

자율운항선박 육상원격제어사 교육과정 개발에 관한 연구

박한규* · 김상희** · 하민재***†

* 한국해양수산연수원 교수, ** 한국해양대학교 대학원 석사과정, *** 한국해양대학교 교수

A Study on the Development of a Curriculum for Shore Remote Control Officer in Maritime Autonomous Surface Ship (MASS)

HanKyu PARK* · SangHee KIM** · MinJae HA***†

* Professor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

** Master student, Graduate School, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

*** Professor, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요약 : 4차 산업이 발전함에 따라 해상운송 분야에서도 자율운항선박의 연구가 진행되고 있다. 현재 2, 3단계의 자율운항선박이 운항을 하고 있으며 육상에서 원격조종의 장비로 감시하며 상황에 따라 운항에 개입하는 육상원격제어사가 이미 활용되고 있다. 하지만 이들의 교육과정이 국제적으로 정립되지 않아 부적격한 육상원격제어사에 의한 사고 위험성이 높아지고 있다. 본 논문에서는 육상원격제어사에 필요한 교육을 기존의 해기사 교육 중 육상원격제어사에게 필요한 교육과 원격제어환경에서 필요한 교육으로 구성하였고 효과적인 교육의 활용을 위해 비기술적 역량교육을 포함하였다. 이러한 교육과정은 신속하게 활용될 수 있으며 역량평가를 통한 해사안전에 부합하는 신규 육상원격제어사를 배출할 수 있다. 그리고 기존의 선원들도 육상원격제어사로 전직할 수 있는 교육을 제공할 수 있다.

핵심용어 : 4차 산업혁명, 자율운항선박, 육상원격제어사, 교육과정, 비기술적 역량, 해사안전

Abstract : As the fourth industrial revolution (Industry 4.0) evolves, studies on autonomous ships have been conducting in the shipping industry. Currently, two or three degrees of autonomous ships is in operation, and a shore remote control officer (SRCO) monitors vessel operations and intervenes remotely where necessary in the service. However, as the curriculum for an SRCO has not been established internationally, the risk of an accident by an unqualified SRCO is increasing. In this study, specifies the curriculum required for SRCO that consists of suitable existing training and new training under remote control circumstances. This includes Non-technical skill training to enhance the effectiveness of an SRCO. This curriculum can be used for a new SRCO to evaluate training and competency specific safety standards, and to enable existing seafarers to become SRCOs through the necessary training.

Key Words : The Fourth Industrial Revolution, MASS, Shore Remote Control Officer, Curriculum, Non-Technical Skill, Maritime Safety

1. 서론

4차 산업의 발전에 따라 운송 분야에서 비용의 절감 및 운영의 효율화를 위해 무인화 추세로 바뀌어 가고 있다. 해상운송 분야도 미래 경쟁력과 지속 가능한 발전을 위해 선박 무인화 노력을 이어 가고 있으며 여러 경제적 이점(Akbar

et al., 2021) 및 인적오류의 발생 가능성의 축소(Department for Transport UK, 2019)는 큰 장점으로 기대된다. 그러나 기술의 발전 상황 및 보수적인 선사의 입장에 따라 즉각적인 무인화는 실현이 어려우며 IMO에서도 완전 자율운항선박을 목표로 인적요소와 자립적 운항을 기준하여 4단계의 자율화 등급을 분류하였다.

완전한 자립적 운항이 가능할 시기까지는 현재의 승선한 선원에 의해 운항하는 시기를 거쳐 육상의 원격제어센터(Shore Remote Control Center, SRCC)에서 소수의 육상원격제어사(Shore Remote Control Officer, SRCO)에 의해 감시되며 상황에 따라 개입 및 조종되는 반자율운항 형태를 가지게 될

* First Author : hkpark@seaman.or.kr, 051-620-5561

† Corresponding Author : hmj153@kmou.ac.kr, 051-410-4279

※ 이 논문의 일부는 “자율운항선박의 육상원격제어사 교육모델 개발에 관한 연구”란 제목으로, “(사)해양환경안전학회 2022년도 춘계학술발표회(목포해양대학교, 2022년 6월 23~24일)”에 발표되었다.

것이다. 그러나 이들에 관한 국제적인 교육과정이 없으며 현재 운영 중인 육상원격제어센터에서는 자신의 환경 및 설비에 따라 지침을 만들어 활용하고 있다. 육상원격제어사 교육은 기존 해기사의 교육에 작업환경 및 시스템 차이에 대한 교육을 보장하는 것이 타당하지만(Saha, 2021) 기존 해기사 교육은 승선 선원에 의한 안전운항을 목표로 하기 때문에 육상원격제어사에게 적용하기 어렵고(Chae et al., 2019), 자율운항선박 기술의 미확립에 따른 원격제어환경을 위한 교육도 정립하는데 어려움이 존재한다. 2~3단계의 자율운항선박이 이미 개발되어 육상원격제어사가 종사함에 따라 육상원격제어사 교육과정에 대해 신속하고 효율적으로 활용해야 한다는 점도 중요하다. 그리고 현재 자율운항 단계에서는 육상원격제어사의 신규양성도 고려되어야 하지만 이들과 많은 역량이 공유되는 기존 해기사의 육상원격제어사로의 전직하는 방법이 현실적인 방안이 될 수 있을 것이다. 따라서, 본 논문에서는 육상제어사를 양성하기 위해 대상자에게 필수적인 교육내용들을 도출하고, 이를 바탕으로 교육 커리큘럼을 도출하고자 하였다.

2. 연구 방법

완전 자율운항선박이 등장하고 모든 선박이 무인화가 되기 전까지는 반자율운항선박과 승선 선원에 의해 조종되는 기존 선박이 혼재할 것이며 기존의 항법 체계는 유지될 것이다. 하지만 원격제어 환경은 기존의 선교에서 정보 획득, 정보 분별 및 판단하는 환경과 상이하다. 따라서 육상원격제어사의 교육을 기존 해기사 교육과 원격제어 환경에서 필요한 교육으로 구분하였다. 기존 해기사 교육내용을 육상원격제어환경에서의 적합성 검토, 여러 IMO 모델 코스의 교육내용 비교, 해기 시뮬레이터의 사용성을 통해 도출하였고 원격제어 환경을 위한 새로운 교육내용을 문헌 분석을 통하여 도출하였다. 그리고 직무의 성격에 따라 Technical skill 교육과 Non-Technical skill 교육으로 분류하여 교육의 효율성과 활용성을 높였다. 이러한 연구를 통해 육상원격제어사에 필요한 교육과정을 제안함으로써 적격한 육상원격제어사의 양성 및 기존 승선 선원에 대한 육상원격제어사 전직 교육과정을 수립할 수 있을 것이다(Fig. 1). 다만 STCW 협약의 기능(Function)에서 화물 관련 교육내용은 아직 화물관리의 범위, 방법 및 주체에 관하여 연구된 바가 적고, 특히 위험화물의 취급 및 여객의 안전관리는 2~3단계의 자율운항선박에서 수행하기 위한 기술적 논의가 필요하기 때문에 본 논문에서는 항해, 화물 취급과 적부, 선박 운항의 통제와 선상의 인명 관리 중 항해 기능과 이와 관련된 기술만으로 한정하였다.

