서비스의 정확성			✓	✓	✓			
항만시설에 대한 만족도								
하역 서비스의 만족도		✓			✓			✓

앞서 검토한 선행연구를 바탕으로 외생변수는 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상과 내생변수를 성과향상, 만족도 향상으로 선정하였다. 요인별 개념적 정의는 <표 3-4>와 같다.

비용이란 터미널을 사용하며 드는 비용으로 화물이나 선박의 입출항 관련 항만비용, 하역 비용, 보관 및 장비 비용, 선사 비용 할인(인센티브제) 등이 포함되는 것으로 정의하였다.

생산성이란 컨테이너 터미널의 지속적인 경제성장을 가능하게 해주며 터미널 내 주어진 주변 여건과 터미널의 운영원칙 아래에서 처리하는 물동량 증가뿐만 아니라 시스템의 원활한 흐름, 비용과 시간의 절감 측면을 포함한 개념으로 정의하였다.

자동화 기술축적이란 노동집약적 항만에서 기술집약적 항만으로 전환하여 항만경쟁력을 높이고자 터미널 내 각종 장비의 작업 수순이 축적된 데이터를 바탕으로 최적 안을 제시하여 대기시간 감소 및 중복작업을 최소화할 수 있는 개념으로 정의하였다.

안전성이란 컨테이너 터미널 내에서 컨테이너의 취급과 관련된 활동 및 사고유형, 사고 발생 건수 등을 포함하여 항만 내 작업자의 안전사고 및 운송물의 보안을 통한 멸실, 훼손, 지연 등이 발생하지 않는 상태를 포함하는 개념으로 정의하였다.

서비스 향상은 불필요한 화물 운송 프로세스 개선과 정확한 물류 서비스 제공 등으로 항만 내에서 이루어지는 서비스 행위로 터미널 자체의 내적 품질, 외부환경의 외적 환경품질, 고객과의 상호작용 품질 등이 포함되는 개념으로 정의하였다.

성과향상이란 컨테이너 터미널 자동화 운영을 통하여 거둘 수 있는 성과를 의미하며 운영적으로 물동량 증대와 초대형 선박 처리 기능과 정책적으로 선진적 친환경 항만조성 등을 포함하는 내용으로 정의하였다.

만족도는 컨테이너 터미널에서의 터미널 운영상 중요한 개념이며 서비스의 질과 양 측면에서 중요한 의미로 사용된다. 따라서 항만서비스가 비교적 잘 수행되었는지 혹은 서비스가 사용 목적에 적합한가에 대한 의식적 판단이나 평가를 나타내는 개념으로 정의하였다.

<표 3-4> 개념적 정의

구분	정의
비용	화물이나 선박의 입출항 관련 항만비용, 터미널 내에서 발생하는 비용, 환적 비용, 운송 및 보관비용을 포함하는 개념(박병인 외, 2008)
생산성	터미널에서 생산성에 영향을 주는 안벽 장비, 이송 장비, 야드 장비, 반·출입 장비 등을 포함하는 개념(최상희 외, 2006)
자동화 기술축적	자동화 기술뿐만 아니라 운영에 대한 노하우 축적 및 기술적 안정성 확보와 운영 경험을 활용한 부수적인 효과를 포함하는 개념
안전성	항만 내 작업자의 안전사고 및 운송물의 보안을 통한 멸실, 훼손, 지연 등이 발생하지 않는 상태를 포함하는 개념(최재준, 2013)
서비스 향상	항만서비스는 항만 내에서 이루어지는 서비스 행위로 터미널 자체의 내적 품질, 외부환경의 외적 환경품질, 고객과의 상호작용 품질 등이 포함되는 개념(강덕출 외, 2012)
성과향상	항만 운영의 주요 사업성과, 생산성, 고객만족도 등 경영 활동 성과를 제대로 창출하고 있는지 나타내는 개념(김형태 외, 2009)
만족도 향상	항만서비스가 비교적 잘 수행되었는지 혹은 서비스가 사용 목적에 적합한가에 대한 의식적 판단이나 평가를 나타내는 개념(이석용, 2015)

### 3.4. 선행연구와의 차별성 및 시사점

컨테이너 터미널 자동화와 관련된 선행연구들은 주로 국내 항만의 경쟁력 제고를 위하여 컨테이너 터미널 자동화의 생산성과 경제성을 고려한 연구 위주로 이루어져 왔으며 관련 요인 간 인과관계 모형을 살펴보는 연구는 부족한 실정이다. 따라서 항만선택 시 선사와 화주의 실질적으로 고려하는 선택요인을 종합적으로 살펴보고자 컨테이너 터미널 선택모형에 관련된 선행연구를 검토하였다.

서비스산업과 관련한 타 분야의 연구를 검토한 결과 성과와 만족도의 인과관계를 명확히 하는 연구가 이루어져 오고 있다. 항만산업 역시 서비스업(항만 내에서 이루어지는 모든 활동에 대하여 항만을 이용하는 고객 즉, 선사와 화주 등이 지급하는 재화에 대응하는 서비스 활동)으로 분류되지만, 항만산업의 자동화 관련한 인과관계 요인을 살펴보는 기초적인 연구는 이루어지지 않은 실정이다.

선행연구를 검토한 결과, 국내의 실정에 맞는 컨테이너 터미널 자동화의 도입을 위하여 주체 간 이해관계를 올바르게 평가하고 분석하는데 기초가 되는 인과관계 고찰은 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 선행연구와 차별점을 두고자 컨테이너 터미널 자동화 요인을 실증적으로 고찰하여 각 요인이 성과향상과 만족도 향상에 미치는 영향력을 파악하는 연구를 진행하고자 확인적 요인분석과 다중회귀 분석 및 경로 분석 등이 결합한 성격을 가지는 구조방정식 방법론을 활용하여 살펴보고자 한다.

## 제 4 장 실증분석

### 4.1. 분석 방법

선행연구 검토를 통하여 추출된 각 요인의 이론적 관계를 고려하여 컨테이너 터미널 자동화 도입 결정모형에 대한 구조화된 설문내용(Structured Questionnaire)을 구성하였으며 전자메일을 통하여 설문 조사를 진행하였다. 수집된 설문자료는 SPSS 25.0과 AMOS 21.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 먼저 측정변수들의 타당성과 신뢰성을 확보하기 위하여 측정항목들의 구성개념 타당성(Construct Validity)을 확인하기 위하여 주성분 분석을 활용한 요인분석을 수행하였다. 요인회전은 직교 회전 중 베리 맥스(Varimax) 방법을 활용하였으며 요인분석은 탐색적 요인분석과(EAA) 확인적 요인분석(CFA)을 수행하였다. 각 주체의 컨테이너 터미널 자동화 도입의 각 요인에 대한 성과향상과 만족도 향상 간의 구조적 인과 관계를 알아보기 위하여 공분산 구조방정식 모형(Structural Equation Model Analysis)을 통하여 검증하였다. 구조방정식 모형은 1970년대 등장하여 심리학, 사회학, 생물학, 교육학, 정책학, 마케팅 분야 등의 사회과학 분야에서 광범위하게 사용되는 방법론 중 하나이다.

#### 4.1.1. 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석

요인분석(Factor Analysis)은 여러 변수 사이의 상관관계를 기초하여 정보의 손실을 최소화하면서 변수의 개수보다 적은 수의 요인(Factor)으로 자료 변동을 설명할 수 있는 다변량 분석기법이다. 요인분석은 연구의 목적에 따라 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis)과 확인적 요인분석(Confirmatory Factory Analysis)으로 구분된다.

탐색적 요인분석이란 이론상으로 체계화되어 정립되지 않은 연구에 대한 경험 축적 부족으로 새로운 분야의 연구 방향을 파악하기 위하여 탐색

적인 목적을 가진 분석 방법이다. 즉, 탐색적 요인분석은 기존의 연구모형 이론적 구성 및 사전적 지식이 없는 상태에서 요인과 개념을 추출하는 분석 방법이다. 탐색적 요인분석은 기존의 가설과 이론이 없으므로 자료의 배후에 어떤 요인이 적합한가를 찾아내려는 방법으로 활용되기도 한다. 탐색적 요인분석 후 추출된 요인을 활용하여 분산분석, 회귀분석 등 추가적인 분석을 시행할 수 있다.

확인적 요인분석이란 기존에 이루어진 연구의 이론과 경험적인 연구가 존재하여 얻은 결과값이 있으므로 사전 지식과 이론적 결과를 바탕으로 가설 형식을 모형화하기 위하여 평가(확인)하는 것을 말한다. 즉, 이미 탐색적으로 연구가 되었거나 이론적인 논의 때문에 측정구조 형태가 강하게 가설화 되어 확인하는 과정을 거치는 것을 의미한다. 이는 요인 간의 관련성 정도와 요인과 문항 간 관련성을 밝히고자 하는 것을 목적으로 한다. 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석에 대해 정리한 내용은 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 탐색적 요인분석과 확인적 요인분석

	탐색적 요인분석	확인적 요인분석
사용프로그램	SPSS	AMOS
분석 방법	탐색적, 경험적 방법	확인적, 검증적 방법
이론과정	이론생성과정	이론검증과정
지향성	데이터 지향적	이론 지향적
요인의 수	요인의 수는 분석 전 알 수 없음	요인(구성개념)들이 분석 전 사전 지정되어 있음
요인의 항목	어떤 요인에 어떤 항목이 묶이는지 판단하기 어려움	잠재변수에 대한 관측변수들이 분석 전 정해져 있음

출처: 구조방정식 모델 개념과 이해(2012) 재구성

#### 4.1.2. 신뢰성 분석과 타당성 분석

신뢰성(Reliability)은 측정된 다변량 변수 간의 일관된 정도를 나타내는 것을 의미한다. 단일항목이면 반복 측정하며, 복수 항목은 신뢰도 검증(Cronbach' Alpha 계수)을 통하여 분석할 수 있다. 신뢰도의 값이 낮으면 척도를 수정하거나 다른 척도를 사용할 수 있다. 즉, 동일한 개념에 대하여 반복적으로 측정하여 나타나는 측정값의 분산을 의미한다. 타당성 판단에 앞서 총합척도는 신뢰성을 만족하여야 한다.

