
항해사 인지능력 평가시스템

Development of Evaluation System for the Cognitive Performance of Marine Officers

김홍태, Hongtae Kim*, 홍승권, Seungkwon Hong**, Mike Barnett***

요약 항해사의 업무수행도 감소는 해양사고 발생의 주요 원인 중의 하나로 자주 언급되고 있다. 인터뷰와 항해 기록 분석을 통한 선원의 작업시간 분석에 대한 연구는 일부 수행되었으나, 작업부하, 작업교대, 스트레스, 수면 등이 선원의 인지능력에 미치는 영향을 분석한 사례 매우 한정적이다. 항공, 철도와 같은 다른 운송 산업에서는 승무원의 근무 패턴을 관리하기 위한 피로관리 도구를 개발하고 있고 있는데, 이러한 도구들은 선원, 항해사 및 육상관리자의 효율적인 근무일정을 계획하는데 도움을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 항해사의 인지능력을 평가하기 위해, 해상 충돌상황에서의 종합적 대응능력을 평가할 수 있는 소프트웨어 프로그램을 개발하였다. 항해 전문가를 대상으로 한 실험을 통하여, 평가기준을 개발하였으며, 실제 항해사를 대상으로 하여 시스템에 대한 검증이 이루어졌다. 본 시스템은 선박운항 시 충돌사고를 회피하기 위한 항해사의 인지능력을 평가할 수 있으므로, 당직 전 혹은 승선 전에 짧은 시간 동안의 평가를 통하여 항해사의 전반적 인지능력을 평가하고, 이 결과를 항해사에게 경고메시지 형태로 전달할 수 있다.

Abstract Decrease in crew performance is frequently cited as a major causal factor in maritime accidents. Although considerable researches on working hours undertaken by seafarers have been conducted through interviews and record analyses, experimental studies on the effects of factors, such as high workload, shift patterns, stress, sleep deprivation, and disturbance on the cognitive performance of mariners have been limited. Other safety-critical transport industries, such as aviation and rail, have developed fatigue management tools to help managements in the work patterns of their operators. Such tools for mariners would assist shipboard crews, marine pilots, and shore managers for planning and improving work schedules. The overall aim of this paper is to determine a fatigue factor that can be applied to human performance data as a part of a software program that calculates total cognitive performance. This program enables us to establish the levels of cognitive performance in a group of marine pilots in order to test a decision-making task based on radar information. This paper addresses one of the factors that may contribute to the determination of various fatigue factors: the effects of different work patterns on the cognitive performance of a marine pilot.

핵심어: *Cognitive Perform ; Marine Officers ; Marine Safety*

본 논문은 국토해양부의 “신개념 인적사고 예방 및 관리기술개발” 과제의 연구결과 중 일부임

*주저자 : 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 책임연구원 e-mail: kht@moeri.re.kr

**공동저자 : 충주대학교 산업경영공학과 교수 e-mail: skhong@cjnu.ac.kr

***공동저자 : Southampton Solent University 교수; e-mail: mike.barnett@solent.ac.uk

1. 서론

해상근무에 따른 선박승무원의 업무수행도(crew performance) 감소는 선박승무원의 생리학적 요인과 심리학적 요인 및 외부 항행환경 요인이 복합적으로 상호작용을 일으켜 발생할 수 있다(Kim et al., 2004). 선박승무원의 업무수행도 감소에 의한 해상사고 발생과정은 다음과 같이 설명할 수 있다. 생리학적 요인, 심리학적 요인 및 외부 항행환경요인은 항해사의 업무수행 과정에 직간접적인 영향을 미치게 되고, 이러한 영향으로 인해 신체적, 정신적 능력이 저하되며, 궁극적으로는 항해사의 인지능력(cognitive performance)이 저하된다. 이러한 인지능력의 저하는 경계소홀과 같은 과실로 이어져 직접적인 사고의 원인이 된다.