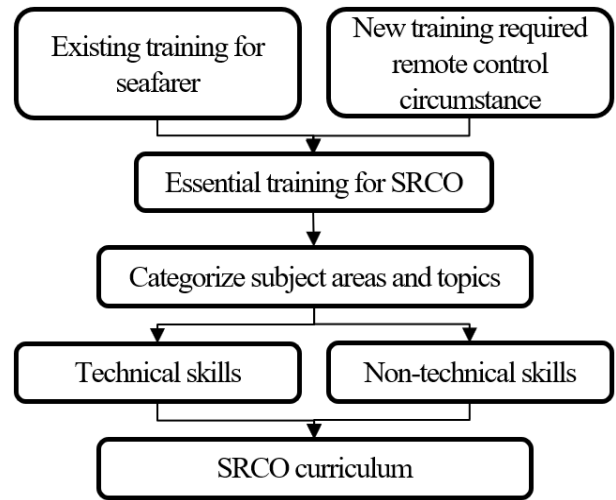


Fig. 1. Formation process of the curriculum for SRCO.

3. 기존 해기사 교육과정 분석

기존 해기사 교육에서 육상원격제어사에게 적합한 교육내용을 검토하고 현재 해기 교육기관에서 사용하는 여러 IMO 모델 코스의 교육내용과 비교하여 적용 가능한 교육내용을 확인하였고, 교육의 효과를 증대시킬 수 있는 시뮬레이터 장비의 우선적인 활용을 고려하였다(Fig. 2).

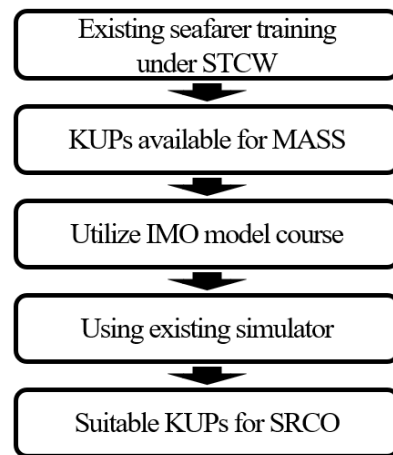


Fig. 2. Flowchart for existing training suitable for SRCO.

3.1 STCW 협약상 요구 역량 분석

육상원격제어사는 기존 선원들이 선박 운항에 필요한 대부분의 기술과 경험을 가지고 있다는 점에서 초기의 육상원격제어사는 선원이 될 가능성이 크다(ABS, 2022). 자율운항선박은 원양항해 길이의 비율이 중요한 경제적 요인이기 때문에 연안항해보다는 장거리이며 추가화물이 적고 중단없는

화물운송인 원양항해에 우선적으로 고려된다(Munin Brochure, 2016). 그리고 항해사고에 관련된 상황인식 능력의 중요성을 고려할 때(Hong and Bac, 2019) 항해 사관이 적합하다. 또 선상 제선 의무와 유사한 책임을 지고 항해 종료 시까지 의무 이행 및 항구 입출항 시의 선박 지휘 등 각종 조치를 수행하기 때문에 항해업무 상 선장의 업무를 수행한다고 볼 수 있다(Choi et al., 2018). 이에 따라 육상원격제어사는 해기사의 자격증명에 관하여 최저요건을 규정하고 역량을 입증할 수 있도록 하는 STCW 협약 내용 중 항해 사관의 운영 직급 및 수행하는 선박의 총톤수에 따른 분류에서 총톤수 500톤 이상의 선박의 선장과 1등항해사에 대한 해기능력의 최저기준 명세인 A-II/2의 요구 조건에 가장 부합될 것이다.

기존 STCW 교육은 제어 환경 및 정보의 판단 방법 등의 차이로 인해 육상원격제어사에게 그대로 적용할 수 없거나 중요성이 감소하는 교육내용이 존재한다(Chae et al., 2019). 또한, 자율운항선박의 추진기관 및 여러 설비도 자율운항선

박에 맞추어 설계될 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 팀 연구를 통하여 선원의 생존을 위한 보급 및 장비의 운용 및 유지, 선상에서만 수행될 수 있는 기술 및 사용하는 장비의 운용 및 유지 그리고 자율운항선박에서 채택될 지식 및 기술로 인하여 사용하지 않는 기술 및 지식은 제외하였다. 그리고 4차 산업에 발전에 따른 전파전자기기, 정보처리 교육내용은 강조하였고 기존의 승선 기관사가 관리하는 기관설비에 관한 교육내용 중요성을 낮추었다(Table 1).

해사기술발전에 따라 기존의 역량 중 ECDIS, RADAR & ARPA 및 AIS 등은 필수적인 교육내용으로 중요성이 강조될 것이다(Chae et al., 2020). 육상원격제어사는 현대적인 항해 장비 운용이 필수적이기 때문에 이러한 장비의 교육은 포함되어야 한다. 기존 선박의 항해 기기 설치 여부에 따른 선택 교육에서 필수 교육으로 변경해야 하며 이에 따른 내용의 중복 제거 및 체계적인 범주화를 위하여 다음과 같이 교내용을 4개의 대분류와 7개의 소분류로 재분류하였다(Fig. 3).

