

타부두 환적화물에 적합한 운송수단에 관한 연구:부산항 신항을 중심으로

조민지* · 이승필** · † 김환성

*울산과학기술원 선임연구원, **한국해양대학교 대학원 KMI-KMOU 학연협동과정생, † 한국해양대학교 물류시스템학과 교수

A Study on the Advance Transportation System for Inter Terminal Transshipment: Focused on the Busan New Port

Mi-Ji Jo* · Seung-Pil Lee** · † Hwan-Seong Kim

*Senior Researcher, Ulsan National Institute of Science and Technology, Korea

**KMI-KMOU Cooperation Program, Graduate School of Korea Maritime and ocean University, Korea

† Professor, Department of Logistics, Korea Maritime and ocean University, Korea

요 약 : 본 연구는 부산항에서 증가하는 타부두 환적 물량에 적합한 운송수단을 선택하기 위하여 중요한 평가요인들을 발굴하고 요인들 간 상대적 중요도를 분석하였다. 이를 위해 문헌조사 및 타부두 환적 종사자들로 구성된 전문가 그룹의 브레인스토밍(Brainstorming)을 통해 평가요인을 선정하여, 5개의 대분류 요인과 15개의 중분류 요인으로 분류하였다. 계층적으로 분류된 평가요인을 선사, 항만공사, 컨테이너 터미널, 관계 부처 등에 근무하는 종사자를 대상으로 설문 조사를 실시하였으며, 계층분석법(AHP)을 이용하여 요인별 중요도를 산출하였다. 중요도 분석결과, 안전성, 생산성, 투자 효율성, 운영 효율성, 정책 부합성 순으로 검토되었다. 이를 통해 화물 및 터미널 보안 및 사고 예방 방지에 초점을 두며 타부두 환적화물에 적합한 운송수단을 선택시 우선적으로 반영되어야 할 필요성이 밝혔다. 아울러, 기존 문헌 연구 및 전문가 자문을 통하여 도출된 타부두 환적 화물 운송수단의 후보군을 6개로 선정하고, 앞서 분석된 운송수단 평가요인의 중요도를 바탕으로 후보군들의 우선 순위를 도출하였으며, 모노레일, Autocon 등의 순으로 ITT 운송수단에 적합함을 보였다.

핵심용어 : 타부두 환적화물, 평가요소, AHP, 부산항 신항, 대안

Abstract : The purpose of this study was to identify evaluation factors and analyze the relative importance among factors to select a suitable transportation method for transferring the increasing amount of transshipment at multiple terminals at the Busan new port. To accomplish this, the evaluation factors were selected through a literature survey and brainstorming of a group of experts associated with the port operation, and were classified into five major factors and 15 middle factors. The evaluation factors classified hierarchically were surveyed relative to workers in organizations such as shipping companies, port corporations, container terminals, and related ministries. The importance of each factor was calculated using the hierarchical analysis process (AHP). As a result of the importance analysis, priority was assigned in order of safety, productivity, investment efficiency, operational efficiency, and policy conformity. Through this, it was necessary to select a suitable transportation method for the transshipment cargo in terminals while focusing on the cargo and terminal security and preventing accidents. As a result of calculating from six ITT transportation candidates, the priority was determined in order of monorail, Autocon, and so on as ITT transportation suitable for the Busan new port.

Key words : Inter Terminal Transport(ITT), evaluation factors, analytic hierarchy process, Busan New Port, alternative

1. 서 론

부산항 컨테이너 처리 물량은 2018년 기준으로 21,662천 TEU를 처리하여 매년 5.7%의 증가율을 보이고 있다. 2016년 한진해운 사태로 인해 증가율이 1%이하로 주춤하였지만 2017년부터는 다시 5%로 증가율이 상승하였다. 이로 인해 컨테이너 처리 물량 기준으로 부산항은 세계 6위를 차지하였다.

또한 부산항의 환적 처리량은 2018년 11,429천TEU으로 총 컨테이너 물량의 52.8%를 차지하였으며 이를 통해 부산항은 싱가포르항 다음으로 세계 2위의 환적 중심 항만이 되었다.

이에 정부 및 항만공사에서는 부산항을 세계 1위의 환적 중심 항만으로 육성하기 위하여 다양한 정책을 모색하고 있다. 이와 더불어, 환적화물을 적극적으로 유치하기 위하여 기항항만의 결정권을 가진 선사를 대상으로 환적 화물 유치 전략을

† Corresponding author : 종신회원, kimhs@kmou.ac.kr 051)410-4334

* 정회원, mij624@naver.com 052)217-2797

** 정회원, pmpsos@naver.com

(*) 이 논문은 “부산신항 ITT 도입 평가요소에 관한 연구”란 제목으로 “2019 춘계공동학술대회 한국항해항만학회논문집(제주 ICC, 2019.5.15-17, pp.131-132)”에 발표된 연구결과의 일부가 사용되었음.