타당성(Validity)이란 연구자가 측정하고자 하는 개념이 실제로 측정되었는가를 나타낸다. 타당도는 내용 타당도, 예측 타당도, 구성 타당도로 구분되며 내용 타당도(Content Validity)는 항목들을 측정하고자 하는 개념을 대표하고 있는 정도로 이는 전문가, 연구자 등의 주관적인 판단에 따라 이루어진다. 두 번째 예측 타당도(Predictive Validity)는 속성의 개념 측정값이 다른 속성의 변화를 예측하는 정도에 의해 평가되는 타당도를 나타낸다. 마지막으로 구성 타당도(Construct Validity)란 측정 도구가 연구하고자 하는 개념을 측정하였는지 검증하는 방법이다. 신뢰도가 높은 것은 타당도가 높다는 의미는 아니지만, 타당도가 높아지면 신뢰도가 높아지게 된다.

#### 4.1.3. 구조방정식 모형

구조방정식 모형(Structural Equation Model)은 측정모형(Measurement Model)과 이론모형(Structural Model)을 통하여 모형 간 인과관계를 파악하는 방정식 모형을 의미한다. 이러한 인과분석을 위하여 요인분석과 회귀분석을 적합하게 결합한 형태를 의미한다. 구조방정식 모형은 공분산 구조방정식(Covariance Structural Modeling)이라고도 부르는데 이는 이론적인 인과관계와 상관성의 측정지표를 통하여 경험적 인과관계를 분석할 수 있도록 개발된 통계기법이다. 구조방정식 모형은 확인적 요인분석을 통하여 측정오차가 없는 잠재요인을 발견하여 회귀분석으로 잠재요인 간을 연결하는 방법으로 이해할 수 있다. 모형을 검증하는 방법으로 모형의 속성

에 적합한 지수를 선택해서 사용하게 되는데 그 이유는 구조방정식 모형의 적합도를 분석하기 위한 지수는 지속해서 이루어지고 있으나, 유일한 지수가 명확하게 명시되어 있는 것은 없기 때문이다. 따라서 여러 가지 적합지수 값을 비교하여 적합도를 파악하며, 그중 절대 부합지수와 증분 적합지수가 일반적으로 많이 사용된다. 다음은 구조방정식을 활용하여 평가하는 주요 이용지수를 나타낸 표이다.

〈표 4-2〉 적합도 판단지수

부합지수	최적 모형
$\chi^2$ (Chi-square statistic)	P값이 0.05 이상
GFI (Goodness of Fit Index)	0.9 이상
AGFI (Adjusted GFI)	0.9 이상
RMR (Root Mean Squared Residual)	0.05 이하
CFI (Comparative Fit Index)	0.9 이상
RMSEA (Root Mean Squared Error of Approximation)	0.05 이하
NFI (Normal Fit Index)	0.9 이상
NNFI (Tucker Lewis Index)	0.9 이상

출처: 구조방정식 모델 개념과 이해(2012) 재구성

구조방정식 표본은 구조방정식 모형의 올바른 계수 추정 결과를 도출하기 위해서 크기가 충분히 커야 한다. 모수의 수가 늘어나는 경우 자료의 표본 크기가 커야 안정적인 결과가 도출되며(문수백, 2009) 자료의 표본의 크기가 작은 경우 추정오차가 커지므로 신뢰하기 어려워진다. 그러나 표본 크기의 중요성에 대한 명확한 규정이 제시되지 않은 실정이다. 연구자별 구조방정식의 표본 크기를 구분한 내용은 〈표 4-3〉과 같다.

다변량 정상분포일 때 150명~200명 이상의 표본 크기를 가지는 경우 최대우도법(Maximum Likelihood; ML) 추정 방법에 대한 문제가 발생하지 않으며(Hoogland&Boosma, 1998), 이 이상일 경우에는 ML이 민감하게 반응하여 적합도가 나쁜 것으로 보고했다. 다변량 정규분포를 따르지 않으면 표본 크기가 커야 사용 가능한 WLS(Weighted Least Squares) 등 Distribution Free 방법을 활용하는데 본 연구에서는 최대우도법(Maximum Likelihood; ML)을 이용하였다.

〈표 4-3〉 연구자별 구조방정식 표본 크기 구분

연구자	표본 크기
Anderson&Gerbing(1988)	150명 이상
Kline(2005);Boomsma&Hoogland(2001)	200명 이상
Bentler(1995)	추정되는 모수 수의 5배 이상
Tabachnick&Fidell(1996)	추정되는 모수 수의 10배 이상
Byrne(2001)	100명 이상

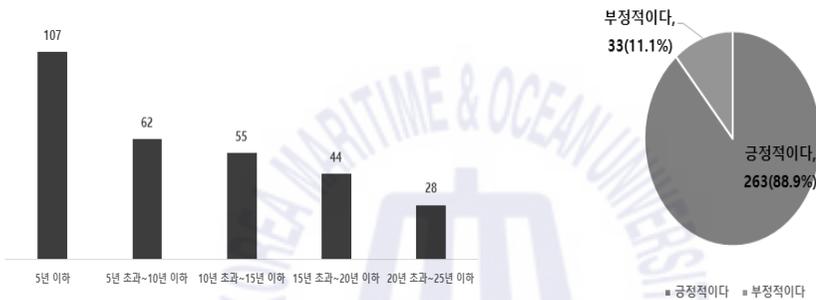
출처: 구조방정식 모델 개념과 이해(2012) 재구성

## 4.2. 분석대상 및 범위

설문조사는 2019년 09월 01일부터 2019년 12월 12일까지 수행되었으며 총 296부를 회수하였다. 주체별 회수 부수는 컨테이너 터미널 운영사 99부, 정부 및 항만공사 91부, 해운선사 81부, 기타 25부 순으로 나타났다. 모집단의 근무 연수는 5년 이하 107명, 10년 이하 62명, 15년 이하 55명, 20년 이하 44명, 25년 이하 28명 순으로 나타났다. 설문 조사 대상은 컨테이너 터미널 자동화 도입에 대한 긍정적 및 부정적 인식에 대한 질의응답에서 자동화 도입에 긍정적으로 인식하고 있는 응답자는 263(88.9%)명, 부정적으로 인식하고 있는 응답자는 33명(11.1%)으로 집계되었다.

〈표 4-4〉 연구대상 현황

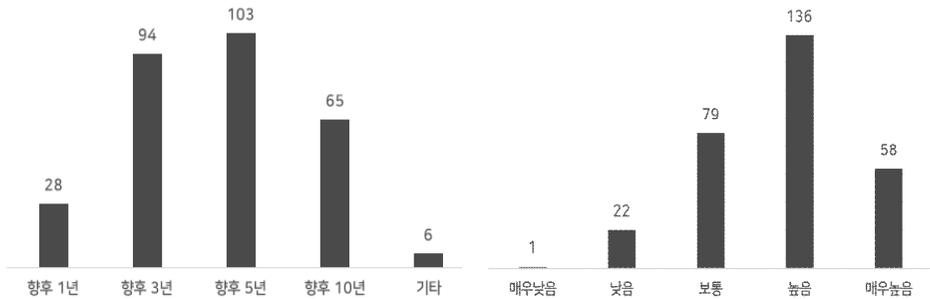
	응답 인원(명)	응답 비율(%)
컨테이너 터미널 운영사	99	33.4
해운선사	81	27.4
정부 및 항만공사	91	30.7
기타(포워더 등)	25	8.4
총계	296	100



〈그림 4-1〉 근무 연수 및 컨테이너 터미널 자동화 인식

국내 컨테이너 터미널 도입의 시기로 언제가 적합한지에 대한 응답으로 향후 5년이 103명으로 가장 많았으며 향후 3년 94명, 향후 10년 65명, 향후 1년 28명, 기타 6명 순으로 나타났다.