Table 1. Review of STCW competence under MASS

No.	Competence	Considerations under MASS	Remark
1	Plan a voyage and conduct navigation	Plan related to provision & water for crew	Unmanned
		Safety of the personnel	Unmanned
		Relevant to paper chart system	Use of ECDIS
		Log book records	Use of VDR
2	Determine position and the accuracy of resultant position fix by any means	Celestial navigation	Not applicable under MASS
		Position fixing by terrestrial navigation	Not applicable under MASS
		GNSS including GPS	Repeated in ECDIS
3	Determine and allow for compass errors	Magnetic compass, Gyro compass maintenance	Unmanned, Operational only
4	Co-ordinate search and rescue operations	Related to rescue unit	Not applicable under MASS
5	Establish watchkeeping arrangements and procedures	Bridge watchkeeping equipment and system	Unmanned, Not applicable under MASS
6	Maintain safe navigation through the use of information from navigation equipment and systems to assist command decision making	No consideration	
7	Maintain the safety of navigation through the use of ECDIS and associated navigation systems to assist command decision making	No consideration	
8	Forecast weather and oceanographic conditions	The way to get and analyze weather information onboard	Not applicable under MASS
9	Respond to navigational emergencies	Refloating a grounded ship with and without assistance	Not applicable under MASS
		Emergency steering	Not applicable under MASS
		Emergency towing arrangement	Not applicable under MASS
10	Manoeuvre and handle a ship in all conditions	No consideration	
11	Operate remote controls of propulsion plant and engineering systems and services	General knowledge of remote control of propulsion plant and engineering system and service	Unmanned, Operational only

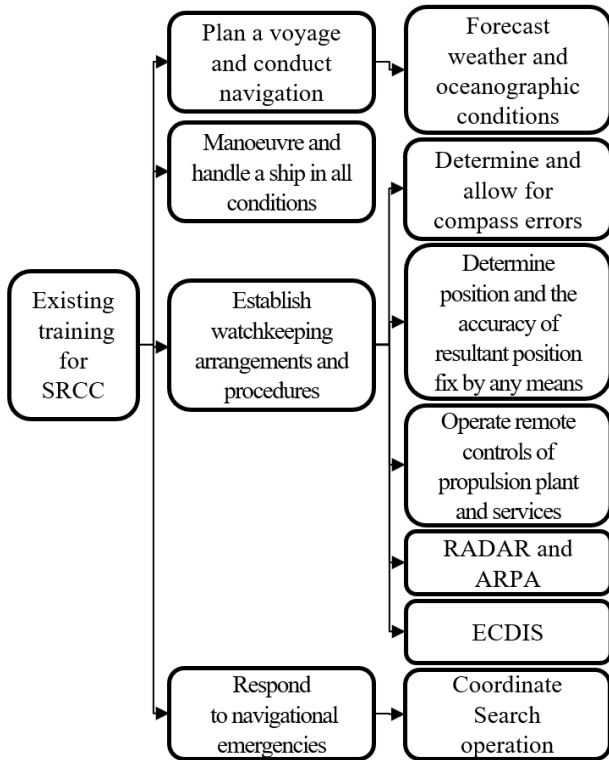


Fig. 3. Re-Categorization of SRCC Existing training.

3.2 IMO 모델 코스 및 시뮬레이터 교육과정 분석

STCW 협약이 채택된 후 많은 IMO 회원국들은 IMO가 여러 가지 모델 코스를 개발하여 해사 기술의 빠른 전달과 협약의 적용을 돕는 역할을 하여야 한다는 주장을 제기하였다(Chae et al., 2017). IMO 모델 코스는 피교육자에게는 협약과 기타 IMO 문서를 이행하는 데 도움이 되는 교육과정으로 설계되었으며 정교해지는 해사기술에 대한 요구 지식 및 기술의 접근을 촉진한다. 또 해기교육기관의 교육자에게는 새로운 훈련과정을 도입 및 조직하고 기존 자료를 개선하여 훈련의 품질과 효용성을 향상할 수 있도록 지원하는 것을 목적으로 한다(IMO, 2019). STCW 협약에서는 연관된 IMO 모델코스가 A-II/2의 훈련과정을 준비하는 데 도움을 줄 수 있다고 제시하고 있다(IMO, 2017).

시뮬레이션은 실제 또는 작동에 가까운 조건의 표현을 나타내며 교육 및 수행평가에 사용되는 시나리오를 공식화할 수 있다. 해기 시뮬레이션을 선원교육 프로그램에 통합하면 안전한 환경에서 선원의 수행능력을 향상할 수 있고 반복기회가 제공된다(National Research Council, 1996). Kim et al.(2021)에 따르면 해기 훈련 및 평가에서 시뮬레이터 사용은 안전, 유용성, 기술 습득성, 기술 활용성, 교육 효과, 저비용, 평가에 장점이 있다(Fig. 4).

육상원격제어사에 적용 가능한 기존 해기사 교육을 현 시



Fig. 4. Advantages of using simulators in maritime training and assessment.

(Source: The continuum of simulator-based maritime training and education (Kim et al., 2021))

플레이션 교육을 우선적 적용 및 IMO 모델 코스와 비교하여 다음의 결과를 도출하였다(Table 2). IMO 모델 코스 1.07 Radar navigation at operational level에서는 모든 교육내용에서 지휘 상의 의사결정을 보조하기 위한 항해 장비 및 시스템에서 정보의 사용을 통한 항행 안전의 유지 해기능력을 적용할 수 있으며 IMO 모델 코스 1.08 Radar navigation at management level에서는 충돌방지를 위한 사용 교육내용에서 지휘 상의 의사결정을 보조하기 위한 항해 장비와 시스템에서 정보의 사용을 통한 항행 안전의 유지 해기능력 및 수색과 구조에서 레이더 사용 교육내용에서 수색과 구조작업의 조정 해기능력을 적용할 수 있다. IMO 모델 코스 1.22 Ship simulator and bridge teamwork에서는 일반 및 비상상황에서의 항해계획 및 항해 수행 교육내용에서 항해계획과 항해 수행 해기능력, 기본원리 검토 교육과정에서 선위 결정과 일체의 모든 방법에 의하여 구한 실측 위치의 정밀도 해기능력, 표준 조선, 바람과 조류의 영향, 천수 영향, 독, 수로 및 상호간섭 영향, 묘박과 SBM에 관한 교육과정에서 모든 상황에서의 선박의 조종과 취급 해기능력을 적용할 수 있고 IMO 모델 코스 1.27 Operational use of electronic chart display and information systems에서는 ECDIS 항로 계획 및 감시 교육과정에서 항해 계획 및 항해 수행 해기능력, 선위와 위치 정보 교육과정에서 선위 결정과 일체의 모든 방법에 의하여 구한 실측 위치의 정밀도 해기능력, 모든 교육과정을 통해 지휘 상 의사결정을 보조하기 위한 ECDIS와 관련된 항해 장치를 통한 항행 안전 유지 해기능력을 적용할 수 있다. IMO 모델 코스 1.34 Automatic identification system에서는 해상에서의 AIS의 사용 교육내용을 통해 지휘 상의 의사결정을 보조하기 위한 항해