펼치고 있다.

최근에는 얼라이언스 재편으로 인하여, 선사는 항만을 선택할 시 타부두 환적 물량의 효율성을 항만 선택 주된 요인으로 고려하고 있으며, 이를 위해 항만에서는 타부두 환적 물량을 효율적으로 처리하기 위하여 다양한 노력을 시도해야 한다. 2018년도 부산항의 타부두 환적물량¹⁾은 3,726천TEU로 약 33.1%를 차지하고 있다.

반면, 자부두 환적은 입출항 선박 간 동일한 터미널에서 환적이 발생하는 경우로, 효율적으로 환적물량을 처리할 수 있는 장점이 있으나, 다음과 같은 이유로 불가피하게 타부두 환적이 발생되고 있다

첫 번째 유형은 선사가 A 터미널과 B 터미널에 모두 취항할 경우, A 터미널에 하역할 화물을 터미널 상황에 따라, B 터미널에 해당 화물을 하역하는 경우가 발생하며 이는 ‘전배’라고 칭한다. 두 번째 유형은 북측 부두에 취항하는 A 선사가 남측 부두에서 환적 될 화물 일부를 적재하고 북측 부두에 기항할 경우로서, 북측 부두에 적재된 해당 화물을 남측 부두도 이송하는 경우이다. 세 번째 유형은 피더 전용 부두와 개별 터미널들이 ‘Hub & Spoke’의 관계일 때, 개별 터미널들은 피더 전용 부두로 화물이 이송되는 경우이다.

본 연구에서는 부산항 신항에서의 타부두 환적 효율성 향상을 위한 것으로, 먼저 타부두 환적화물에 적합한 운송수단을 선택하기 위한 평가요인을 발굴하고 요인들 간 상대적 중요도를 분석하였다. 이를 위해 기존 문헌 연구 및 전문가 그룹의 의견을 토대로 평가요인을 선정하였으며, AHP 분석을 통하여 요인별 중요도를 산출하였다. 이를 토대로 부산항 신항의 타부두 환적에 적합한 운송수단을 제시하였다.

2. 선행연구

Vis and Koster(2003)는 컨테이너 터미널에서 선박, 바지선, 트럭, 열차 등의 다양한 교통수단을 통하여 운송되는 컨테이너 화물 처리 프로세스에 대하여 분석하였다. 특히 대형 선박 접안시간 최소화를 위하여 터미널 내부 환적화물 처리 개선 요소들을 제시하였다.

Lee et al.(2012)은 싱가포르 PSA의 터미널(Brani, Keppel, Tanjong Paga)에서 발생하는 타부두 환적의 운영비를 절감하는 방안²⁾에 대해 연구하였으며, 타부두 환적 물량을 최소화하는 방안으로 환적화물을 수송해야 하는 2개의 선박은 가급적 동일한 터미널에 정박하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 터미널과 선박간의 야드할당, 컨테이너와 터미널간의 야드할당의 2단계 절차법(Two Stages Model) 모형을 구성하였다. 모형의 해법으로 2단계 휴리스틱 알고리즘을 개발하였으며 개발된 알고리즘을 통해 타부두 환적비용을 20% 절감시켰다.

Goussiater(2011)는 컨테이너 터미널에서 야드 블록간 컨테이너 이송에서, 기존 야드 트럭(Y/T)과 MTS(Multiple Trailer System)의 운송 거리별 운영비를 비교하여 제시하였다. 연구 결과 운송 거리가 500m일 경우, 트레일러 2대의 MTS의 운영비가 가장 저렴하였으며, 운송 거리가 1,200m인 경우 트레일러 3대의 MTS의 운영비가 가장 저렴한 것을 분석되었다.

Baek(2017)은 R 프로그램을 통하여 데이터 마이닝 후, 실제 데이터를 기초로 ITT 플랫폼 구축의 최적화 방안을 제시하였다. 부산항 신항에서 타부두 환적이 가장 많이 발생하는 구간은 PNC에서 PNIT로 가는 구간으로서, 수입환적 ITT물량은 화요일과 토요일이며, 수출환적은 일요일과 월요일로 분석되었다. 부산항 신항의 평균 턴어라운드 타임은 19.4분으로 PNIT와 HPNT는 평균보다 높은 것으로 분석되었다.