선박운항을 위해서 항해사들은 신호탐지, 상황인식, 종합적 판단력 등 다양한 인지작업을 수행하게 된다. 예를 들어, 자선(own ship)에 접근하고 있는 다른 선박들(target ships)을 레이더나 육안을 통해서 식별하는 지각능력이나, 선장으로부터의 명령을 기억해야 하는 조타수의 작업기억 능력, 접근하는 선박과 충돌을 회피하기 위하여 어느 정도로 선수를 전환(번침)해야 하는지를 결정하는 판단능력 등이다. 이러한 인지작업들은 간헐적으로 또는 순차적으로 일어난다고 보장할 수 없다. 과도한 인지능력이 요구된다면, 항해사들은 오류를 발생시키게 되고 이 오류들은 선박사고로 연결될 수가 있다(Lee, 2005). 그러나 아직까지 항해사의 다양한 인지작업 수행능력을 정량적으로 평가하기 위한 관련 연구는 매우 제한적이다.

따라서 본 연구에서는 항해사의 인지능력을 전반적으로 평가할 수 있도록 해상 충돌 시나리오 기반의 평가 시스템을 개발하였다. 항해 전문가를 대상으로 한 실험을 통하여, 평가기준을 개발하였으며, 실습 항해사를 대상으로 하여 시스템에 대한 검증이 이루어졌다. 본 시스템은 선박운항을 위한 항해사의 전반적 인지능력을 평가할 수 있으므로, 당직 전 혹은 승선 전에 짧은 시간 동안의 평가를 통하여 항해사의 신체적, 정신적 상태를 평가하고, 이 결과를 항해사에게 경고메시지 형태로 전달함으로써, 항해사 스스로가 경각심을 가져 사고를 미연에 방지할 수 있는 역할을 할 수 있을 것이다.

2. 항해사의 인지능력 평가시스템 개발

항해사 인지능력은 항해사의 인지능력 중에 신호탐지 및 의사결정 능력을 평가할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 항해사가 레이더 상에 나타난 정보를 이용하여 타선을 탐색할 수 있는 지각능력(신호탐지)과 타선과의 충돌을 피하기 위해 선박의 방향과 속도를 조정하는 판단능력(상황인식 또는 의사결정)을 측정하기 위해 개발된

프로그램이다.

본 연구에서 개발한 항해사의 인지능력 평가프로그램은 선박운항을 위한 항해사의 전반적 인지능력을 반영하고 있으며, 당직 전 혹은 승선 전에 10분 정도의 간단한 평가방법을 통하여 측정하게 된다.

본 시스템은 선박운항과정에서 주어지는 정보를 이용하여 선박의 침로와 속력을 조절하는 항해사의 인지능력을 측정하기 위한 프로그램이다. 항해사들에게 주어지는 정보는 일반적으로 레이더 화면에서 제공하는 정보와 자선의 속력 정보다. 항해사는 가능한 한 계획된 항로를 준수하면서 항해해야 하고, 타선이 접근하고 있을 때는 충돌을 회피할 수 있도록 자선의 침로와 속력을 조절할 수 있다. 충돌을 회피한 후에는 바로 계획된 항로로 복귀해야 한다.