장비와 시스템에서 정보의 사용을 통한 항행 안전의 유지 해기능력을 적용할 수 있고 IMO 모델 코스 3.15 SAR on-scene coordinator에서는 입문 단계교육내용으로 수색과 구조작업의 조정 해기능력을 적용할 수 있다. IMO 모델 코스 7.01 Master and chief mate에서는 그 외의 자기 컴퍼스의 원리, 자이로 컴퍼스의 오류 원리, 주 자이로에 의해 조종되는 시스템들과 주 자이로 컴퍼스 작동과 관리교육내용으로 자이로 컴퍼스 오차의 결정과 감안 해기능력, 날씨예보와 해양학적 조건 교육내용으로 기상예보와 해양환경 해기능력, 항해상의 비상사태에 관한 대처 교육과정으로 항해상의 비상사태에 대한 대응 해기능력 및 추진장치, 기관시스템 설비의 원격제어 운전 해기능력에 적용할 수 있다.

3.3 기존 해기사 교육과정 분석 요약

기존의 해기사 교육 중 육상원격제어사에 대한 적합성을 검토하였다. 선원의 식량 및 식수와 관련된 계획, 개인안전에 관한 교육, 종이 해도 시스템, 항해일지의 기록, 천문항법, 지문항법에 의한 선위 측정, 자이로 컴퍼스와 마그네틱 컴퍼스의 유지보수, 구조 유닛에 관한 교육, 선교 당직 장비와 시스템, 선상에서 기상정보를 획득하는 방법과 분석, 외부원조가 있을 때와 없을 때 좌초된 선박을 이초시키는 것, 비상조타, 긴급 예인준비, 추진장치와 기관 시스템 설비의 원격제어 운전에 관한 일반적 지식은 요구되지 않거나 중요도가 낮은 것으로 확인할 수 있었다. 교육과정에서 중복 교육을 피하고 현대적인 항해 장비의 교육을 포함하기 위하여

Table 2. Comparison of IMO model course to STCW A-II/2 competence

No.	IMO Model course	Competence	Topic
1	1.07 Radar navigation at operational level	Maintain safe navigation through the use of information from navigation equipment and systems to assist command decision making	All parts
2	1.08 Radar navigation at management level	Maintain safe navigation through the use of information from navigation equipment and systems to assist command decision making	Use of radar in collision avoidance
		Co-ordinate search and rescue operations	Use of radar in search and rescue
3	1.22 Ship simulator and bridge teamwork	Plan a voyage and conduct navigation	Planning and carrying out a voyage in normal and emergency situations
		Determine position and the accuracy of resultant position fix by any means	Review of basic principles
		Manoeuvre and handle a ship in all conditions	Standard manoeuvres, wind and current effects, Shallow water effects, Bank, Channel and Interaction effects, Anchoring and single buoy mooring
4	1.27 Operational use of electronic chart display and information systems	Plan a voyage and conduct navigation	ECDIS route planning and Monitoring
		Determine position and the accuracy of resultant position fix by any means	Vessel position, Position Source
5	1.34 Automatic identification system	Maintain the safety of navigation through the use of ECDIS and associated navigation systems to assist command decision making	All parts
		Maintain safe navigation through the use of information from navigation equipment and systems to assist command decision making	Use of AIS at sea
6	3.15 SAR on-scene coordinator	Co-ordinate search and rescue operations	Entry level
7	7.01 Master and chief mate	Determine and allow for compass errors	Principles of the magnetic compass, Principles errors of gyro compass, Systems under control of the master gyro and the operation and care of the main types of gyro compass
		Forecast weather and oceanographic conditions	Forecast weather and oceanographic conditions
		Respond to navigational emergencies	Respond to navigational emergencies
		Operate remote controls of propulsion plant and engineering systems and services	Respond to navigational emergencies

기상예보와 해상 상태를 포함하는 항해계획과 수행, 모든 상황에서의 선박의 조종과 취급, 컴퍼스 오차의 결정과 감안, 선위 결정과 일체의 방법에 의하여 구한 실측 위치의 정밀도, 추진장치 및 기관 시스템과 설비의 원격제어 운전, RADAR와 ECDIS를 포함하는 당직근무와 배치와 절차의 수립 그리고 수색과 구조작업의 조정을 포함하는 항해상의 비상사태에 대응으로 나눌 수가 있었다.

이러한 교육과정은 IMO 모델 코스 1.07 Radar navigation at operational level, 1.08 Radar navigation at management level, 1.22 Ship simulator and bridge teamwork, 1.27 Operational use of electronic chart display and information systems, 1.34 Automatic identification system, 3.15 SAR on-scene coordinator, 7.01 Master and chief mate를 통하여 시뮬레이션 교육 활용도가 높은 교육과정을 제공할 수 있다는 것을 도출할 수 있었다.

4. 육상원격제어환경 필수 교육내용 도출

4.1 자율운항 및 육상원격제어 관련 문헌 조사

자율운항선박에 관한 국제적인 지침은 IMO에서 검토 중이며 미확정이다. 하지만 해기 교육기관에서는 자율운항선박이 포함된 미래 해기 교육에 관하여 지속적인 연구를 진행하고 있고 자율운항선박을 실현하거나 준비하고 있는 국가 및 기관에서는 자체적으로 교육기준 및 설비규정을 수립하고 있다. 따라서 본 연구에서는 자율운항 및 육상원격제어 관련 논문 및 지침서 등의 문헌 조사를 통하여 육상원격제어 환경을 위한 교육내용을 분석하였다(Table 3).

Deling et al.(2020)은 MASS에 적용될 새로운 기술을 바탕으로 선원의 능력요구사항을 분석하여 해양기관에서 이들을 위한 교육의 방향을 제시하였다. 자동조종지식, 데이터 마이닝, 원격제어, 환경정보 인식, 자율운항지식, 인공지능, 리더십, 순종과 이행, 심리적 스트레스 저항, 네트워크 통신 지식, 고장진단, 사물인터넷 지식이 필요하다고 제시하였다.

Sharama and Kim(2021)은 육상원격제어사의 교육에 관하여 기존 STCW 적합성과 새로이 필요한 미래의 기술적 역량과 비기술적 역량을 연구한다. 기술 역량에 관하여 장치제어 기술, 경보 취급기술, 컴퓨터 엔지니어링, 센서 지식, 인공지능, 사이버 보안, 고장진단 및 대응, 정비기술, 위험평가, 결합에 따른 비상계획의 역량이 필요하다고 평가하였다.