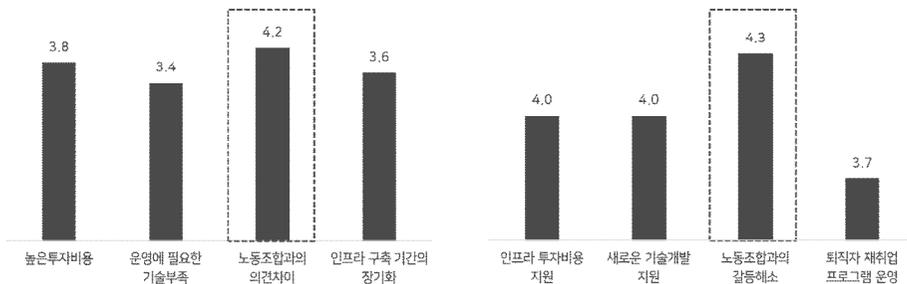
국내 컨테이너 터미널 자동화 도입에 따라 일자리가 사회적으로 미치는 우려에 대해 질의한 결과 높음 136명, 보통 79명, 매우 높음 58명, 낮음 22명, 매우 낮음 1명으로 나타났으며 이는 컨테이너 터미널 자동화 도입에 따른 일자리 감소 및 인력재배치 등을 우려하고 있는 것으로 판단된다. 터미널 자동화에 따른 인력감축에 대한 일자리 창출 방안 마련 등 정부는 전략적인 정책마련이 필요하다고 판단된다.



〈그림 4-2〉 컨테이너 터미널 자동화 도입 시기 및 일자리 인식

컨테이너 터미널 자동화 도입 시 우려하는 요소에 대하여 질의 후 평균을 비교한 결과 노동조합과의 의견 차이 4.2점, 높은 투자 비용 3.8점, 인프라 구축 기간의 장기화 3.6점, 운영에 필요한 기술 부족 3.4점 순으로 나타났다. 이는 국내의 강한 노조 구성원과의 이견해소에 대한 관련 기관 간 상호연계 노력이 필요하다고 판단되며 높은 투자 비용에 대한 대응책 마련 등 정부 및 항만 당국의 주도하에 개발이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

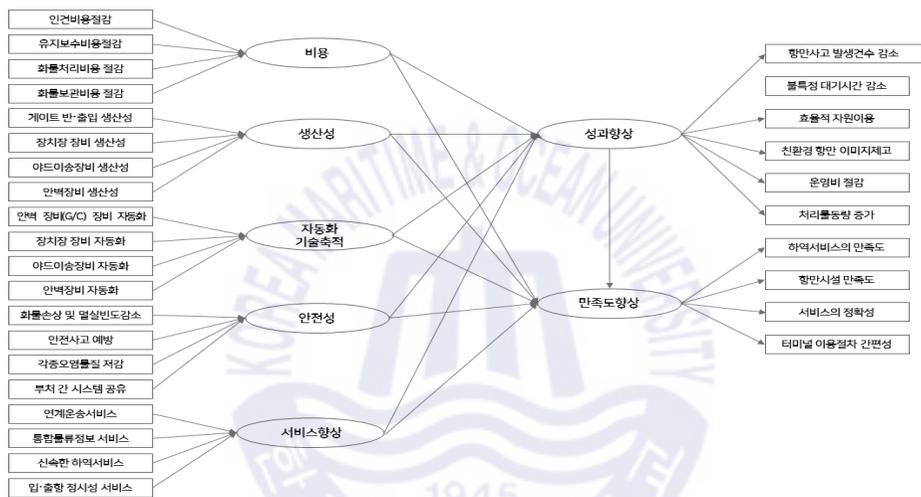
컨테이너 터미널 도입을 원활히 하기 위해 마련해야 할 정부 정책이 무엇인지 질의한 결과 앞서 언급하였던 것과 마찬가지로 노동조합과의 갈등해소가 4.3점으로 가장 시급하다고 응답하였으며, 인프라 투자 비용 지원 4.0점, 새로운 기술개발 지원 4.0점, 퇴직자 재취업 프로그램 운영 3.7점 순으로 나타났다.



〈그림 4-3〉 컨테이너 터미널 도입 시 우려 요소 및 정부 정책

### 4.3. 연구모형

본 연구는 컨테이너 터미널 자동화의 선택요인으로 도출된 외생변수 (비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상) 간 구조적 관계를 파악하고 외생변수가 내생변수(성과향상과 만족도 향상)에 영향을 미치는지 알아보고자 한다. 이러한 요인 간의 상관관계를 선형 구조방정식 모형으로 개념화하여 도식화한 설명은 다음 <그림 4-4>와 같다.



<그림 4-4> 연구모형

본 연구에 사용된 통계 프로그램은 SPSS 25.0과 AMOS 21.0이다. 분석 방법은 확인적 요인분석, 탐색적 요인분석, 구조방정식 모델분석 순으로 진행되었다. 회수된 설문지의 결측값(Missing Value)에 대한 처리로 본 연구에서는 다중 대체방법(Multiple Imputation)으로 결측치를 대처하였다.

### 4.4. 분석 결과

#### 4.4.1. 탐색적요인분석 및 신뢰성 검증결과

연구모형의 요인분석에 앞서 선행연구의 비교검토를 통하여 최종적으로

설문 조사지에 활용된 요인과 설문 코드는 다음 <표 4-5>와 같다.

<표 4-5> 설문조사 구성요인

No.	요인
A1	인건비용 절감
A2	화물처리비용 절감
A3	화물보관비용 절감
A4	유지보수비용 절감
B1	안벽 장비(G/C) 생산성
B2	야드이송 장비 생산성
B3	장치장 장비 생산성
B4	게이트 반·출입 생산성
C1	안벽 장비(G/C) 자동화
C2	야드이송 장비 자동화
C3	장치장 장비 자동화
C4	게이트 반·출입 자동화
D1	화물손상 및 멸실빈도감소
D2	안전사고 예방
D3	각종 오염물질 저감
D4	부처 간 시스템 공유
E1	입·출항 정시성 서비스
E2	신속한 하역 서비스
E3	통합물류 정보서비스
E4	연계운송 서비스
F1	처리 물동량 증가
F2	운영비 절감
F3	친환경항만 이미지 제고
F4	효율적 자원이용
F5	불특정 대기시간 감소
F6	항만사고 발생 건수 감소
G1	터미널 이용절차 간편성
G2	서비스의 정확성
G3	항만시설에 대한 만족도
G4	하역 서비스의 만족도

먼저, 요인분석을 하기 전 자료가 요인분석에 적합한 것인지 검증하기 위하여 Kaiser Meyer Olkin(KMO) 측도와 Bartlett의 구형성 검정을 분석하였다. 분석 결과 요인분석 모형의 적합성을 판단하는 기준인 Bartlett의

구형성 유의확률은 0.000으로 검정치는 변수들 사이의 상관관계 존재에 대한 통계적 검증이 유의한 상관관계를 가지고 있다는 증거를 보여준다. 따라서 수집된 자료는 요인분석에 적합하며 공통 요인이 존재한다고 볼 수 있다. 또한, 전체변수에 대한 표본 적합도를 나타내는 Kaiser Meyer Olkin(KMO)의 측도는 변수의 쌍 간 상관관계가 다른 변수에 의해 설명되는 정도를 나타내므로 외생변수는 0.827이며, 내생변수는 0.871로 진행 중인 분석은 적절한 것으로 판단된다.

〈표 4-6〉 KMO와 Bartlett의 구형성 검정 결과

		외생변수	내생변수
표본 적절성의 Kaise-Meyer-Olkin 측도		0.827	0.871
Bartlett의 구형성 검정	근사 카이제곱	2107.062	1099.612
	자유도	153	45
	유의확률	0.000	0.000

측정지표 간의 잠재변수에 대한 명명이 가능한지에 대한 여부를 검토하기 위하여 변수들의 상관관계를 이용하여 서로 유사한 변수끼리 묶는 방법인 요인분석을 하였다. 요인을 추출하고자 주성분(Principal Components) 분석을 사용하여 베리맥스(Varimax)에 의해 요인회전을 하였으며 고유택(Eigen Value)은 1.0을 기준으로 설정하였다. 요인분석을 하기 위한 변수의 개수는 50개 이상이 적절하다. 본 연구에서 사용된 표본의 수는 296개로 요인분석을 실시하기 적합하다고 판단된다.

요인적재 값(Factor Loading)은 각 변수가 요인에 대하여 어떤 관계를 맺고 있는지 확인할 수 있다. 요인적재 값의 절댓값이 0.3 이상이면 다소 유의적, 0.4 이상이면 유의적, 0.5 이상일 때 매우 유의적이라고 해석한다. 요인분석을 통하여 변수 간 상관성 및 구조를 파악한 결과 5개의 요인으로 구분되었다. 외생변수에서 설명력이 낮은 문항 C4, A1을 차례로 제거하였으며 내생변수에서 각 변수 간 설명력이 높은 기준인 0.5 이상을 만족하는 결괏값을 확인하였다.

신뢰도는 가설검증을 하기에 앞서 같은 요인을 구성하는 측정항목이 얼마나 일관성 있게 측정되었는지 알아보는 방법으로 신뢰도를 검증하기 위하여 각 변수의 측정항목에 대해 Cronbach' Alpha 계수를 산출하여 신뢰도의 값이 0.6 이상이면 측정 도구에 문제가 없다고 판단한다.

분석 결과 외생변수 각 요인의 신뢰도 값은 자동화 기술축적 0.795, 안전성 0.783, 서비스 향상 0.784, 생산성 0.767, 비용 0.704이며, 내생변수 만족도 향상 0.852, 성과향상 0.765로 Cronbach' Alpha 값이 모든 항목에서 0.6 이상이므로 신뢰도를 확보하였다. 신뢰도 분석 결과는 <표 4-7>, <표 4-8>과 같다.

