

Influential Article Review - Understanding Maritime Team Workload and Patterns of Coordination in Routine and Contingency Situations

Jackie Sullivan

Eva Carson

This paper examines management and innovation. We present insights from a highly influential paper. Here are the highlights from this paper: The introduction of next-generation technologies to the maritime shipping industry, including Portable Pilotage Units, Remote Pilotage, advanced situation awareness aids, and Autonomous Shipping, creates an urgent need to understand operator workload during Bridge Team operations, and co-operations with shore based personnel. In this paper we analyse the mental workload of maritime Captains, Pilots and Tug Masters during standard and emergency scenarios, using traditional measures (SWAT, ISA), communications analysis, and the collection of simultaneous electro-dermal activity (EDA) of team members. Results indicate that the EDA measure overcomes some of the problems with paper-based techniques, and has excellent temporal resolution for emergency events. Implications for testing of novel technologies are discussed. For our overseas readers, we then present the insights from this paper in Spanish, French, Portuguese, and German.

SUMMARY

- Measuring workload ratings using this methodology was a challenge in the simulator, and it is likely that this difficulty would increase in real life operational settings. One issue is the time-stamping, or coordination, of data across experimenters at each station. Although the administration of the ISA demands rigid time intervals between measurements, these fluctuate slightly depending upon the availability of the participant to reply to the verbal prompt, and the ability of the experimenter to administer timely cues. One possible remediation for this difficulty would be an automated logging system for workload ratings – though the user would still need to respond to the system at the appropriate time. One can likewise infer that the simple act of verbally prompting a participant for his / her workload may impact the operation currently underway.
- Despite this issue, the ISA appears to have worked well, in that it shows coherent gradients across users during the simulation run, and that the pattern of performance differs in the ‘high workload’ and ‘low workload’ runs. Although the high and low workload conditions are statistically equivalent when comparing the average score over a run, a look at the graphs above, particularly the Captain and Pilot, indicate a very different pattern between the High and Low workload conditions. Specifically, in the Low load conditions, performance for the pilots and captains appears to peak during the middle of the run, whereas in the High load conditions the ratings continue to rise until the end of the run. This pattern is not evident for the helm and tug operators, indicating that perhaps they were not as affected by the workload manipulation.

- There were indications that the 5 min intervals may be too long.
- The SWAT measure was taken twice for each run: once during the run, and once after the run had completed. No visible relationships were evident, either to the ISA measures for the same run, or to the operational environment of the bridge. Scoring on the SWAT was marginally lower in the high workload run, however this effect was not significant. This pattern is the opposite as that found in the ISA scores, which correctly identified the high workload runs. It must be considered, however, that the SWAT was not administered close to any high workload situations.
- Overall, participants regarded the SWAT measure as too complex and wordy for quick judgements, i.e. during navigation. Further, it was perceived to interrupt the workflow to a greater extent than the ISA. One contradictory comment by a participant was that the SWAT measure works well – in particular that the 3-level scale was good, but that the description had too many words.
- In summary, though these measures were able to capture the workload of participants in the maritime simulator, it is evident that there are problems on a number of levels. Specifically, the measures themselves may impact workload; the measures were either too far apart to be meaningful, or so close in timing as to seriously disrupt the tasks being measured.

HIGHLY INFLUENTIAL ARTICLE

We used the following article as a basis of our evaluation:

Lochner, M., Duenser, A., Lützhöft, M., Brooks, B., & Rozado, D. (2018). Analysis of maritime team workload and communication dynamics in standard and emergency scenarios. *Journal of Shipping and Trade*, 3(1), 1–22.