Aboul-Dahab(2021)은 해기 교육기관에서 자율운항 선박을 운영하기 위한 교육에 관하여 Degree 2에서는 능력, 지식 및 기술의 측면에서 데이터 마이닝 지식, 자율운항지식, 자동조종지식, 원격제어, 리더십과 의사소통, 비판적 사고, 무선 의사소통과 정보 전달에 관한 지식, 사물인터넷, 고장진단, 환경보호 및 지속 가능한 발전에 관한 관심을 제시하였다.

Table 3. Analysis for the study

No.	Author / Published year	Title of study or paper
1	Deling et al. /2020	Marine Autonomous Surface Ship - A Great Challenge to Maritime Education and Training
2	Sharma and Kim/2021	Exploring technical and non-technical competencies of navigators for autonomous shipping
3	Aboul-Dahab /2021	The Readiness of the Maritime Education for the Autonomous Shipping Operations
4	Bartuseviciene /2020	Maritime Education and Training as a Tool to Ensure Safety at Sea in the Process of Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships in Shipping
5	Vidan et al. /2019	Autonomous Systems & Ships -Training and Education on Maritime Faculties
6	Felski and Zwolak/2020	The ocean-going autonomous ship - Challenges and threats
7	Lee et al. /2019	A Study on the New Education and Training Scheme for Developing Seafarers in Seafarer 4.0 - Focusing on the MASS
8	Saha/2021	Mapping competence requirements for future shore control center operators
9	Lim and Shin /2022	A Study on the Changes in Functions of Ship Officer and Manpower Training by the Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships
10	Hone/2019	Training Standards and Accreditation
11	Chae et al./2020	A study on identification of development status of MASS technology and directions of improvement
12	KR/2022	Guidance for Autonomous ships
13	DNV/2021	Competence of remote control centre operations (DNV-ST-0324)

Bartuseviciene(2020)는 자율운항선박 도입의 위험성을 확인하고 법 개정과 육상원격제어사의 교육을 통해 위험성을 줄일 수 있다고 연구하였다. 육상원격제어사에 필요한 능력으로 해상경험, 통신능력, 당직기술, 위험하고 도전적인 상황에서의 안전 기술, 디지털화 기술, 항만에서의 운영, 원격지에서 해사 및 첨단기술이 결합된 안전한 선박운영기술이 필요하다고 제시하였다.

Vidan et al.(2019)는 육상원격제어사에 필요한 기술과 지식으로는 자율운항을 위한 항법 장치, 자율운항시스템 지식, e-navigation 지식, 자율운항 소프트웨어 지식, 원격제어를 위

한 기술, 사물인터넷과 사이버 보안 지식 그리고 국내외 규정을 제시하였다.

Felski and Zwolak(2020)는 무인선 “Maxlimer”호의 운영 참여를 통하여 자격규정, 적절한 경보 및 2차 조종수단의 제공, 육상원격제어사에게 레이더의 사용과 원격고장진단의 중요성을 강조하였다.

Lee et al.(2019)는 육상원격제어사에게 자동조종지식, 자율운항지식, 해양기술지식, 네트워크 유지, 사이버 보안, 인공지능, 빅 데이터 관리를 기반으로 하는 교육이 필요할 것이라고 제시하였다.

Saha(2021)는 육상원격제어사의 핵심역량으로 시스템의 이해, 의사소통 및 기술 지식, 기존 해기 역량 및 규정 지식을 제시하였다.

Lim and Shin(2022)은 기존 해기사 교육뿐만 아니라 원격제어 및 대처 능력, 모니터링 진단, 자율운항장비 및 기기 운용, 육해상 의사소통, 정비 및 교체 능력, 빅데이터 분석 및 인공지능의 기술적 역량 도입을 제시하였다.

Hone(2019)의 발표에서는 무인선박의 원리, 책임, 안전원칙, 계획과 작동의 제한, 위험성 평가, 의사소통, 시스템 확인 및 정비, 비상사태 시 전개와 회복, 육상원격제어사에게

국제규정을 명확히 수행하며 운용을 하기 위한 기술, 역량 및 팀의 규모가 명시된 안전운영계획이 중요하다고 제시하였다.

Chae et al.(2020)은 MASS 운용자의 정의와 책임, 통신 시스템 및 사이버 보안, 장비 유지 및 수리, 위험분석, 의사결정지원 시스템, 자율운항선박의 설계변경사항 지식이 필요하다고 제시하였다.

KR(2022)의 자율운항지침의 요건으로 데이터 수집 및 분석과 관련된 정보의 확인, 제어권, 육상원격제어사에 적합한 수준의 자격, 숙련도, 경험 및 건강상태의 확인과 동급의 통제 선박에 관하여 충분한 운항 또는 서비스 경험을 보유해야 하며 통신의 복구, 로그인 및 비밀번호의 인증, 업그레이드 방법, 자동 안전장치, 가시 경보 및 범주화를 요구한다.

DNV(2021)에서는 육상원격제어사의 역량으로 일반역량과 부가적인 역량으로 구분하여 항해 역량, 추진기 및 설비에 관한 역량, 통신역량, 화물 및 평형수 관리 역량의 5개의 부가적인 역량으로 구분하여 세부적인 역량 활동을 요구한다.

이러한 문헌 조사를 통해 육상원격제어사에게 원격제어 환경에서 요구되는 교육내용을 5개의 대분류와 10개의 소분류로 범주화하였다(Table 4).

Table 4. Required training contents under remote control operation circumstance

	Category	Training contents
General of remote control operation	Definition, Regulation and Principle	Definition, Regulation, Responsibility, Safety principles, Qualification rules, Command control, Principles of watchkeeping, Environmental sustainability, Difference MASS design
	Information acquisition and analysis	Data mining, Big data management, Remote information management, Vessel & Environmental information perception Instrumentation, Sensor information
	Remote control	Automatic control system knowledge, Autonomous navigation, Remote control, Maritime digital skill, Mission planning and operational limits, Computers and data processing, Wireless communication, AI, System understanding, Ship handling
Network management and security	Remote control network	Wirelessnetwork, IoT, Wireless network maintenance, Self diagnosis. Data transfer in real time
	Security	Data log, Access control, Software upgrade, Auto security & safety skill, Cyber security
Ship maintenance	Diagnosis	Self fault diagnosis, Alert handling, Monitoring, Audible and visual alarms for system failure and provide its catalog to operator
	Maintenance	Maintain safety operation while under command, Equipment maintenance and recovery, Ship maintenance management, Fault finding and troubleshooting
Emergency	Respond to emergency	Emergency situation, response
	Analysis of risk	Risk assessment
Non-technical skill (NTS)	Leadership, Communication, Critical thinking, Obedience and execution, Psychological stress resistance	

4.2 육상원격제어사를 위한 비기술적 역량교육

인간의 오류는 오랫동안 해운 분야에서 사고의 주요 원인으로 여겨져 왔다(Fig. 5).