<표 4-7> 외생변수의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석 결과

No.	요인1 (자동화 기술축적)	요인2 (안전성)	요인3 (서비스 향상)	요인4 (생산성)	요인5 (비용)	신뢰도 (Cronbach' s $\alpha$ )
C2	0.805	0.064	0.223	0.051	0.049	0.795
C1	0.789	0.171	0.151	0.083	0.080	
C3	0.719	0.108	0.108	0.328	0.024	
D3	0.035	0.840	0.143	0.162	0.093	0.783
D1	0.190	0.738	0.139	0.028	0.075	
D2	0.262	0.726	0.177	0.071	-0.032	
D4	-0.080	0.630	0.260	0.215	0.195	
E4	0.028	0.190	0.747	0.084	0.238	0.784
E3	0.331	0.190	0.735	0.043	0.083	
E1	0.194	0.199	0.714	0.187	-0.044	
E2	0.209	0.186	0.624	0.381	-0.047	
B4	-0.063	0.167	0.089	0.787	0.089	0.767
B3	0.291	0.118	0.160	0.728	0.121	
B2	0.365	0.084	0.193	0.693	0.155	
B1	0.447	0.099	0.239	0.458	0.110	
A3	0.047	0.014	0.069	0.048	0.885	0.704
A2	0.187	0.281	0.076	0.007	0.762	
A4	-0.029	0.004	0.040	0.329	0.631	

<표 4-8> 내생변수의 탐색적 요인분석 및 신뢰도 분석 결과

No.	요인6 (만족도향상)	요인7 (성과향상)	신뢰도 (Cronbach' s $\alpha$ )
G3	0.824	0.183	0.852
G1	0.782	0.190	
G4	0.780	0.289	
G2	0.764	0.331	
F6	0.083	0.724	0.765
F4	0.233	0.719	
F5	0.361	0.639	
F3	0.165	0.633	
F2	0.286	0.569	
F1	0.390	0.477	

#### 4.4.2. 확인적 요인분석 결과

탐색적 요인분석을 통하여 외생변수를 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상으로 구성하였으며, 내생변수를 성과향상과 만족도 향상으로 구분하였다.

본 절에서는 각각 외생변수와 내생변수의 확인적 요인분석(CFA: Confirmatory Factor Analysis)을 수행하고자 한다. 수집된 설문자료를 바탕으로 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상, 성과향상, 만족도 향상 7개 요인에 대한 인과관계를 분석하였다.

확인적 요인분석은 구조방정식 모형분석을 위하여 실행하는 첫 번째 단계로 연구자의 지식에 근거하여 내재된 요인과 가설을 확인하는 방법이다. 이는 개념 측정 척도의 타당성을 평가하는데 유용한 기법으로 활용된다. 확인적 요인분석에는 다변량 정규성을 가정하는 최대 우도법을 이용하였다. 측정변수에 대한 신뢰성과 집중 타당성을 확보하기 위하여 확인적 요인분석을 이용하여 측정모형을 분석한 결과는 다음과 같다.

외생적 확인요인분석 적합도 결과, 카이제곱값은 300.466(자유도=122,  $p=0.000$ ), GFI=0.900, RMR=0.041, IFI=0.912, CFI=0.911의 결과를 보였다. 모

든 적합지수가 기준이상을 보여 전반적인 적합지수 판단에 문제가 없음을 나타냈다. 또한, 내생적 확인요인분석 적합도 결과, 카이제곱값은 92.652 (자유도=33,  $p=0.000$ ), GFI=0.939, RMR=0.027, IFI=0.945, CFI=0.944의 결과를 보여주었다. 모든 적합지수가 기준이상을 보여 전반적인 적합지수 판단에 문제가 없음을 확인하였다.

확인적 요인분석의 평균분산추출지수(AVE: Average Variance Extracted)의 경우 결괏값이 0.5 이상이 되어야 하며 개념 신뢰도의 경우 결괏값이 0.7 이상을 충족하여야 한다. 외생적 확인요인분석과 내생적 확인요인분석을 통하여 AVE 값 0.5 이상, 개념 신뢰도 0.7 이상으로 개념 신뢰도와 분산추출지수에는 문제가 없는 것으로 판단되어 수렴 타당성과 구성 타당성이 확보되었음을 확인하였다.

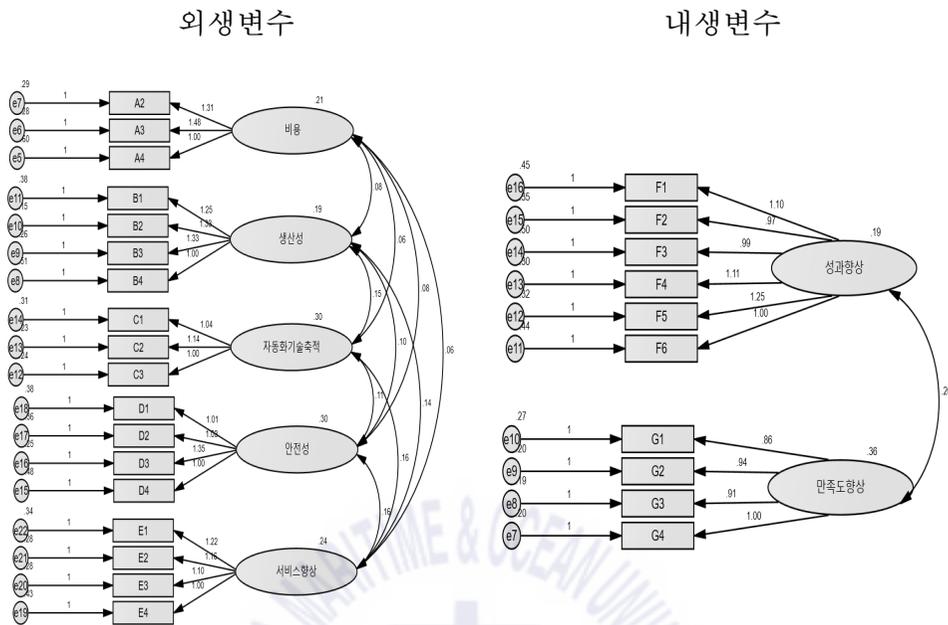
또한, 확인적 요인분석을 통하여 집중타당성과 판별 타당성을 확인할 수 있는데 집중 타당성은 잠재변수를 관측변수들의 일치성 정도로 표준화 요인적재 값이 0.5 이상이거나 비표준화 회귀계수의 C.R.값이 1.965 이상이면 집중 타당성이 있다고 판단할 수 있다. 확인적 요인분석 결과 표준화 요인적재 값이 0.5 이상이며, 비표준화 회귀계수 C.R이 1.965 이상으로 집중 타당성이 확보되었음을 다음 <표 4-9>와 <표 4-10>에서 확인할 수 있다.

<표 4-9> 외생변수의 확인적 요인분석 결과

구성요인	Non-Standardized $\lambda$	Standardized $\lambda$	C.R.	P	AVE	개념 신뢰도
A4←비용	1	0.507			0.550	0.780
A3←비용	1.481	0.785	7.17	0.000		
A2←비용	1.31	0.744	7.238	0.000		
B4←생산성	1	0.521			0.599	0.853
B3←생산성	1.319	0.745	8.258	0.000		
B2←생산성	1.327	0.826	8.577	0.000		
B1←생산성	1.252	0.662	7.785	0.000	0.689	0.869
C3←자동화기술축적	1	0.751				
C2←자동화기술축적	1.109	0.779	11.631	0.000		
C1←자동화기술축적	1.047	0.726	11.093	0.000	0.571	0.840
D4←안전성	1	0.595				
D3←안전성	1.414	0.827	9.724	0.000		
D2←안전성	1.084	0.687	8.92	0.000		
D1←안전성	1.055	0.665	8.726	0.000	0.591	0.852
E4←서비스 향상	1	0.486				
E3←서비스 향상	1.164	0.61	9.003	0.000		
E2←서비스 향상	1.587	0.805	7.755	0.000		
E1←서비스 향상	1.616	0.766	7.666	0.000		

<표 4-10> 내생변수의 확인적 요인분석 결과

구성요인	Non-Standardized $\lambda$	Standardized $\lambda$	C.R.	P	AVE	개념 신뢰도
F6←성과향상	1	0.548			0.479	0.845
F5←성과향상	1.255	0.696	8.154	0.000		
F4←성과향상	1.112	0.659	7.914	0.000		
F3←성과향상	0.987	0.517	6.769	0.000		
F2←성과향상	0.970	0.580	7.321	0.000		
F1←성과향상	1.096	0.580	7.318	0.000		
G4←만족도향상	1	0.803			0.734	0.917
G3←만족도향상	0.911	0.778	13.786	0.000		
G2←만족도향상	0.940	0.786	13.934	0.000		
G1←만족도향상	0.865	0.705	12.327	0.000		



<그림 4-5> 외생적·내생적 확인적 요인분석 결과

기술통계를 통해 파악한 각 요인의 판별 타당성을 확인한 결과는 <표 4-11>과 같다. 외생변수의 상관계수 제곱 값과 평균분산추출지수(AVE)를 비교한 결과 모든 연구 개념 간 상관계수의 제곱 크기는 0.000에서 0.411로 AVE값 0.550보다 작은 것으로 나타났다. 따라서 두 연구 개념의 각 평균분산추출지수(AVE)가 구성개념 간 상관계수 제곱보다 크므로 측정 변인들에 대해 전반적으로 유의한 것으로 나타나 판별 타당성이 있다고 분석되었다.