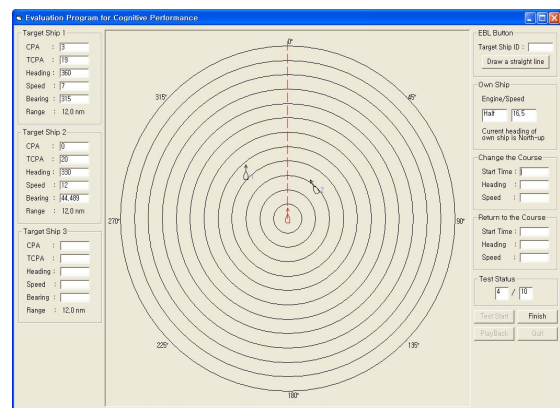


Fig. 1 Screen of evaluation for cognitive performance

인지능력 평가화면은 Fig. 1과 같은 형태로 구성되어 있다. 좌측에는 상대선에 대한 정보(DCPA, TCPA, Heading, Speed, Bearing, Range)가 나타나 있고, 우측에는 자선의 항로변경을 위한 정보입력 메뉴가 나타나 있다. 여기서 DCPA(Distance at Closest Point of Approach)는 최근접점까지의 예측거리이고, TCPA(Time to Closest Point of Approach)는 최근접점까지의 예측시간이다. 충돌위험이 있는 타선과의 충돌회피동작을 취하기 위해서는 회피동작시작 시간과 시작시점에서의 침로와 속력, 회피동작 종료시간과 종료시점에서의 침로와 속력을 입력해야 한다.

본 시스템에서는 국제해상충돌예방규칙 (International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972)에 나와 있는 아래의 4가지 규칙들을 기반으로 하여, 타선의 수, 침로 및 속도와 방향을 변경하여 10가지의 충돌시나리오를 Table 1과 같이 구성하였다.

시나리오 1번과 3번은 동일하게 “정면으로 마주치는 상태 (Head-on Situation)”이나 타선의 침로와 속도가 다른 경우이고, 시나리오 2번과 5번도 동일한 ”횡단상태(Crossing

Situation)"이나 타선의 수를 각각 1척과 2척으로 달리한 경우이다. 또한 시나리오 4번과 6번은 동일한 “추월(Overtaking)”의 상태이나, 타선의 침로와 속도를 달리한 경우이다.

Table 1 Types of Scenarios

No.	Scenarios	Direction of Screen
1	Rule 14 : Head-on Situation	Normal
2	Rule 15 : Crossing Situation	Normal
3	Rule 14 : Head-on Situation	Normal
4	Rule 13 : Overtaking	Normal
5	Rule 15 : Crossing Situation	Normal
6	Rule 13 : Overtaking	Normal
7	Rule 10 : Traffic Separate Schemes	Normal
8	Rule 15 : Crossing Situation	Opposite
9	Rule 14 : Head-on Situation	Opposite
10	Rule 13 : Overtaking	Opposite

Fig. 2는 “통항분리방식(Traffic Separate Schemes)”의 경우에 충돌 시나리오 화면이다. 이러한 시나리오들에 대해 실험을 수행하게 되면, Fig. 3과 같이 입력 데이터와 분석 데이터를 얻을 수 있다.

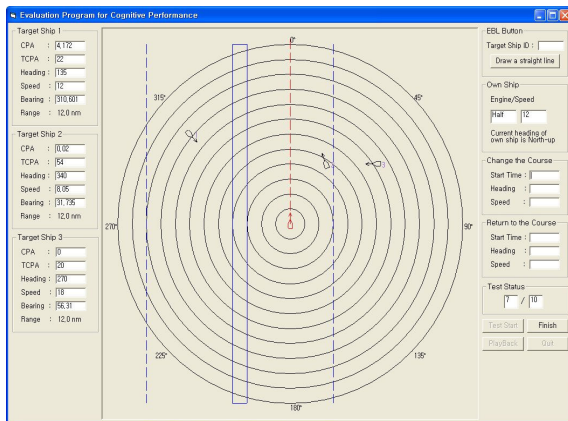


Fig. 2 Screen of a scenario on “Rule 10 (TSC)”

본 시스템에서는 항해사의 인지능력을 평가하기 위한 다음과 같은 Scoring Index를 구성하였다.

① 충돌회피 능력: 충돌상황은 두 가지로 구분하여 측정한다. 하나는 충돌이 발생한 경우이고 다른 하나는 거의 충돌할 수 있을 정도로 가까이 항해하는 경우이다.