Park(2018)은 홍콩항 타부두 환적 처리방법을 조사하여 Platform Business 개념을 분석하였으며, 국내외 환적화물 처리방식에 대하여 실제 환적 업무를 담당하는 이해 당사자들과의 인터뷰를 행하여 문제점을 조사 및 분석하여 실효성있는 대책을 제시하였다. 또한 타부두 환적 효율을 위하여 ITT platform 구축도 중요하지만, 정부 당국의 의지와 이해 당사자(터미널, 선사) 간 인식의 전환이 필요하다고 주장하였다.

Park(2017)은 현행 ITT 시스템의 정의, ITT 작업 체계 및 ITT 프로세스를 정리하여 부산항 신항의 ITT 문제점을 제시하였다. 터미널 운영사의 실무자를 대상으로 자료조사 및 데이터 수집을 하고, 수집된 데이터를 바탕으로 제시한 문제 해결을 위한 모형을 수립하였다. 이를 위해 실제 데이터의 Data Set을 케이스로 가정하고 모형에 적용하여 결과를 도출하였고 케이스별 결과값을 비교하여 효과분석을 하였다.

Oh et al.(2014)은 장기적인 관점으로 타부두 환적 물동량에 대해 예측하여 예측된 물동량을 제시하고, 이를 처리할 수 있는 시스템으로 DMTS(Double Stack Multiple Trailer System)과 궤도식 시스템을 대안으로 제시하였다. 각 시스템 대안에 대하여 부산항 신항에 적용방법을 제시하고 예측된 타부두 환적 물동량을 처리하기 위한 대안별 도입비용 및 시스템 소요량을 산출하였다.

상기에서와 같이 기존 문헌 검토 결과, 기존 문헌들은 크게 두 가지로 구분할 수 있었다. 첫째 타부두 환적 물량에 관한 처리 프로세스를 분석하여 개선 방안을 제시하는 연구 분야, 둘째 타부두 환적 물량을 처리가 가능한 대안을 제시하여 대안의 효과를 분석하는 연구 분야로 나눌 수 있었다.

현재까지 타부두 환적 물량에 관한 처리 프로세스 개선 연구는 활발하게 진행되고 있었지만, 타부두 환적 물량의 대안을 제시하는 연구는 미흡한 것으로 판단된다. 기존 문헌을 통하여 환적 물량의 대안으로 제시된 시스템으로는 MTS, DMTS, 궤도식 시스템 정도이다. 이를 보완하기 위해서는 먼

1) 타부두 환적이란 Inter Terminal Transport(ITT)로, 출항 시 컨테이너를 선적하는 터미널이 컨테이너의 입항 시의 터미널과 서로 다른 환적의 경우를 의미한다.

저 항만 내에서 환적물량 운송을 위한 수단들을 조사해야 하며, 더불어 국내 항만에 적용 가능한 운송수단에 대해 연구가 필요하다.

이에, 본 논문에서는 타부두 환적 화물 운송수단들을 평가하기 위한 평가요인들을 선정하여 중요도를 분석하고자 하며, 이를 바탕으로 부산항 신항에 적용 가능한 운송수단을 제시하고자 한다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

여기서, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ and $a_{ii} = 1, \forall i$

3. ITT 대안의 평가 요인 설정 및 중요도 분석

3.1 연구방법론

ITT 대안의 평가요인 중요도를 선정하기 위하여 본 연구에서는 AHP 분석을 이용하였다. AHP 분석이란 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소 간의 쌍대 비교에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관 등을 포착하고자 하는 의사결정을 지원하는 방법론이다. 이를 위해 4단계 작업이 수행된다. 먼저 상호 관련이 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 두 번째로 의사결정 요소들 간의 쌍별 판단을 통하여 음의 행렬 A 를 생성한다.

세 번째는 고유치 방법(eigenvalue method)을 사용하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 산정한다. 마지막으로 평가대상이 되는 여러 대안에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 종합하여 최적 대안을 선정한다.