내생변수의 상관계수 제곱 값과 평균분산추출지수(AVE)를 비교한 결과 모든 연구 개념 간 상관계수의 제곱 크기는 0.580으로 AVE값 0.903보다 작은 것으로 나타났다. 따라서 두 연구 개념의 각 평균분산추출지수(AVE)가 구성개념 간 상관계수 제곱보다 크므로 측정 변인들에 대해 전반적으로 유의한 것으로 나타나 판별 타당성이 있다고 분석되었다.

〈표 4-11〉 외생 및 내생변수 구성개념 간 상관관계 분석 결과

구분	1	2	3	4	5	AVE	C.R
비용	1					0.550	0.780
생산성	0.149	1				0.599	0.853
자동화 기술축적	0.056	0.386	1			0.689	0.869
안전성	0.110	0.194	0.141	1		0.571	0.840
서비스 향상	0.080	0.411	0.359	0.364	1	0.591	0.852
성과향상	1					0.903	0.982
만족도 향상	0.580	1				0.963	0.990

#### 4.4.3. 구조방정식 모형 적합도 검증

본 연구는 구조방정식 모형을 분석하여 연구모형의 적합도와 변수 간의 관계를 확인하였다. 연구모형의 적합도를 검증하기 위하여 적합도 지수를 살펴보았으며 모수 추정법은 사용된 변수들의 정규분포를 가정하면서 일반적으로 많이 활용되고 있는 최대우도법(ML)을 이용하였다.

모형 적합도란 보유한 데이터와 연구자가 만든 모형이 얼마나 적합한지 판별하는 지표이다. 모형 적합도는 절대 부합지수와 증분 부합지수로 구분된다. 절대 부합지수에는  $\chi^2$ , CMIN/DF, GFI, RMR, RMSEA, AGFI가 있으며 증분 부합지수는 TLI, NFI, CFI, IFI가 있다. 연구모형의 가설검증을 하기 위해 독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 분석하는 것이 필요하므로 이를 파악하기 위하여 AMOS 21.0 프로그램을 통하여 구조방정식 모형분석을 하였다.

절대 적합 지수로 모형의 전반적인 적합도를 평가하는  $\chi^2$  통계량은 모형이 모집단 자료에 완전히 적합하다는 귀무가설을 검증하며  $\chi^2$  통계치가 크다는 것은 적합도가 낮게 나와 연구모형이 기각될 가능성이 커지지만,  $\chi^2$  값이 작다는 것은 적합도가 적당하여 연구모형이 채택될 가능성이 크다는 것을 의미한다.

따라서 컨테이너 터미널 자동화에 대하여 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상이 성과 및 만족도 향상에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구모형을 제시하였다. 연구모형의 적합도 검증결과는 다음 <표 4-12>와 같다.

$\chi^2$  통계치가 831.082이고 유의확률(p)이 0.000으로 적합도 기준  $p > 0.05$ 를 충족하지 못하므로 적합도는 떨어진다. 하지만, 대부분의 연구에서는 표본의 크기가 클수록 유의확률(p)이 0.05를 넘지 못하지만, 연구모형 분석에 문제는 없는 것으로 판단된다. 또한, GFI=0.829, AGFI=0.789, CFI=0.854, TLI=0.832로 적합도가 0.9에 근접하지만, 모형의 명확성이 떨어지므로 높은 모형의 적합도를 위하여 수정지수(MI: Modification Index)를 통하여 MI가 큰 값들을 연결하여  $\chi^2$  통계량을 낮추어 적합도를 높이고자 제안모형과 수정된 모양의 검증을 통하여 수정모형이 더욱 적합하게 나온 것을 확인하였다.

<표 4-12> 연구모형의 적합도 지수

구분	$\chi^2$	df	p	GFI	AGFI	CFI	TLI	RMR	RM SEA
제안모형	831.082	329	0.000	0.829	0.789	0.854	0.832	0.039	0.072
수정모형	392.607	293	0.000	0.917	0.885	0.971	0.963	0.032	0.034
적합도 기준	p>0.05		0.9 이상					0.05 이하	

분석결과는 다음과 같다. 첫째, 생산성과 성과향상 간의 관계를 살펴보면, 컨테이너 터미널 자동화 도입으로 생산성이 향상될수록 성과가 향상된다는 것으로 나타났다(제안모형(경로계수= 0.194,  $p=0.042$ )). 생산성 요인에는 야드이송 장비, 장치장 장비, 안벽 장비(G/C)가 포함되며 터미널 내 자동화 장비의 운용이 생산성을 향상시켜 성과향상을 기대할 수 있다. 터미널의 전반적인 생산성 향상이 성과에 영향을 미친다는 결과를 바탕으로 컨테이너 터미널 운영사는 각 구성요인의 생산성을 극대화하여 경쟁력을 갖출 필요가 있다고 판단된다.

둘째, 자동화 기술축적과 성과향상 간의 관계를 살펴보면, 자동화 기술 축적을 통하여 성과향상을 기대할 수 있는 것으로 나타났다(제안모형(경로계수= 0.139,  $p=0.044$ )). 컨테이너 터미널 내의 야드이송 장비, 안벽 장비(G/C), 장치장 장비 등 터미널 내에서 운용되는 자동화 장비의 기술축적이 성과향상으로 이어지게 된다는 것이다. 국내 자동화 장비의 안전성 확보로 시행착오를 감소시킬 필요성이 있다고 판단된다. 우리나라에서도 컨테이너 터미널 자동화의 도입을 위해 전문적인 기술자문을 수행할 수 있는 전문기관 또는 장비제조업체를 통하여 장비의 기술력과 체계적인 기술 축적이 이루어질 수 있도록 유기적으로 협력이 이루어지는 방안이 함께 강구되어야 할 것으로 판단된다.

셋째, 서비스 향상과 성과향상 간의 관계를 살펴보면, 컨테이너 터미널 자동화 도입을 통한 서비스 향상으로 성과향상을 기대할 수 있는 것으로 나타났다(제안모형(경로계수= 0.437,  $p=0.000$ )). 서비스 향상요인인 불특정 대기시간 감소, 효율적 자원이용, 운영비 절감, 처리 물동량 증가는 성과향상으로 이어지게 된다는 것이다. 따라서 이러한 요인을 고려하여 터미널의 서비스 품질개선과 서비스를 향상해야 한다. 항만을 이용하는 고객의 특성상 선택한 특정항만을 그대로 유지하는 경향이 있으므로(김병일, 2006) 서비스 제공 주체는 서비스 이용 주체가 항만선택 시 고려하는 요인을 파악하고 서비스의 질을 향상해 우위를 선점하는 것이 중요하다. 자동화 도입으로 질 높은 서비스 제공을 통해 세계 중심 항만(Hub Port)으로서 위치를 확고히 할 필요가 있다고 판단된다.

넷째, 성과향상과 만족도 향상 간의 관계를 살펴보면, 컨테이너 터미널 자동화 도입을 통하여 성과가 향상될수록 만족도가 향상되는 것으로 나타났다(제안모형(경로계수= 0.266,  $p=0.008$ )). 항만사고 발생 건수 감소, 운영비 절감, 처리 물동량 증가, 친환경 이미지 제고, 효율적 자원이용, 불특정 대기시간 감소를 위한 중점적인 노력은 터미널 이용사와 해운선사의 만족도 향상으로 이어지게 된다는 것이다. 만족도를 제고하기 위하여 단순히 만족 수준을 파악하는 것에 그치지 않고 만족도 제고를 위해 취할 조치는 무엇인지 파악할

필요가 있다. 따라서 터미널 내 하역 서비스 만족도, 항만시설만족도, 서비스의 정확성, 터미널 이용절차 간편성 등에 대한 개선방안을 도출하고 지속해서 보완하여 각 주체의 만족도를 높일 필요성이 있다고 판단된다.

다섯째, 생산성과 만족도 향상 간의 관계를 살펴보면, 컨테이너 터미널 자동화 도입을 통한 생산성 향상으로 만족도 향상을 기대할 수 있는 것으로 나타났다(제안모형(경로계수= 0.599,  $p=0.000$ )). 이러한 결과는 생산성에 영향을 미치는 결정요인인 야드이송 장비 생산성, 장치장 장비 생산성, 안벽 장비(G/C) 생산성 향상이 만족도 향상으로 이어지게 된다는 것이다. 전 세계 터미널은 생산성을 높이기 위하여 초대형 선박에 대응할 수 있는 고속처리능력을 갖춘 대형화 장비를 도입하는 추세이다. 국내의 항만 장비 역시 신속한 작업을 통해 선박의 재항시간 단축과 터미널 전체의 생산성을 높여 서비스를 이용하는 선사의 만족도 향상을 위해 관심을 가져야 할 것으로 보인다. 생산성이 만족도에 영향을 미친다는 결과에 바탕을 두어 하역 서비스의 만족도, 항만시설에 대한 만족도, 서비스의 정확성, 터미널 이용절차의 간편성 등 만족도 향상요인을 고려하여 이용자의 기대수준을 충분히 반영한 전략 수립 및 시행이 필요하다고 판단된다.