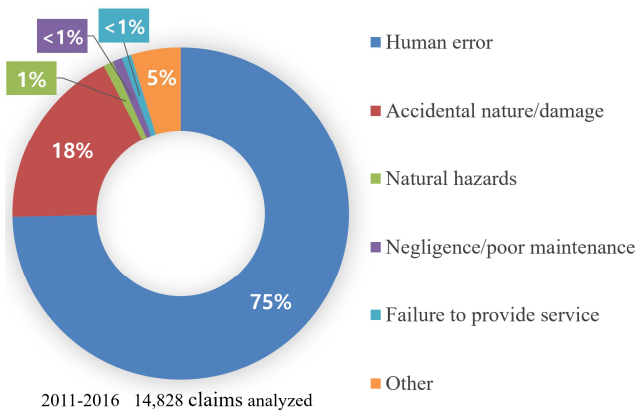


Fig. 5. Top causes of liability loss per line of business - Marine (By value of claims).

(Source: Allianz global corporate & specialty se(2017), Global claims review liability in focus loss trends and emerging risks for business)

인적오류를 최소화하기 위하여 기술적 역량 이외에 비기술적 역량의 중요성이 강조되고 있다. 비기술적 역량이란 “기술적 역량을 보완하고 안전과 효율적인 업무수행에 기여하는 인지적, 사회적, 개인적 자원기술”을 뜻하며 의사결정, 의사소통, 팀워크, 리더십 등으로 구성된다(Flin et al., 2008a). 비기술적 역량교육은 2010년부터 STCW 협약에 포함되어 선박의 당직을 구성하는 사관에게 강제화되었으며(Tavacioglu et al., 2020) 효율적인 선교절차 및 상호의사소통 방법 등 선교팀에 효과적으로 기여하는 단체중심의 팀워크 교육내용과 선원 및 작업을 관리하고 의사결정을 위하여 통솔력을 사용하는 개인의 관리기술 교육내용으로 나누어진다.

육상원격제어사에게 필요한 비기술적 역량교육은 리더십, 의사소통, 비판적 사고, 복종과 수행, 심리적 스트레스에 대한 저항이 필요하다는 것을 알 수 있었고 이는 기존 해기사 교육처럼 효율적인 기술의 활용을 위해 비기술적 역량에 관한 교육내용이 제공되어야 한다는 것을 확인할 수 있었다.

4.3 육상원격제어 환경 필수 교육내용

Table 4는 여러 자율운항 및 육상원격제어 관련 논문 및 지침서를 통해 도출한 육상원격제어 환경을 위한 교육 내용을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 체계적인 교육과정의 수립을 위하여 팀 연구를 통해 기술적 교육에 대하여 다음의 범주를 설정하였다. 일반사항에 관한 이해 역량, 항해 역량, 선박 관리 역량, 비상상황의 대응 역량 총

4개의 역량으로 구분하였고 이것은 규범적인 교육내용, 항해 기술 교육내용, 선박 설비관리 교육내용, 비상시의 대처 교육내용에 대응한다. 원격제어사의 일반사항에 대하여 지식 기반적인 소프트웨어적 교육내용과 기술 운영적인 하드웨어적 교육내용으로 구분하였다. 항해에 대하여 일반적인 항해인 자율운항의 항해에 관한 교육내용과 특수한 상황에서 육상원격제어사가 선박 및 주변 정보를 획득하여 장비를 통해 개입이 이루어지는 원격제어형태의 조건 및 당직의 교육내용으로 구분하였다. 선박의 유지보수는 원격제어의 핵심인 무선 통신의 유지보수를 위한 무선 네트워크 관리에 관한 교육내용과 무선통신설비 이외의 선박 설비, 장비에 관한 유지보수 그리고 이러한 유지보수 관리를 위한 시스템 정보 및 자가진단에 관한 교육내용으로 구분하였다. 비상상황과 대처는 원격제어환경에서의 비상상황의 대처에 관한 교육내용으로 분류하였다(Fig. 6). 이러한 범주화는 추후 기술 발전과 국제적인 규정변화에 대한 대응력을 높일 수 있을 것이다.

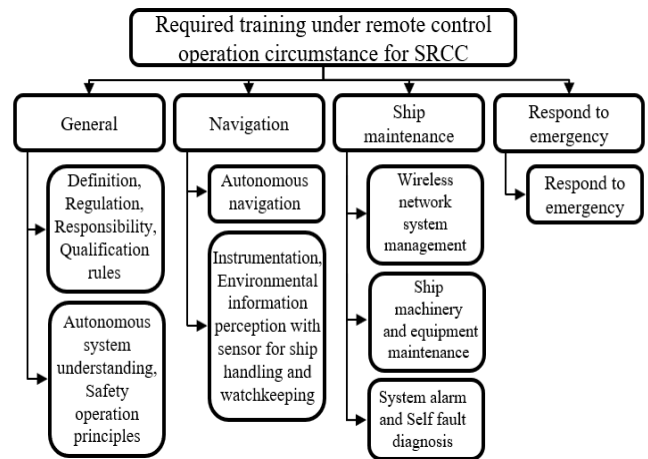


Fig. 6. Re-Categorization of SRCC new training under remote control circumstance.

비기술적 역량은 사람들이 직업 및 일상생활의 문제에 효과적으로 대처할 수 있도록 긍정적으로 적응하고 행동하도록 돕는 기술이며(Haselberger et al., 2012) 기술적 역량과 달리 특정한 기술에 얽매이는 기술이 아니며 인간의 행동은 모든 종류의 작업에서 유사하게 나타나므로 다양한 작업에서 적용될 수 있다(Flin et al., 2008b).

문헌 조사를 통해 정리된 비기술적 역량의 교육내용들은 STCW 협약에서 요구하는 비기술적 역량(Table 5)에서 이미 포함하고 있듯이 비기술적 역량교육은 기존 해기사 교육을 그대로 적용하는 것이 타당할 것이다.