This is the link to the publisher's website:

<https://jshippingandtrade.springeropen.com/articles/10.1186/s41072-018-0028-z>

INTRODUCTION

The need to understand operator workload is a key requirement across numerous sectors, including maritime shipping (Lützhöft et al., 2011), nuclear power operations (Sheridan, 1981), air traffic control (Loft et al., 2007), driving (Trick et al., 2009), and many other contexts that impose a high demand on the human attentional system. While the physical elements of workload are generally well understood (e.g. De Zwart et al., 1996), the concept of cognitive workload, or mental workload, is less self-evident. One classic definition of mental workload by Hart & Staveland (Hart & Staveland, 1988) is “the perceived relationship between the amount of mental processing capability or resources and the amount required by the task”. Human attention is by nature a limited resource, and decades of research have been conducted into its strengths and its limitations. We have a remarkable ability to divide attention across multiple foci, both in physical space, and conceptually. Nevertheless, under certain conditions our comprehension of a situation can break down, with the result being that accidents happen, causing damage to property, human life, and to the environment. In the context of shipping and trade, developing a clear methodology for measuring maritime operator workload has the potential benefit of improving efficiency and safety, by better understanding the human error component that is common in many maritime accidents. In addition to understanding workload of specific individuals during emergency events, the research reported here also investigates how members of a maritime operations team, including tug operators, Vessel Traffic Service, pilots, and the bridge team react together to deal with emergency events. Our results have implications when considering how to test human performance with novel technological systems, both on the ship's bridge and at remote locations such as a tug, or VTS facility.

Efficiency and safety have long been key drivers of change in the maritime industry. Because of the large volumes and profits involved, and the critical nature of maritime accidents, technological solutions to age old problems of navigation have been employed to various degrees during the past half-century.

Technological systems including RADAR, SONAR, GPS, VTS, ECDIS, AIS, and others, have benefitted maritime operations in many ways, but have not necessarily resulted in lower operator workload. Rather, in many cases the result has been just the opposite, where operators in high workload situations have a tendency to ignore maritime decision support systems (Grabowski & Sanborn, 2001). Furthermore, there are examples of technology contributing to failures, for example RADAR (Andrea Doria-Stockholm incident, 1956) and ECDIS (Ovit incident, 2013). To give an idea of the hybrid complexity that can exist on a ship's bridge, one of the present authors (Lützhöft & Nyce, 2014) reports that a container vessel that was manufactured in the 1960s, and which had been converted to a passenger liner in 1990 prior to being inspected by the author in 2001, had an assortment of 15 different manufacturer's brands on the bridge equipment and an offshore supply ship built in 2005 had close to 30 brands. The integration work required to safely operate such a system is a clear strain on the operator's physical and mental capacity (Lützhöft, 2004). It is no surprise then, that a large proportion of modern maritime accidents is attributed to human error, which in turn has been directly linked to mental workload (Hetherington et al., 2006). Note, that this in turn does not necessarily mean an overt mistake was performed by a human.

While there is some general agreement that mental workload is the culprit in many maritime accidents, and thus should be the subject of investigation, there is no such concord on the best way to operationalize the concept of mental workload. A number of methodologies have been employed to this end, each of which has advantages and disadvantages (Tsang & Vidulich, 2006). For the current research we first provide a review of the main methods available in the literature, discuss the most commonly used techniques, and provide a rationale for our use of a simple and effective electrophysiological technique known as Galvanic Skin Response (GSR), or alternately as Electro-Dermal Activity (EDA).

We present three case studies in this paper. In each case, the participants were experienced maritime professionals consisting of Ships Master / Captain (responsible for safe conduct of ship), Pilot (a local addition to the bridge team, who in practice takes over the manoeuvring and leads the communication), Tug Master (tugs are small powerful vessels that assist in manoeuvring large ships in restricted waters, either connected by rope/wire or pushing), Helmsman (performs the steering, on orders from master/pilot but no other tasks), and Vessel Traffic Service (VTS) Operator (VTS is a shore-based information service, much like air traffic control but with no mandate to give orders). First of all, we present an analysis of operator workload using the ISA (Instantaneous Self Assessment) and the SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) that are commonly employed in the literature (Cain, 2007). These measures were chosen for their prevalence in the workload literature, and because they are straightforward to administer and analyse. Second, an analysis of communications patterns during emergency manoeuvres is presented as an additional means of understanding operator workload within the maritime environment. These studies illustrate some of the drawbacks to using the standard ISA/SWAT methodology, and provide some insight regarding communication patterns during an emergency event. Finally, we conducted a series of maritime operations while collecting GSR/EDA measures for the key team players: the Captain/Master, the Pilot, and the Tug Master. The use of GSR/EDA measurement allowed us to collect workload measures from a distributed team of maritime personnel as they performed routine and emergency manoeuvres in a large maritime ship simulator. It has the clear advantage of detecting the onset and relative level of operator stress (a robust correlate of mental workload), and further, of capturing this information for multiple individuals within a distributed team operating environment.