3.2 평가요인 선정

본 연구에서는 문헌 조사와 ITT 관련 전문가의 인터뷰를 통해 ITT 대안의 평가요인을 선정하였다. 조사과정에서 고려된 요인에 대해 타부두 환적과 관련 없는 요인들은 삭제하고, 중복되거나 유사한 내용의 요인들은 통합하였다. 타부두 환적과 관련된 전문가(선사, 터미널 운영사, 항만공사 등의 종사

Table 1 Evaluation factors and sub-elements of the ITT alternative

level 1	level 2	Description
Productivity	Minimize terminal congestion	Minimized congestion in the terminal due to reduced Y/T transport
	Secure on time	Contributes to securing on-time delivery of container by using ITT infrastructure
	Turnaround time	Contributing to reduce turnaround time
Safety	System safety	Stability of ITT operating system with existing terminal system
	Accident prevention	Prevent possible accidents while operating ITT infrastructure
	Cargo and terminal security	Information security for terminals and cargo in ITT cargo operations
Investment Efficiency	Effectiveness	Expected effects for establishing ITT infrastructure(Return on investment, Increased productivity, Improved operational efficiency)
	Future extendability	Connectivity of ITT infrastructure with various technologies which will be introduced in future container terminal
	Linkage between railway and hinterland	Linkage between ITT infrastructure and existing railways and hinterland warehouse
Operational Efficiency	Minimized maintenance cost	Minimize maintenance costs for ITT infrastructure
	Maintain ITT operating cost	Reduced additional costs (rehandling, additional shipping) by introducing a new ITT system
	Minimize ITT space in the terminal	Minimize the space required in the equipment field due to the construction of ITT facilities
Policy Incompatibility	Minimize road congestion	Minimize congestion on roads due to reduced R/T transport
	Contribute Green Port	Contribute to green port by using green energy
	Create new employment	Effectiveness of job creation by ITT infrastructure and its operation

Source : Joint research on the installation and operation of Busan New Port ITT platform(Author reorganization), Busan Port Authority, 2014

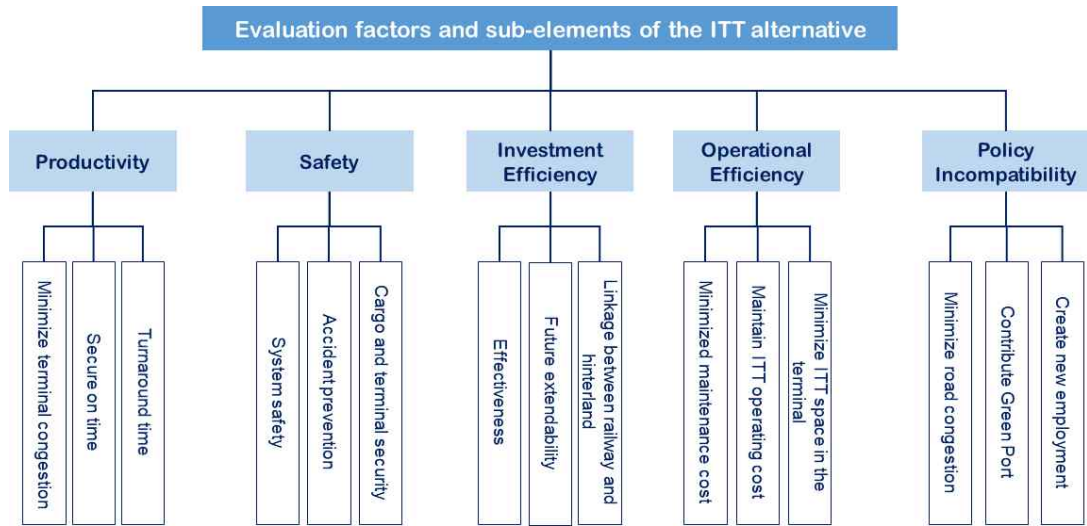


Fig. 1 Hierarchical structure model

자)를 대상으로 총 5차례 인터뷰를 통해 전문가 그룹과 함께 평가요인들을 수정 보완하였다. 이에 설정된 평가요인은 5개의 대분류 및 15개의 중분류로 구성하였다.

대분류(Level 1)은 생산성, 안전성, 투자 효율성, 운영 효율성, 정책 부합성으로 평가요인을 분류하였다. 중분류(Level 2)는 대분류별로 터미널 내 혼잡 최소화, 정시성 확보, 턴어라운드 시간, 시스템 안전성, 화물 및 터미널 보안, 사고 예방 및 방지, 투자 비용대비 효과, 미래 확장성, 철도와 배후단지 연계성, 유지관리 비용 최소화, ITT 운영 단가 유지, 터미널 내 소요 공간 최소화, 외부 도로 혼잡 최소화, 녹색항만 기여, 고용 인력 창출을 평가요인을 구성하였고 각각의 세부 요인의 내용은 Table 1에 기술하였다. 또한 15개 중분류 요인들과 5개의 대분류 요인들의 우선순위를 결정하기 위하여 Fig. 1과 같이 계층적 구조로 분류하였다.