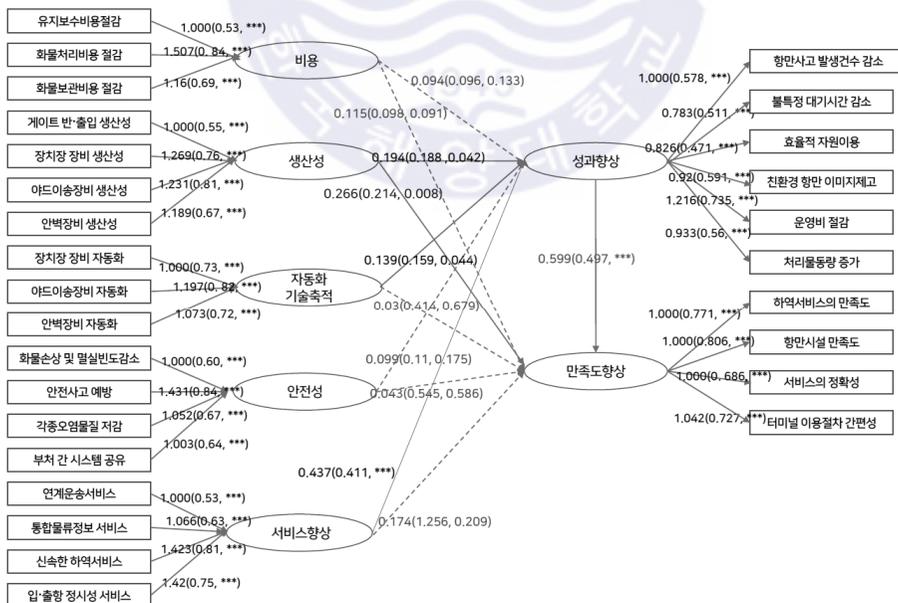
컨테이너 터미널 자동화 도입 결정요인인 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 서비스 향상이 성과와 만족도에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 그 결과 컨테이너 터미널 외생변수(생산성과 자동화 기술축적, 서비스 향상)가 내생변수(성과향상)에 영향을 미치며 외생변수(생산성) 역시 내생변수(만족도 향상)에 영향을 주는 것으로 분석되었다. 또한, 성과향상이 만족도 향상에 영향을 미치는 유의미한 결과를 도출하였다.

연구결과를 바탕으로 컨테이너 터미널 자동화 선택모형에 영향을 미친 생산성, 자동화 기술축적, 서비스의 향상을 위한 방안 마련은 터미널의 성과와 만족도 향상을 기대할 수 있을 것으로 보인다. 하지만 컨테이너 터미널 자동화의 도입으로 비용경쟁력이 강화로 터미널 혼잡도가 상당할 것으로 예상되어 서비스 및 만족도를 기대하기 어려울 것으로 판단된다.

향후 국내 항만의 실정에 맞는 자동화의 단계적 개발과 균형적 발전을 통해 궁극적으로 세계적인 항만물류 기술을 보유한 경쟁력을 갖춘 터미널로 앞장설 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 4-13〉 구조방정식 모형검증 결과

구성요인	Non-Standardized $\lambda$	Standardized $\lambda$	C.R.	P	결과
성과향상←비용	0.094	0.096	1.504	0.133	
성과향상←생산성	0.194	0.188	2.037	0.042	유의
성과향상←자동화기술축적	0.139	0.159	2.017	0.044	유의
성과향상←안전성	0.099	0.110	1.357	0.175	
성과향상←서비스 향상	0.437	0.411	3.426	***	유의
만족도향상←비용	0.115	0.098	1.689	0.091	
만족도향상←생산성	0.266	0.214	2.642	0.008	유의
만족도향상←자동화기술축적	0.030	0.029	0.414	0.679	
만족도향상←안전성	0.043	0.039	0.545	0.586	
만족도향상←서비스 향상	0.174	0.135	1.256	0.209	
만족도향상←성과향상	0.599	0.497	4.535	***	유의

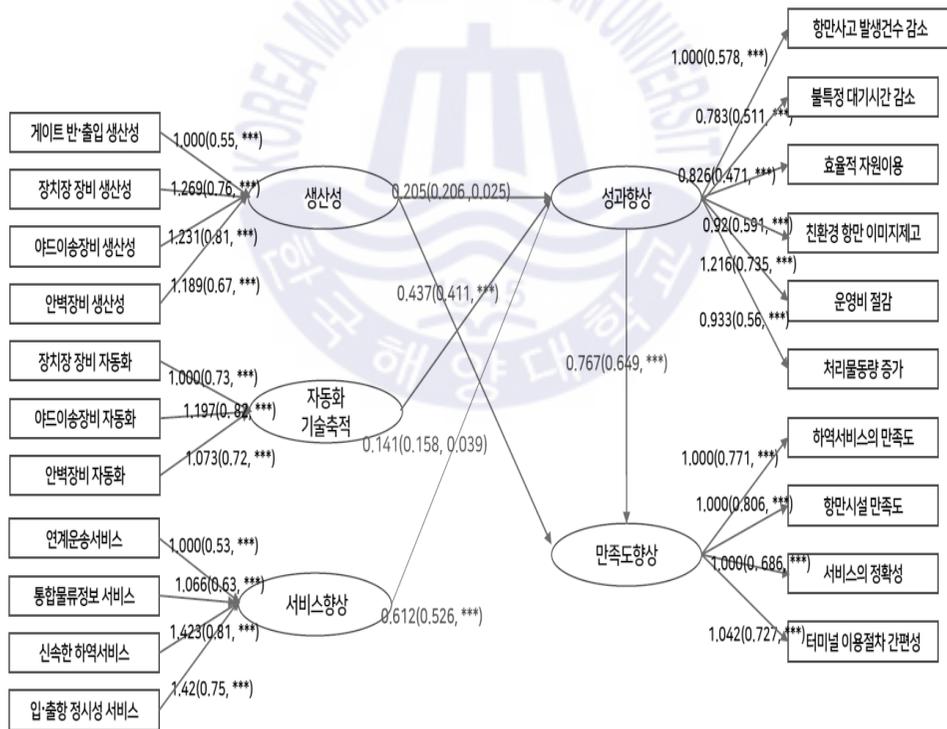


〈그림 4-6〉 구조방정식 제안모형 검증 결과

수정된 구조방정식 모형의 결과값 중 유의한 결과를 나타내는 요인으로 외생변수(생산성, 자동화 기술축적, 서비스 향상)와 내생변수(성과 및 만족도 향상)에 영향을 미치는 인과관계의 모형을 명확히 하기 위하여 기각된 모형을 제외하여 분석한 수정모형의 결과는 <표 4-14>와 같다. 분석 결과 불필요하게 된 인과관계를 제거하여 모형의 적합도가 전반적으로 향상되어 본 연구의 모형은 타당성을 확보하였다.

<표 4-14> 연구모형의 적합도 지수

구분	$\chi^2$	df	p	GFI	AGFI	CFI	TLI	RMR	RMSEA
수정 모형	243.063	161	0.000	0.930	0.900	0.969	0.959	0.028	0.420



<그림 4-7> 구조방정식 수정모형 검증 결과

## 제 5 장 결 론

### 5.1. 연구결과 요약

본 연구는 컨테이너 터미널 자동화 도입에 대한 컨테이너 터미널 개발 주체, 이용 주체, 운영 주체를 대상으로 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상이 성과향상과 만족도 향상에 어떠한 영향을 미치는지 인과관계를 분석하고자 구조방정식 모형연구를 기초로 하여 연구모형을 설정하고 검증하였다. 연구모형을 분석하기에 앞서 실시한 연구모형의 적합도 분석 결과 표본 수가 충분히 확보되었고, 연구모형 또한 구조방정식 모형검증에 적합한 것으로 판단되었다.

SPSS 25.0과 AMOS 21.0을 사용하여 구조방정식 모형을 활용하여 연구모형을 검증하였다. 본 연구에서 도출된 요인의 인과관계 결과를 종합한 결과는 다음과 같다.

첫째, 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 생산성이 성과향상에 영향을 미친다는 인과관계를 규명하였다. 생산성에 영향을 미치는 요인으로 야드이송 장비, 장치장 장비, 안벽 장비(G/C)의 생산성이 있으며, 이러한 요인의 생산성 향상으로 성과향상을 기대할 수 있다. 따라서 컨테이너 터미널 운영사는 생산성을 최대화하기 위해 자동화 장비의 항만 내 도입을 통하여 경쟁력을 갖추는 것이 필요하다.

둘째, 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 자동화 기술축적이 성과향상에 영향을 미친다는 인과관계를 규명하였다. 컨테이너 터미널 내의 안벽 장비(G/C), 야드이송 장비, 장치장 장비 등 터미널 내에서 운용되는 자동화 장비의 기술축적이 성과향상으로 이어지는 것으로 나타났다. 따라서 자동화 기술력 확보는 터미널 운영상의 시행착오를 감소시켜 타 항만과의 경쟁에서 경쟁력을 높일 수 있도록 자동화 기술력 확보를 위한 지원책 마련이 필요하다

셋째, 컨테이너 터미널 자동화 도입을 통한 서비스 향상이 성과에 영향을 미친다는 인과관계를 규명하였다. 자동화 도입 시 서비스 향상에 해당하는 요인을 고려하여 터미널 서비스 품질을 개선하여 고객의 충성도를 확보하여야 한다. 따라서 컨테이너 터미널 운영사는 서비스의 질을 높여 선사와 화주의 항만선택 시 우위를 확보하여 성과향상을 이룰 필요가 있다고 판단된다.