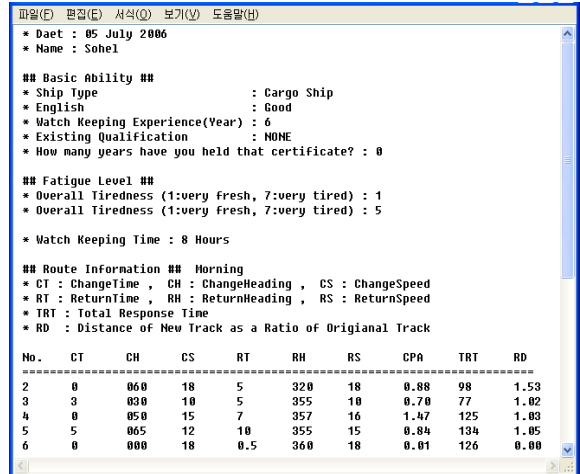


Fig. 3 Screen of test results

② 의사결정 시간: 주어진 정보에 의하여 의사결정을 수행하는 시간을 측정한다. 이 시간은 정보가 표시된 후부터 판단이 완료되어 프로그램 실행버튼을 누르는 시점까지로 한다.

③ 항로로부터 벗어난 정도: 선박운항의 능력은 되도록 항로를 벗어나지 않고 운항해야 계획된 시간에 목적지에 도달할 수 있으므로, 계획된 항로로부터의 이탈 정도는 중요한 판단능력의 척도다. 계획된 항해거리 대비 수행한 거리의 비율로써 항로이탈의 정도를 측정한다.

이러한 “Scoring Index” 를 측정을 위해 각 시나리오별로 평가기준을 만들었으며, Table 2는 “Crossing Situation” 의 경우에 대한 평가기준이다.

Table 2 Evaluation criteria on the “Rule 15”

Criteria	Optimum answer (10 points)	Reasonable answer (5 points)	Unacceptable answer (0 point)
1 Decision	Starboard	Reduce Speed	Port or Stand-on
2 Time to Change of course (CT)	0-5 minutes	5-10 minutes	Over 10 minutes
3 New Heading (CH)	040 - 050	020 - 040 050 - 060	0 - 020 >060
4 New Speed (CS)	Same (18)	0 - 18	>18
5 Time to Return to course (RT)	10 - 15 minutes	5 - 10 minutes	< 5 minutes > 15 minutes
6 Final Heading (RH)	359 - 001	350 - 359	> 001 < 350
7 Final Speed (RS)	18	10 - 18	0 - 10 > 18
8 DCPA	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0 0.7 - 1.0	< 0.7 > 3.0
9 Total Response Time (TRT)	< 1 mins	1-3 minutes	> 3 minutes
10 Distance of new track as a ratio of original track (RD)	< 1.05	< 1.25	> 1.25

본 연구에서는 개발된 인지능력 평가시스템의 검증을 위해 3명의 항해전문가와 5명의 실습 항해사를 대상으로 실험을 실시하였다. 예비실험으로 실시한 시나리오 1을 제외한 9가지 시나리오에 대한 실험 결과, 각각 평균 90.2와 74.0을

획득하여, 항해전문가의 점수가 우월하게 나타났다.

또한 Fig. 4에 나타난 바와 같이 9가지의 충돌시나리오에 대한 개별 점수에 있어서도, 항해 전문가의 점수가 대부분의 시나리오에서 실습 항해사의 점수보다 10점 이상 높은 것으로 나타났다.

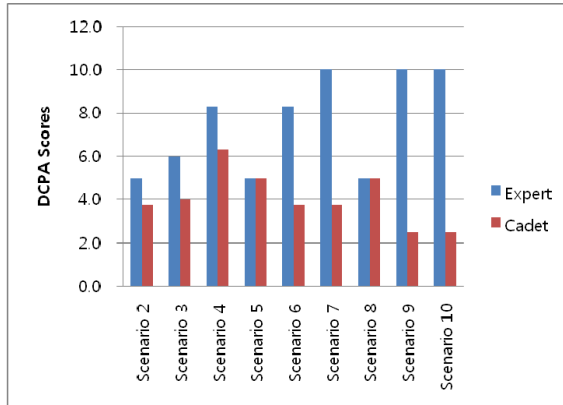


Fig. 4 Comparison of total score by scenarios

한편 인지능력 평가를 위한 “Scoring Index” 중에, 충돌 회피를 위해 가장 중요한 요소인 최근접 예측거리(DCPA)에 대한 비교에 있어서도, Fig. 5에서 보는 바와 같이 항해 전문가의 점수가 모든 시나리오에 대해 실습 항해사의 점수보다 높은 것으로 나타났다.