앞서 설정한 평가요인들을 바탕으로 요인 간 쌍대 비교를 통해 상대적 중요도를 분석하였다. 중요도 분석을 위하여 타부두 환적 업무와 밀접한 관련이 있는 부산항만공사 등 관련 유관기관, 부산신항 터미널 종사자, 선사 종사자들을 대상으로 직접 방문 및 이메일을 이용한 설문 조사를 2018년 8월 6일부터 8월 25일까지 실시하였다.

총 65명을 대상으로 설문지를 배포하였으며, 53부를 회수하였으며 이 중 일관성 지수 결과 34개의 설문대상자가 만족하여 34부로 분석을 실시하였다. 설문응답자의 특성은 Table 2와 같다. 응답자의 특성을 보면 항만공사 종사자는 15부로 전체의 44.1%로 가장 많았고 컨테이너 터미널 종사자는 29.4%, 정부 기관 11.8%, 선사 종사자 8.8%로 회수되었다. 경력으로는 10년 이상의 경력자가 52.9%로 가장 높았으며, 6년 이상 10년 이하 20.6%, 3년 이하 신입자 17.6%, 3년 이상 6년 이하 8.8%로 조사되었다.

3.3 중요도 분석결과

부산항 신항 ITT 대안 선택요인의 상대적 중요도를 평가하기 위하여 5가지 분류(생산성, 안전성, 투자 효율성, 운영 효율성, 정책 부합성)의 중요도를 평가한 결과, Table 3과 같이 안전성(0.476), 생산성(0.191), 투자 효율성(0.133), 운영 효율성(0.106), 정책 부합성(0.093) 순으로 분석되었다. 이는 ITT 대안을 선택할 시, 높은 시스템 안전성이 필요할 것으로 판단된다. 이때 대분류의 일관성 지수는 0.1로 나타나 응답자의 논리적 일관성이 충분히 확보되었다.

Table 2 Responses to job classification status

(Unit: No, %.)

	Frequency	Percent
PA	15	44.1
Shipowner	3	8.8
Container terminal executive	10	29.4
other	4	11.8
Total	34	100
less than 3 years	6	17.6
3 - 6 years	3	8.8
6 - 10 years	7	20.6
more than 10 years	18	52.9
Total	34	100

중분류 요인별 중요도를 알아보기 위하여 우선 각 요인별 일관성 지수를 검토하였다. 일관성 지수는 요인별 생산성 0.08, 안전성 0.10, 투자 효율성 0.10, 운영 효율성 0.07, 정책 부합성 0.10로 분석되었다. 생산성 세부요소들의 상대적 중요도는 정시성 확보(0.481), 턴어라운드 시간(0.288), 터미널 내 혼잡 최소화(0.231) 순으로 분석되었다. 안전성 세부요소들은 화물 및 터미널 보안(0.450), 사고 예방 및 방지(0.327), 시스템 안정성(0.223) 순으로 분석되었으며 투자 효율성 세부요소들은 미래의 확장성(0.525), 투자 비용 대비 효과(0.241), 철도와 배후단지 연계성(0.234) 순으로 분석되었다. 4차 산업혁명과 더불어, 스마트 완전 무인 자동화 항만 개발로 인하여, 미래의

Table 3 The results of the importance evaluations

Criteria		Sub Criteria	Relative Importance	Compound Weight
Productivity	0.191	Minimize congestion in the terminal	0.231	0.045
		Secure on time	0.481	0.093
		Turnaround time	0.288	0.056
		Total	1	0.194
Safety	0.476	System safety	0.223	0.107
		Accident prevention	0.327	0.157
		Cargo and terminal security	0.450	0.217
		Total	1	0.481
Investment Efficiency	0.133	Cost effectiveness	0.241	0.032
		Future scalability	0.525	0.071
		Linkage between railway and rear complex	0.234	0.031
		Total	1	0.134
Operational Efficiency	0.106	Minimized maintenance cost	0.272	0.029
		Maintaining ITT operating unit price	0.382	0.041
		Minimize required space in the terminal	0.346	0.037
		Total	1	0.107
Policy Incompatibility	0.093	Minimize road congestion	0.236	0.020
		Green Port Contribution	0.374	0.032
		Employment manpower creation	0.390	0.033
		Total	1	0.085

확장성이 가장 중요한 요소로 부각되고 있다. 운영 효율성의 세부요소들은 ITT 운영 단가 유지(0.382), 터미널 내 소요 공간 최소화(0.346), 유지관리 비용 최소화(0.272) 순으로 분석되었으며, 정책 부합성의 세부요소는 고용 인력 창출(0.390), 녹색항만 기여(0.374), 외부 도로 혼잡 최소화(0.236) 순으로 분석되었다.