Table 5. Non-Technical skills in STCW A-II/2

Competence	Knowledge, Understanding and Proficiency	Table 4. Non-Technical skills
Establish watchkeeping arrangements and procedure	Thorough knowledge of the content, application and intent of the principles to be observed in keeping a navigational watch	Obedience and execution
		Communication
	Knowledge of shipboard personnel management and training	Psychological stress resistance
		Critical thinking
	Knowledge of related international maritime conventions and recommendations, and national legislation	Obedience and execution
	Ability to apply task and workload management, including: 1. planning and co-ordination 2. personnel assignment 3. time and resource constraints 4. prioritization	Critical thinking
		Psychological stress resistance
Use of leadership and managerial skill	Knowledge and ability to apply effective resource management: 1. allocation, assignment, and prioritization of resources 2. effective communication on board and ashore 3. decisions reflect consideration of team experiences 4. assertiveness and leadership, including motivation 5. obtaining and maintaining situation awareness	Leadership
		Communication
	Knowledge and ability to apply decision-making techniques: 1. situation and risk assessment 2. identify and generate options 3. selecting course of action 4. evaluation of outcome effectiveness	
	Development, implementation and oversight of standard operating procedures	

5. 결론

육상원격제어사는 2~3단계의 자율운항선박에서 중요한 안전운항요소이다. 하지만 이들의 교육과정이 아직 국제적으로 확립되지 않아 교육내용 선정 및 범주화에 어려움이 많다. 필수적인 교육을 받지 못한 무적격한 육상원격제어사의 배출은 결국 세계 해상안전에 큰 위협이 된다. 이 연구는 육상원격제어사의 교육과정을 수립하기 위하여 기존 해기사 교육과 원격제어 환경을 위한 새로운 교육으로 구성하였다. 기존의 해기사 교육 중 육상원격제어사에서도 필수적인 교육을 무인선, 원격제어, 채택되는 기술, 기술중요도 및 4차 산업의 발전에 따라 원격제어 환경에서 적용할 수 있는 교육내용을 확인하였다. 빠른 기술 습득, 교육의 접근성 및 훈련의 효용성을 높일 수 있는 IMO 모델 코스를 적용하고 현존 시뮬레이터 과정을 적극적으로 사용 함으로써 안전한 환경에서 수행능력을 높일 수 있는 훈련을 제공할 수 있게 범주화하였다. 기존 해기사 교육내용의 범주는 4개의 대분류와 7개의 소분류로 확인하였다.

첫 번째, 기상예보와 해상 상태를 포함하는 항해계획과 수행.

두 번째, 모든 상황에서의 선박의 조종과 취급.

세 번째, 컴퍼스 오차의 결정과 감안, 선위 결정과 일체의 방법에 의하여 구한 실측 위치의 정밀도, 추진장치 및 기관 시스템과 설비의 원격제어 운전, RADAR와 ECDIS를 포함하는 당직근무와 배치와 절차의 수립.

네 번째, 수색과 구조작업의 조정을 포함하는 항해상의 비상사태에 대응.

이를 통해 교육과정 설계에 필요한 시간을 줄일 수 있으며 선원에게 익숙한 장비 사용을 통하여 고품질의 훈련성과를 이끌 수가 있다. 또한, 완전 자율운항선박의 시뮬레이터가 유포되기 전까지 현존 훈련 장비를 사용함으로써 이중적인 시설 투자를 줄일 수 있다.

육상원격제어사의 원격제어 환경을 위한 교육내용을 확인하기 위해 자율운항 및 육상원격제어 관련 논문, 발표 및 지침서 등의 문헌 조사를 수행하여 4개의 대분류와 8개의 소분류로 범주화하였다.

첫 번째, 육상원격제어사의 정의, 책임, 제어를 위한 규정, 종사하기 위한 규정을 포함하는 육상원격제어의 소프트웨어적인 사항과 자율운항시스템의 이해 및 안전운항원칙에 관한 하드웨어적인 사항으로 구성된 일반사항.

두 번째, 육상원격제어사의 개입 없이 운항하는 자율운항과 센서를 통하여 선박 및 주변 환경정보를 획득하고 장비를 활용하는 원격제어 환경에서의 조건과 당직으로 구성된 항해.

세 번째, 무선 통신의 유지보수에 관한 무선 네트워크 관리와 선박의 설비, 장비의 유지보수 그리고 유지보수를 위한 시스템 경보 및 고장진단으로 구성된 선박 유지보수.

네 번째, 육상원격제어 시 비상상황을 위한 대응.

4단계의 자율운항선박이 운항하기 전까지는 육상원격제어사의 개입이 필요하다. 사람의 개입이 이루어지기 때문에 인적오류에서 벗어날 수 없으며 비기술적 역량교육을 통하여 사고 가능성을 줄일 수 있다. 비기술적 역량교육은 사람의 개입이 일어나는 모든 작업에 도입할 수 있는 공통적인 기술이기 때문에 기존의 STCW 협약의 비기술적 역량교육은 육상원격제어사에게도 적용할 수 있다는 것을 확인하였다.

본 연구는 육상원격제어사를 위한 교육과정뿐만 아니라 승선 선원에게도 육상원격제어사의 변환 교육을 제공하는 데 사용할 목적으로 수행하였다. 승선 선원은 기존의 STCW 협약 교육을 받았기 때문에 육상원격제어 환경을 위한 교육을 받고 빠르게 전직시켜 활용할 수 있으며 미래 승선 선원의 직업 감소에도 대응할 수 있을 것이다. 또 이러한 교육과정을 통하여 신규양성과정 또는 승선 선원에서 전환양성과정에서 표준 역량을 제공하기 때문에 추후에 만들어질 육상원격제어사의 면허 기준 및 자격 구분에 관하여 기여할 것으로 예상된다.

다만 본 연구에서는 해기능력 중 항해 및 선박 운항을 위한 통제 기술만 다루고 있어 화물 및 여객의 안전에 대하여는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 특히 기술 발전에 따른 장비의 고성능화 및 표준화의 가속화가 예상되고, 이에 따른 표준화된 교육내용에 대하여 적극적으로 수용할 수 있는 개방성과 개선 가능성을 확보하는 방향으로 연구가 진행될 필요가 있다.