CONCLUSION

In this paper we investigated a variety of methods to study cognitive workload in a simulated maritime operations environment. The simulated ship, Tug and VTS operating environments allowed us to have a high level of operational control, while conducting the study in a safe and repeatable manner. At the same time the simulation technology is maximally akin to real world settings and procedures, and therefore may provide some valuable insights that would not be obtainable in a classical laboratory setting. While high mental workload is generally implicit in critical task environments, particularly during emergency manoeuvres, it is worth noting here that some steps can be taken to alleviate workload in routine but critical

environments. Particularly, automation of routine tasks can leave the human operator with spare capacity for essential decision making; however there is a further risk here of automation-related errors compounding such emergency situations (Parasuraman & Riley, 1997).

We have studied standard workload questionnaires, analysis of communication patterns, and electrodermal activity as measures of operator workload. Our findings indicate that each of these methods have unique advantages and disadvantages and, depending on circumstances, may be more or less suitable to measure workload. The ISA and SWAT questionnaires were generally able to measure workload levels. These scales are commonly used, which is beneficial in that it facilitates easy comparison with previous work in the domain. There is also an established understanding in the research community regarding how they may or may not be used, and further, information regarding the tool's reliability and validity metrics is well known. There are, however, several shortcomings of questionnaire use, including problems with recall, rationalisation, and, as discussed earlier, interruption of workflow.

Communications are shown here to be a valuable tool that can be used to analyse team dynamics, and develop an understanding of how information flows between operator stations. In this research, we have demonstrated a clear pattern of communications surrounding an emergency event (engine failure), and have identified the Pilot and Tugs as the parties most active during the emergency. It should be noted here, however, that the collection of communications data were relatively effort-intensive, and that standard methods of analysis have yet to be developed. The methodology used in the present Simulation 2 required five researchers for data collection, and considerable time transcribing verbal dialog; the recording phase was especially tricky given the speed at which communications were carried out during the emergency manoeuvres. An analysis of the recorded audio could facilitate this process, but would have its own drawbacks, accordingly.

The measurement of Electro-Dermal Activity has shown considerable promise in studying workload, as a correlate of physiological stress, in real time. A major advantage when using EDA is that the operator's workflow does not have to be interrupted, and further, the operator's level of EDA response can be measured continuously.

This last point bears particularly on the usefulness of this measure to interpret the workload of a team as a whole. Because the relative increases and decreases in workload can be seen in real-time, a monitoring device, or personnel, can have instant feedback regarding the operating capacity within a given team. In this research, we saw clearly that team workload levels tended to fluctuate simultaneously for key team members when the emergency event occurred.

Although standard metrics such as the SWAT and ISA are able to distinguish high and low workload conditions, they may be unsuitable to real world environments because they break up the task flow, and could even introduce some risk into the operating environment. New methodology such as communications analysis and EDA measurement may bridge the gap, allowing for real time measurement of workload without disrupting the task flow. Ideally, a combination of the measures employed in this series of studies would be the best way to measure operator workload, and specifically team workload in a maritime operations setting. Given this context, we find considerable reason to further investigate the use of remote electrophysiology to assess operator workload in complex, real world team environments.