4. 부산항 신항 ITT 대안의 최종 우선순위 도출

타부두 환적화물 운송 수단은 국내외 사례연구에서 다양하게 제시되고 있다. Goussiater(2011)은 타부두 환적 화물 운송 수단으로 야드 트럭과 MTS를 제시하였으며, Oh et al.(2014)은 DMTS, 궤도식 시스템을 제시하였다. 또한 해외에서는 모노레일, 무인자율차를 개발하고 있다. 모노레일은 항만에 교각을 세워 화물을 운송시키는 시스템으로, 미국의 SKY Train Corporation, 독일의 Fright Shuttle International이 개발하고 있으며 무인 자율차는 독일 함부르크 GTA에서 HHLA(Hamburger Hafen und Logistik)사가 시범 운영 중이다. Cargo Tram(셔틀)은 독일 드레스덴, 스위스 취리히에서 도심 화물 운송을 위하여 운영하고 있으며 이는 항만 내에서 이용 가능한 운송수단이다. Autocon은 순수 국내기술로 국토해양부에서 개발하고 있는 화물 운송수단이다.

본 연구에서는 타부두 환적화물 운송수단 대안으로 Table 4와 같이 제시하였다. 제시된 대안들은 그동안 국내외 다양한 연구들을 통하여 부산항 신항에 적용이 어려운 대안들을 제외하고 최종후보군을 제시하였다

최종 후보군은 Y/T, 자율주행Y/T, MTS, Shuttle, Monorail, Autocon으로 선정하였으며, 선정된 후보군의 타당성을 확보하기 위하여 터미널 운영사, 선사, 학회, 엔지니어링 업체 등 ITT와 관련된 다양한 분야의 전문가를 대상으로 3차례 검증을 하였다. 검증 결과 부산항 신항의 ITT 대안으로써 6개의 시스템의 장·단점은 다음과 같이 분석되었다.

Table 4 ITT alternative definition

Alternative	Definition
Y/T	Transport a container between quay and yards in combination with the yard chassis
A-Y/T	In an existing Y/T system, unmanned cargo transportation using unmanned technology
MTS	Way to organize and transport 2 or 3 container trailers (ex, Houcon)
Shuttle	Transporting cargo using tram routes developed for passengers to transport cargo
Monorail	Connect the port and the outside of the port and transport cargo using the monorail type
Autocon	A system that automatically and consistently transports containers or trailer-loaded cargo

Y/T의 경우 무인차량과 연계가 가능하고 단기적으로 시스템 구축 및 유희 장비 활용이 가장 큰 장점으로 분석된다. 즉,

소량 화물을 단시간 이동이 가능하여 기동성이 탁월하나, 화물 연대 및 항운 노조 갈등을 유발할 수 있으며 전용공간(도로), 인원, 추가 장비가 필요하며 운영 혼잡 시 터미널 내 장비 투입 제한 및 타 터미널 이동 시 운영간섭을 유발하는 것이 가장 큰 단점으로 분석된다.

자율주행Y/T의 장점은 야간 시간 이용이 가능하다는 것이나, 별도의 터미널 내부에 ITT 전용도로가 필요하며 터미널 내부작업과 타부두 환적이송작업에 따른 심각한 트래픽을 유발할 수 있다.

MTS의 경우 운송 효율성 및 낮은 구축비용이 장점으로 분석되나, Y/T처럼 화물 연대 및 항운 노조 갈등을 유발할 수 있으며 기존 Y/T Head 사양을 변경해야 하며 특히 차량 회전 시 화물 무너짐 등의 안전성을 고려해야 한다는 점이다.

셔틀의 경우 높은 안전성과 신뢰성이 가장 큰 장점이며, 항만 내 철로 활용연계가 가능할 뿐 아니라, 타 시스템보다 터미널 운영사의 부담이 가장 작을 것으로 분석된다. 그러나, 장치장 capacity 감소 및 초기 투자 비용이 높다는 것으로서, 추가 이적 비용 및 리헨들링 작업이 필요하고, 낮은 효율로 운송사가 불만을 제기할 수 있다. 또한 셔틀 전용공간, 인원 및 장비가 추가로 필요하다. 모노레일의 장점은 높은 안전성, 신뢰성, 효율성이며, 대량운송 및 24시간 운송이 가능한 점, 모노레일의 하부 공간을 활용할 수 있는 점을 들 수 있다. 단점으로는 장치장 capacity 감소 및 초기 투자비용 높은 점, 전용공간(레일), 인원 및 장비가 별도로 필요한 점이다.