사 사

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (스마트 항만-자율운항선박 연계기술 개발)

References

- [1] ABS(2022), Autonomous Vessels Feb.2022, pp. 10, <http://www.absinfo.eagle.org>.
- [2] Aboul-Dahab, K. M.(2021), The Readiness of the Maritime Education for the Autonomous Shipping Operations, The international Maritime Transport and Logistics Conference “Marlog10”, DOI : 10.2139/ssrn.3882590.
- [3] Akbar, A., A. Aasen, M. Msakni, K. Fagerholt, E. Lindstad, and F. Meisel(2021), An economic analysis of introducing autonomous ships in a short-sea liner shipping network, International Transactions in Operational Research, Vol.28, No. 4, pp. 1740-1764, DOI: 10.1111/itor.12788.
- [4] Allianz Global Corporate & Specialty SE(2017), Global Claims Review Liability in Focus Loss trends and Emerging Risks for Business, pp. 13, <http://www.agcs.allianz.com/news-insights/reports/claims-in-focus.html>.
- [5] Bartuseviciene, I.(2020), Maritime Education and Training as a Tool to Ensure Safety at Sea in the Process of Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships in Shipping, Transport means 2020. Sustainability: research and solutions, ISSN: 2351-7034.
- [6] Chae, C. J., J. C. Park, M. C. Jo, S. Y. Kang, and J. Y. Jo(2017), IMO Guide Book, p. 228, ISBN: 979-11-85799-22-3.
- [7] Chae, C. J., M. G. Kim and H. J. Kim(2020), A Study on Identification of Development Status of MASS Technologies and Directions of Improvement, Applied Sciences, Vol. 10, No. 13, DOI: 10.3390/app10134564.
- [8] Chae, C. J., S. Y. Kang, C. W. Kim, and Y. J. Ahn(2019), A Study on Technology Development of Maritime Autonomous Surface Ship and Required Competences for Seafarers, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, Vol 31, No.3, pp. 903-912, DOI: 10.13000/jfmse.2019.6.31.3.903.
- [9] Choi, J. H., J. H. Yoo, and S. I. Lee(2018), Roles and legal Status of the Remote Operator in a Maritime Autonomous Surface Ship: Focusing on the Concept of a Crew and a Master, Maritime Law Review, Vol. 30, No. 2, pp. 150-186, DOI: 10.14443/kimlaw.2018.30.2.6.
- [10] Deling, W., W. Dongkui, H. Changhai, and W. Changyue (2020), Marine Autonomous Surface Ship - A Great Challenge to Maritime Education and Training, America Journal of Water Science and Engineering, Vol 6, No.1, pp. 10-16, DOI: 10.11648/j.ajwse.20200601.12.
- [11] Department for Transport UK(2019), Maritime 2050 Navigating

- the Future, pp. 104, <http://www.gov.uk/dft>.
- [12] DNV(2021), Competence of remote control centre operations. Standard - DNV-ST-0324.
- [13] Felski, A. and K. Zwolak(2020), The ocean-going autonomous ship - Challenges and threats, *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol. 8, No. 1, DOI: 10.3390/jmse8010041.
- [14] Flin, R., P. O'connor, and M. Chichon(2008a), Safety at the sharp end: A guide to Non-technical skills, pp. 1 & 13, ISBN: 978-0754646006.
- [15] Flin, R., P. O'connor, and M. Chichon(2008b), Safety at the sharp end: A guide to Non-technical skills, pp. 1-2, ISBN: 978-0754646006.
- [16] Haselberger, D., P. Oberhuemer, E. Perez, M. Cinque, and F. Casasso(2012), Mediating soft skills at higher education institutions Guidelines for the design of learning situations supporting soft skills achievement version 1.0, Education and Culture DG lifelong learning programme European Union, Version 1.0, p. 67, <http://www.euca.eu/modes>.
- [17] Hone, R. N.(2019), Training Standards and Accreditation, at UK MASRWG conference 2019, <http://www.plymouth.ac.uk/research/autonomous-marine-systems>.
- [18] Hong, S. K. and Y. G. Bae(2019), Effects of Marine officers' Situation Awareness on Ship Collision Accidents in Korea Coast, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 38, No. 6, pp. 565-574, DOI: 10.5143/JESK.2019.38.6.565.
- [19] IMO(2017), Section A-II/2 Foot-note, STCW Including 2010 Manila amendments STCW convention and STCW Code 2017 edition, p. 114, ISBN: 978-92-801-1635-9.
- [20] IMO(2019), <http://www.imo.org/en/OurWork/HumanElement/pages/ModelCourses.aspx>.
- [21] Kim, T. E., A. Sharma, M. Bustgaard, W. C. Gyldensten, O. K. Nymoen, H. M. Tusher, and S. Nazir(2021), The continuum of simulator-based maritime training and education, *WMU Journal of maritime affairs*, Vol. 20, No. 2, pp. 135-150, DOI: 10.1007/s13437-021-00242-2.
- [22] KR(2022), Guidance for Autonomous Ships, <http://www.krs.co.kr/KRRules/KRRules2022/KRRulesK.html>.
- [23] Lee, C. H., G. H. Yun, and J. H. Hong(2019), A Study on the New Education and Training Scheme for Developing Seafarers in Seafarer 4.0 - Focusing on the MASS, *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, Vol. 25, No 6, pp. 726-734, DOI: 10.7837/kosomes.2019.25.6. 726.
- [24] Lim, S. J. and Y. J. Shin(2022), A Study on the Changes in Functions of Ship Officer and Manpower Training by the Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships, *Journal of Navigation and port Research*, Vol. 46, No 1, pp. 1-10, DOI: 10.5394/KINPR.2022.46.1.1.
- [25] Munin brochure(2016), Research in Maritime Autonomous Systems Project Results and Technology Potentials, p. 2, <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>.
- [26] National Research Council(1996), Simulated Voyage: Using Simulation Technology to train and license Mariners, pp. 37, ISBN: 978-0-309-05383-9.
- [27] Saha, R.(2021), Mapping competence requirements for future shore control center operators, *Maritime Policy and management*, DOI: 10.1080/03088839.2021.1930224.
- [28] Sharma, A. and T. E. Kim(2021), Exploring technical and non-technical competencies of navigators for autonomous shipping, *Maritime policy and management*, DOI: 10.1080/03088839.2021.1914874.
- [29] Tavacioglu, L., Ö. Eski, B. Demir, N. Gokmen, and M. Algan (2020), The non-technical skills of bridge officers on ship navigation: An assessment in terms of interpersonal skills, *Indian journal of science and technology*, Vol. 13, No 46, pp. 4587-4594, DOI: 10.17485/IJST/v13i46.1646.
- [30] Vidan, P., M. Bukljaš, I. Pavić, and S. Vukša(2019), Autonomous Systems & Ships -Training and Education on Maritime Faculties, *International Maritime Science conference 2019*.

Received : 2022. 08. 31.

Revised : 2022. 09. 30. (1st)

: 2022. 10. 11. (2nd)

Accepted : 2022. 10. 28.