앞으로 항해사의 인지능력 평가시스템의 보안을 위한 추가적인 실험을 통한 평가데이터의 확보를 계획하고 있으며, 이를 통해 시스템의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

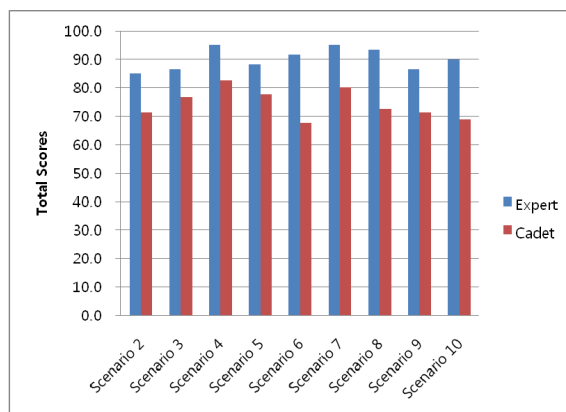


Fig. 5 Comparison of DCPA score by scenarios

3. 결론

최근 들어 선박의 디지털화 및 현대화에 따라 GPS, ARPA, ECDIS, AIS, VDR, 선체감시장치(hull monitoring system) 등과 같은 각종 항해용장비가 이미 도입되어 선박 운항에 사용되고 있으며, 이러한 하드웨어적인 발전은 계속되고 있다.

하지만 선박을 운항하는 인적자원 중심의 소프트웨어적인 요소에 대한 개선과 노력은 아직까지 초보단계에 머무르고 있는 실정이다.

이와 같은 현실은 해양사고의 대부분이 인적요인에 기인하여 발생한다고 언급하면서도 정작 이 분야에 대한 투자는 미약하기 때문이라 할 수 있다. 즉, 최신 항해용 장비를 운용하여 선박의 안전운항을 담보하는 항해사에 대한 정신적, 육체적, 심리적, 인지능력 등에 대한 연구와 고려, 관심이 아직도 매우 부족하기 때문이라 사료된다.

본 연구에서는 항해사의 인지능력 저하로 기인한 해양사고를 예방하기 위한 방안의 일환으로, 승선 전, 혹은 당직 근무 전에 항해사의 인지능력을 간편하게 평가하고, 그 평가 결과를 경고메시지 형태로 항해사에게 제공할 수 있는 인지능력 평가시스템을 개발하고자 하였다.

그리고 본 연구에서 수행한 실험 및 분석과정에서 충돌시나리오별 난이도의 반영문제와 평가기준을 구성하고 있는 세부 항목별 중요도의 반영문제 등 몇 가지 문제점이 지적되었다.

지금까지 본 연구에서 개발한 항해사의 인지능력 평가시스템은 현재 항해사의 인지능력 평가만을 포함하고 있으나, 추후 연구를 통하여 항해사의 수면과 작업부하 등을 고려한 해상근무 항해사 피로도 평가모델을 반영하고, 다양한 충돌시나리오의 축적과 평가기준의 보안을 통해 합리적이고 신뢰성 있는 평가시스템을 구축하고자 한다.

REFERENCES

- [1] Kim, H., Yang, C.S., Park, J.H. and Lee, J.K., 2004. Reduction of maritime risk relating human factors, Proceedings of the Society of Naval Architecture of Korea(Spring Conference), pp. 816-821.
- [2] Lee, J.K., 2005. Development of Fundamental Technologies for Total Risk Management, KORDI Project Report, UCE00940-05043.