Autocon의 장점으로는 높은 생산성, 안전성, 신뢰성이나, 넓은 소요면적으로 장치장 공간이 감소되며, 초기 투자비용이 높으며, 전용 장비가 추가로 필요하다.

본 연구에서는 항만 전문가를 대상으로 우선적으로 제시된 6개의 최종 후보군에 대해 적절성 검토를 했으며, 검토 결과를 반영하여, 앞 절에서 제시한 ITT 선택요인을 기준으로 최종 후보군을 평가하였고 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5 ITT system in Busan New Port Alternative Evaluation Results

Alternatives	Y/T	A-Y/T	MTS	Shuttle	Mono rail	Auto con
Productivity	△	◎	○	○	◎	◎
Safety	△	○	△	◎	◎	◎
Investment Efficiency	◎	△	◎	◎	△	△
Operational Efficiency	○	◎	○	△	◎	○
Policy Incompatibility	△	◎	○	○	◎	◎

주: 높음(◎,5), 보통(○,3), 낮음(△,1)

Y/T는 현행 타부두 환적 시스템을 현행대로 이행하는 형태이므로 투자 효율성은 좋지만, 생산성, 안전성, 정책 부합성

등이 미진한 것으로 검토되었다. 자율주행Y/T는 생산성 및 운영 효율성, 정책 부합성 측면에서는 좋은 결과를 나타내지만, 투자 효율성, 안전성 측면에서 취약한 것으로 검토되었다. Autocon의 경우, 투자비 측면에서 취약하고 운영 효율성 측면에서 터미널 공간 활용이 용이하지 않은 것으로 검토되었다. 모노레일 경우, 생산성 안전성, 운영 효율성, 정책 부합성 등은 좋은 결과로 검토되었지만, 투자 효율성 측면이 취약할 것으로 판단된다.

6개 대안들의 우선순위를 산정하기 위하여, 최종 후보군의 평가점수(Table 5)에 앞 절에서 제시한 평가요인의 중요도(Table 4)를 적용하여 최종 후보군들의 점수를 산정하였으며 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6 Evaluation results for ITT system in Busan New Port

Alternatives	Y/T	A-Y/T	MTS	Shuttle	Mono rail	Auto con
Productivity	0.19	0.96	0.57	0.57	0.96	0.96
Safety	0.48	1.43	0.48	2.38	2.38	2.38
Investment Efficiency	0.67	0.13	0.67	0.67	0.13	0.13
Operational Efficiency	0.32	0.53	0.32	0.11	0.53	0.32
Policy Icompatibility	0.09	0.47	0.28	0.28	0.47	0.47
Evaluation Score	1.74	3.51	2.31	4.00	4.46	4.25

본 연구에서는, 모노레일이 4.46점으로 ITT 대안들의 가장 높은 순위를 차지했으며, Autocon(4.25), 셔틀(4.00) 순으로 최종 후보군들의 우선순위가 도출되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 부산항 신항의 타부두 환적 화물에 적합한 운송수단을 선정하기 위한 선행연구로서, 타부두 환적 화물 처리의 효율성을 높이기 위한 운송수단에 대해 선택요인의 설정과 요인 간 상대적 중요도를 분석하고 적합한 운송수단을 제시하는 것을 목적으로 하였다.

선행연구를 검토한 결과, 타부두 환적에 관한 처리 프로세스를 분석 및 개선 방안에 관한 연구는 다수 선행되었으나, 운송수단에 대한 연구가 상대적으로 미흡하였으며 특히, 운송수단을 선택하는 평가 요인에 관한 연구는 매우 부족하였다.

본 연구에서는 전문가 및 관련된 종사자들을 대상으로 한 브레인스토밍을 통해 5개의 대분류 아래 15개의 중분류로 계층화된 선택요인을 선정하였으며, AHP 분석을 통해 선택요인 간 상대적 중요도를 분석하였다. 이후, 분석된 선택요인의 중요도를 바탕으로 운송수단 후보군을 도출하고, 검토하여 최종 평가하였다.