넷째, 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 성과향상이 만족도에 영향을 미친다는 인과관계를 규명하였다. 생산성, 자동화 기술축적, 서비스 향상 등 터미널의 성과가 향상될수록 터미널 운영사 및 해운선사의 만족도를 높이는 것으로 나타났다. 터미널 운영사는 자동화 도입을 통하여 항만사고 발생 건수 감소, 운영비 절감, 처리 물동량 증가 등의 기대를 충족시켜 만족도를 제고할 필요가 있다고 판단된다.

마지막으로 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 생산성 향상이 만족도에 영향을 미친다는 인과관계를 규명하였다. 초대형 선박이 컨테이너 터미널에 기항하면서 선박당 하역 물량이 증가하므로 각 터미널은 허브항만의 위상을 유지하고자 선석 및 야드의 생산성을 향상하기 위해 노력하고 있다. 이를 위해서 안벽 장비, 야드이송 장비, 장치장 장비, 게이트 반·출입 등 생산성을 향상할 수 있는 요인을 개선해 나가야 할 것으로 보인다. 또한, 터미널을 이용하는 선사와 화주의 만족도를 제고하여 글로벌 선사의 기항빈도를 높이는 등 경쟁력을 강화할 필요가 있다고 판단된다.

본 연구는 컨테이너 터미널 개발 주체, 운영 주체, 이용 주체 등을 대상으로 의견을 종합하여 컨테이너 터미널 자동화에 대한 선택모형을 설계하고 분석하여 구조적 인과관계를 해석하였다는 점에서 의의가 있다. 특히 컨테이너 터미널 자동화와 관련한 구조방정식 모형연구가 많이 이루어지지 않은 시점에서 선행연구를 검토하여 추출한 외생변수(비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안정성, 서비스 향상)가 내생변수(성과향상, 만족도 향상)에 구조적으로 어떠한 영향을 미치는가를 이해관계자들의 종합적인 관점에서 살펴볼 수 있었다.

## 5.2. 연구의 한계점 및 향후 과제

본 연구는 컨테이너 터미널 개발 주체, 운영 주체, 이용 주체 등의 각 이해 주체의 의견을 종합하여 연구모형을 구조적으로 해석하였다는 점에서 의의가 있다고 볼 수 있다. 위와 같은 연구결과에도 불구하고 다음과 같은 한계점으로 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다.

첫째, 컨테이너 터미널 자동화에 관련한 논문은 주로 국내 항만의 경쟁력 제고를 위한 컨테이너 터미널 자동화의 생산성과 경제성을 고려한 연구 위주로 이루어져 왔다. 이해관계자들의 통합적인 관점에서의 선행연구가 미흡하여 구조방정식 모형분석을 위한 요인 추출에 한계가 존재하였다. 이에 따라 항만선택과 관련한 논문의 선행연구를 참조하여 요인을 도출하였다.

둘째, 전체적인 설문조사 표본 수는 충분한 것으로 판단되나, 이해관계자별 표본 수의 부족으로 주체별 컨테이너 터미널 자동화의 도입성과와 만족도 구조를 연구하지 못한 점이 본 연구의 한계점이다.

본 연구에서는 컨테이너 터미널 자동화 관련 요인으로 추출한 외생변수(비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상)가 내생변수(성과와 만족도 향상)에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 분석에 그친 한계가 있다.

향후 연구에서는 다양한 요인 도출을 통하여 각 요인 간 어떠한 영향을 미치는지에 대한 구체적인 결과 도출이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 기존 설문의 대상 주체였던 개발 주체, 운영 주체, 이용 주체의 집단을 세분화하여 구체적인 분석을 통해 컨테이너 터미널 자동화의 체계적인 도입이 원활히 이루어질 수 있도록 전략을 정립하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

### □ 국내문헌

강덕출, 전희술, 2012. 부산항 신항의 항만서비스품질·만족·신뢰 및 충성도 간의 구조적 관계: 전환장벽의 조절효과를 중심으로. *Journal of Korea Port Economic Association*, 28(1). pp. 203-227.

김동진, 2016. 항만 물류 생산성 향상을 위한 안전사고의 위험성 분석-항만 컨테이너 터미널운영사의 하역사고 사례를 중심으로-. *한국생산성학회*, 30(4). pp.53-79.

김범중, 2000, 한국 컨테이너 터미널 서비스 품질차이에 관한 연구, *해양정책연구*, Vol15(2).

김병일, 2006, 물류서비스 품질차원이 고객만족도에 미치는 영향-컨테이너 터미널과 선박회사간 관계를 중심으로-. *한국항만경제학회지*, 22(1). pp.125-149.

김선구, 최용석, 윤동하, 2014. SCM 관점의 컨테이너 터미널 물류시스템 평가. *Journal of Korea Port Economic Association*, 30(4). pp.47-67.

김우선, 2006. 컨테이너 터미널 효율성 향상을 위한 실증연구-크레인 작업자를 중심으로-월간 해양수산, Vol263(8).

문수백, 2009. 구조방정식모델링의 이해와 적용.

박병인, 2017. 항만선택행위에 대한 탐색적 이차원적 접근. *한국항만경제학회지*, 33(4). pp.37-58.

박병인, 성숙경, 2008. 컨테이너항만의 환적항 결정요인 분석. *한국항만경제학회지*, 24(1). pp.41-60.

변재태, 2019. 부산항 항만 완전 자동화 추진전략에 관한 연구-GTO 항만 자동화 사례분석을 중심으로, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.

서정태, 2008. 컨테이너 터미널의 생산성 평가지표에 관한 연구-부산항 북항을 중심으로-, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.

쉬핑뉴스넷, 2017. *완전무인자동화 하역시스템 구축여부가 항만경쟁력*, <http://www.shippingnewsnet.com/news/articleView.html?idxno=20221>.

양창호, 최종희, 최용석, 하태영, 2003. *차세대 컨테이너 터미널 운영시스템의 기술개발 방향과 전략수립에 관한 연구*, 기본연구(03)

유명종, 2003. *컨테이너 터미널 유형평가*, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.

윤승재, 2017. *AHP를 이용한 정기선사의 항만선택요인분석*, 석사학위논문. 전남대학교 대학원 교통물류학과.

이남수, 2013. *컨테이너 터미널 재해분석 및 개선방안*, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.

이석용, 2015. *정보서비스 만족도에 관한 연구*. *Journal of Korea Port Economic Association*, 31(4). pp.1-15.

이연경, 강무홍, 이수영, 강한석, 전하림, 2017. *4차 산업혁명 시대 항만물류산업 고도화 방안연구*, 현안연구(2017-41), 한국해양수산개발원.

이윤찬, 이진규, 여기태, 2015. *잠재화주의 항만선택요인 인식분석을 통한 인천 신항의 경쟁력 강화에 관한 연구*. *로지스틱스연구*, 23(2). pp.37-50.

장영태, 2005. *컨테이너 선사의 항만결정요인 분석*. *한국해운물류학회*, 46(0), pp.27-46.

정권재, 2018. *컨테이너 터미널 자동화에 대한 터미널 운영사와 해운선사 간 인식차이 연구*, 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.

정연형, 2018, *Kano모형을 기반으로 한 화주의 항만선택요인분석 광양항을 중심으로*, 석사학위논문, 전남:전남대학교

정준식, 2015. *항만선택 결정요인분석을 통한 마산항의 인접지역 수출화주 유치방안*. *물류학회지*, 25(1).

조성우, 원승환, 최상희, 2014. *자동화 컨테이너 터미널의 하역시스템에 따른 경제성 비교*. *한국항만경제학회지*, pp.121-140.

조찬혁, 2002. *국제물류에 있어서 화주의 신규항만선택요인에 관한 실증적 연구*. *한국무역학회지*, 27(2). pp.191-210.

- 최상희, 하태영, 2006. 컨테이너 터미널 야드배치 형태별 생산성 분석에 관한 연구. 26(1). pp.151-183. 한국해양수산개발원.
- 최석우, 김보경, 이정민, 박광서, 김형태, 2018. 국내 컨테이너항만의 비용함수 추정과 효율성 연구, 기본연구(2018-16), 한국해양수산개발원.
- 최형립, 2004. 국내 자동화 컨테이너 터미널 개발 방향에 관한 연구. 한국정보시스템 학회, pp.122-137.
- 최형립, 박남규, 이창섭, 2004. AHP 기법을 활용한 자동화 컨테이너 터미널 운영목표 설정에 관한 연구. 한국항만경제학회지, 40. pp.113-130.
- 최형립, 유동호, 박남규, 박병주, 권해경, 2005. 자동화 컨테이너 터미널 개발 전략에 관한 연구: 외국의 사례를 중심으로. 해운물류연구, 47. pp.59-78.
- 한국해양수산개발원, 1993. 우리나라 수출입 화주의 항만선택 결정요인에 관한 연구.
- 한국해양수산개발원, 2009. 항만운영성과평가 및 개선방안 연구.
- 한국해양수산개발원, 부산 신항 2-1 단계 컨테이너 터미널의 특징.
- 한철환, 2003. 항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구-아시아 컨테이너 터미널을 중심으로-, 월간 해양수산, Vol221(2).
- 항만연수원, 부산항 안전시스템 구축방안 제언.
- 홍동희, 이승명, 2001. 항만게이트 자동화를 위한 최적 설계에 관한 연구. 한국컴퓨터 정보학회, 6(2). pp.65-68.
- 홍종욱, 2018. 스마트항만 도입 결정요인과 성과에 관한 연구, 박사학위논문. 서울:중앙대학교.