대분류 평가요인의 중요도 분석 결과 안전성이 0.476으로 가장 높게 분석되었으며, 생산성, 투자 효율성, 운영 효율성, 정책 부합성 순으로 분석되었다. 중분류 분석에서는 화물 및 터미널 안전성이 0.217로 가장 높게 나타났으며, 사고 예방 및 방지, 시스템 안정성, 정시성 확보, 턴어라운드 시간 순으로 분석되었다. 이를 기준으로 운송수단 최종후보군을 평가한 결과 모노레일이 4.46으로 가장 높게 분석되었고, Autocon, 서틀, 자율주행Y/T, MTS, Y/T순으로 분석되었다.

본 연구에서는 부산항을 환적 중심 항만으로 구축하고자 비효율적인 타부두 환적운송을 개선하기 위하여 타부두 환적에 적합한 운송수단을 선택하기 위한 요인을 제시하였고, 적합한 운송수단이 모노레일임을 보였다.

본 연구는 향후 타부두 환적화물과 관련된 연구의 기초자료로 투입되어 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 본 연구에서 제시한 타부두 환적운송을 위한 6가지 대안은 기존 문헌에서 단편적으로 검토되었던 방안에 대한 장단점을 분석하였으며, 일정한 평가요인을 기준으로 대안들을 객관적으로 평가한 점에 연구의 의의가 있다.

향후 타부두 환적화물이 지속적으로 증가하는 경우, 항만의 경쟁력을 높이는 운송방안이 필요할 것으로 예상되며, 본 연구에서의 방안이 효율적 타부두 운송방안 제시에 기여 할 것으로 판단된다. 이후, 항만에 발생하는 타부두 환적화물 처리에 대한 비효율성에 대한 실질적 검토가 필요하며, 이에 대한 방안 및 타부두 환적 운송수단 대안에 적용할 수 있는 연구가 필요하다.

References

- [1] Beak, Y. J.(2017), "A Feasibility Study on Effective Operation of ITT Utilizing Big Data", Korea Maritime and Ocean University, Graduate School of Marine Finance and Logistics, Master Dissertation.
- [2] Busan Port Authority(2014), "Joint research on the installation and operation of Busan New Port ITT platform", p. 88.
- [3] Busan Port Authority(2019), "Pusan Port New Port ITT Infrastructure Design", p. 45.
- [4] Choi, G. W. et al.(2016), "An Empirical Analysis on the Determinants of Transshipment in the Busan Port", Journal of the Ocean Policy Research, Vol. 31, No. 2, pp. 167-189.
- [5] Goussiater, A.(2011), "Efficiency of Multi-trailer Systems for Ship to Stacks Container Transportation", Port Technology International, Vol. 43, No. 18, pp. 78-82
- [6] Ghareghozli, A. H., Koster, R. D. and Jansen, R.(2017), "Collaborative solutions for inter terminal transport", International Journal of Production Research, Vol. 55, No. 21, pp. 6527-6527.
- [7] Kim, D. K.(2008), "A study on Influential Attributes in Freight Mode Choice Decisions: focusing on Container, Cement and Steel manufactures", University of Seoul, Graduate School of Transportation Engineering, Master Dissertation.
- [8] Kim, H. S.(2017), "Mode choice model of logistics business considering environmental cost", Seoul National University, Graduate School of Environmental studies, Master Dissertation.
- [9] Korea Transport Institute(2014), "A Technology Development Plan on Automated Intermodal Freight Transport System for Cost Saving and Freight Transport System"
- [10] Lee, D. H., Jin, J. G. and Chen, J. H.(2012), "Terminal and Yard Allocation Problem for a Container Transshipment Hub with Multiple Terminals", Transportation Research Part E, Vol. 48, pp. 516-528.
- [11] Duinkerken, M. B. et al.(2006), "Comparing transportation systems for inter terminal transport at the Maasvlakte container terminals", Springer Link, Vol. 28, pp. 469-493.
- [12] Oh, S. M., Jeon, H. M. and Park, H. J.(2014), "A Study for Efficient Inter-Terminal Transportation in the Busan New Port", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 3, pp. 1279-1287.
- [13] Park, H. J.(2017), "Vehicle Scheduling Model for Transshipment Container Cargo between Container Terminals", Korea Maritime and Ocean University, Graduate School of Logistics, Master Dissertation.
- [14] Park, J. G.(2017), "Study on ITT Platform to Enlarge the Transit Cargo in Busan New Port ", Korea Maritime and Ocean University, Graduate school of marine Finance & Logistics, Master Dissertation.
- [15] Vis, I. F. A. and de Koster, R.(2003), "Transshipment of containers at a container terminal: An overview", European Journal of Operational Research, Vol. 147, pp. 1-16.

Received 05 June 2020

Revised 18 June 2020

Accepted 30 July 2020