□ 외국문헌

Ana María Martín-Soberón, Arturo Monfort, Rafael Sapiña, Noemí Monterde, David Calduch, 2014. Automation in port container terminals. *Social and Behavioral Sciences* 160. pp.195-204.

Drewry, 2019. *Container Terminal Utilization Rates to Rise and Big Seven Premier League of Operators Emerges.*

E. Sedigheh Zarei, 2015. The Key Factors in Shipping Company's Port Selection for Providing Their Supplies. *World Academy of Science Engineering and Technology International Journal of Economics and Management Engineering*, 9(4).

Europe Container Terminals, <https://myservices.ect.nl/Terminals/rotterdamterminal/s/euromaxterminal/Pages/abouttheeuromaxterminal.aspx>.

<https://www.shmgroup.com/blog/everything-need-know-port-automation/>

J.G. De Gijt, Han Ligteringen, P. Taneja, 2010. Development of Container Handling in the Port of Rotterdam. *Gemeente Rotterdam*.

LauraVega, VíctorCantillo, Julián Arellana, 2019. Assessing the impact of major infrastructure projects on port choice decision: The Colombian case, *Transport Research Part A*. 120(2019). pp.132-148.

Maxwell R. Mozo, P.E., CH2MHILL, 2013. The future of container terminal automation. Mckinsey and Company.

Sylvia Wong, Evan Crawford, 2019. Case study: Optimizing TraPac. *Port Technology*. [https://www.porttechnology.org/technical-papers/case\\_study\\_optimizing\\_trapac](https://www.porttechnology.org/technical-papers/case_study_optimizing_trapac).

The Geography of Transport Systems, 2019. *Fully and Semi Automated Container Terminals Total Hectares*, 2019, [https://transportgeography.org/?page\\_id=11698](https://transportgeography.org/?page_id=11698).

Wang Ki Jun, Min Kyu Lee, Jae Young Choi, 2018. Impact of the Smart Port Industry on the Korean National Economy using Input Output Analysis. *Transportation Research, Part A*. 118, pp.480-493.

Yilin Wang, Chuckwuneke Okorie. 2019. *Automation in Port Industry and Its Impact on Port Sustainability*. Plymouth Business School, University of Plymouth, UK.

Yvo André SAANEN, 2004. *An approach for designing robotized marine container terminals*. Delft University of Technology (TU Delft) Systems Engineering.



## 부 록

### 컨테이너 터미널 자동화 도입 결정에 대한 관련 주체별 설문 조사

안녕하십니까?

한국해양대학교 일반대학원 KMI-KMOU학연협동과정 석사과정 유지원입니다. 본 연구는 자동화 컨테이너 터미널 자동화에 대한 인식차이 및 자동화 도입결정모형 분석에 관한 연구입니다.

본 설문은 컨테이너 터미널 개발주체, 운영주체, 이용주체를 대상으로 컨테이너 터미널 자동화에 대한 인식차이와 도입결정 요인이 무엇인지 귀하의 고견을 듣고자 실시하게 되었습니다.

우리나라 항만의 발전과 개발을 위하여 일선에서 업무에 관여하시는 귀하의 의견이 본 연구를 수행하는데 소중한 자료가 될 것입니다. 본 설문의 내용과 결과는 오직 연구의 목적으로만 사용이 될 것이며, 귀하의 성의 있는 응답은 본 연구에 큰 도움이 될 것입니다.

귀하의 협조에 진심으로 감사드리며,  
귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

2019.09.

유지원 올림

지도교수 : 김울성 교수님

Tel : 051)410-4890

Fax : 051)405-8822

E-mail : jiwon@kmou.ac.kr

※ 본 조사의 결과는 통계법 제33조에 의거하여 비밀이 보장되며, 설문에 대한 모든 응답과 개인적인 사항은 철저히 무기명으로 처리되고, 통계분석의 목적 이외에는 절대 사용되지 않습니다.

#### I 기본정보

기본 정보	업종	<input type="checkbox"/> 터미널 운영사 <input type="checkbox"/> 해운선사 <input type="checkbox"/> 항운노조 <input type="checkbox"/> 항만공사 <input type="checkbox"/> 해양수산부 <input type="checkbox"/> 기타( )
	귀하의 경력을 선택해 주세요.	
	<input type="checkbox"/> 5년 이하 <input type="checkbox"/> 10년 이하 <input type="checkbox"/> 15년 이하 <input type="checkbox"/> 20년 이하 <input type="checkbox"/> 25년 이하	

## I 컨테이너 터미널 자동화 관련 일반사항

1. 컨테이너 터미널 자동화 도입에 대한 귀하의 인식에 대한 설문입니다.

- 긍정적이다.  
 부정적이다.

2. 컨테이너 터미널 자동화 도입 시기에 대한 인식에 대한 설문입니다.

- 향후 1년  향후 3년  향후 5년  향후 10년  기타 ( )

3. 자동화 도입이 일자리에 미치는 사회적 영향력에 대한 설문입니다.

	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
일자리에 미치는 사회적 영향	①	②	③	④	⑤

4. 자동화 도입 시 우려되는 요소에 대한 설문입니다.

	매우낮음	낮음	보통	높음	매우높음
높은 투자비용	①	②	③	④	⑤
운영에 필요한 기술부족	①	②	③	④	⑤
노동조합 간의 의견차이	①	②	③	④	⑤
인프라구축 기간의 장기화	①	②	③	④	⑤

5. 자동화 도입을 대비한 시급한 정부 정책에 대한 설문입니다.

	매우 불필요	불필요	보통	필요	매우필요
인프라 투자비용 지원	①	②	③	④	⑤
새로운 기술 개발지원	①	②	③	④	⑤
노동조합과의 갈등해소	①	②	③	④	⑤
퇴직자 재취업 프로그램 운용	①	②	③	④	⑤

## I 요인의 개념적 정의

비용	화물이나 선박의 입출항 관련 항만비용, 터미널 내에서 발생하는 비용, 환적비용, 운송 및 보관비용을 포함하는 개념
생산성	터미널에서 생산성에 영향을 주는 안벽장비, 이송장비, 야드장비, 반·출입 장비 등을 포함하는 개념
자동화 기술축적	자동화 기술뿐만 아니라 운영에 대한 노하우 축적 및 기술적 안정성 확보와 운영경험을 활용한 부수적인 효과를 포함하는 개념
안전성	항만 내 작업자의 안전사고 및 운송물의 보안을 통한 멸실, 훼손, 지연 등이 발생하지 않는 상태를 포함하는 개념
서비스향상	항만서비스는 항만 내에서 이루어지는 서비스 행위로 터미널 자체의 내적품질, 외부환경의 외적 환경품질, 고객과의 상호작용 품질 등이 포함되는 개념
성과향상	항만 운영의 주요 사업성과, 생산성, 고객만족도 등 경영활동 성과를 제대로 창출하고 있는지 여부를 나타내는 개념
만족도향상	항만서비스가 비교적 잘 수행되었는지 혹은 서비스가 사용 목적에 적합한가에 대한 의식적 판단이나 평가를 나타내는 개념

## I 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성

1. 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성에 대한 항목별 중요도를 표시해 주십시오.

요인	요소	중요도					현재수준				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
비용	인건비용 절감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	화물처리비용 절감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	화물보관비용 절감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	유지보수비용 절감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
생산성	안벽 장비(G/C) 생산성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	야드이송장비 생산성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	장치장 장비 생산성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	게이트 반·출입 생산성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
자동화 기술축적	안벽 장비(G/C) 자동화	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	야드이송장비 자동화	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	장치장 장비 자동화	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	게이트 반·출입 자동화	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
안전성	화물손상 및 멸실빈도감소	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	안전사고 예방	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	각종 오염물질 저감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	부처 간 시스템 공유	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
서비스 향상	입·출항 정시성 서비스	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	신속한 하역 서비스	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	통합물류정보 서비스	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	연계운송 서비스	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

## I 컨테이너 터미널 자동화 도입 기대효과

2. 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 기대되는 항목별 중요도를 검사해 주십시오.

요인	요소	중요도					현재수준				
		매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음	매우 낮음	낮음	보통	높음	매우 높음
성과 향상	처리물동량 증가	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	운영비 절감	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	친환경 항만 이미지 제고	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	효율적 자원이용	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	불특정 대기시간 감소	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	항만사고 발생건수 감소	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
만족도 향상	터미널 이용절차 간편성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	서비스의 정확성	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	항만시설에 대한 만족도	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤
	하역서비스의 만족도	①	②	③	④	⑤	①	②	③	④	⑤

설문에 응답해 주셔서 감사합니다.