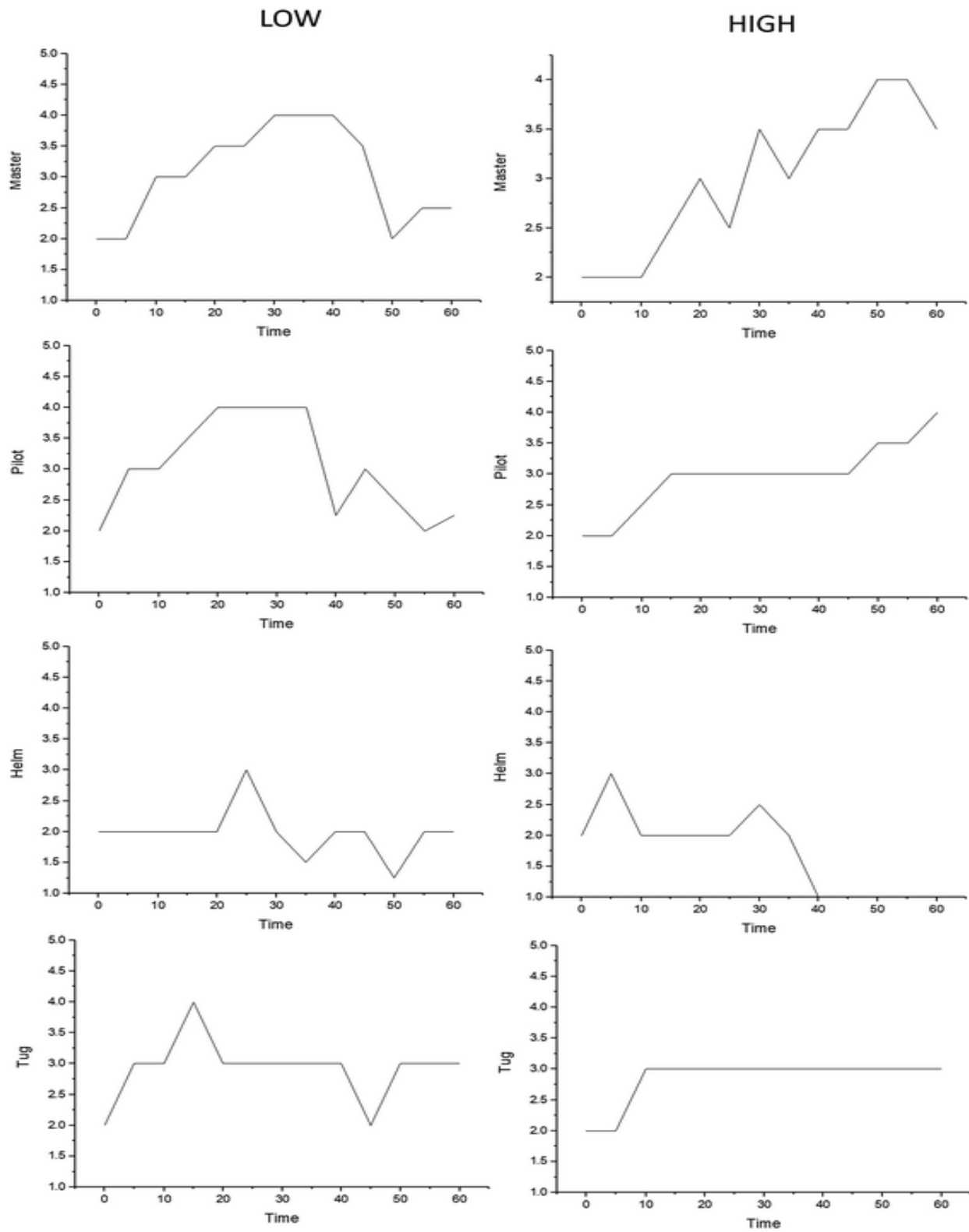
Regarding implications of this research for shipping and trade, there are a few interesting points to consider. Primarily, we have shown that there are multiple ways of assessing the impact of introducing new technologies to the ship's bridge. Given the proliferation of new technologies on the horizon, including automation and supplementary information systems, there may be some advantage in applying these methodologies to test the impact of a new device, prior to its commercial implementation. Further, we have demonstrated the ability to simultaneously monitor the workload of both bridge personnel, and remote personnel such as tug or VTS operators, without impacting operator performance, which is necessary if we wish to monitor workload in a critical task environment. This could provide an opportunity for testing the impact of such experimental technologies as remote pilotage (Hadley, 1999), or shared mental model systems (e.g. Owen et al., 2013) for improving efficiency and safety in port entry.

APPENDIX

FIGURE 1
AMC CUSTOM 'FULL MISSION' MARITIME SIMULATOR MAIN BRIDGE, IN
LAUNCESTON, AUSTRALIA



FIGURE 2
LOW VS. HIGH WORKLOAD FOR MASTER (1), PILOT (2), HELMSMAN (3), AND THE TUG
MASTER (4)



Isa ratings occur on the y-axis, and time in minutes on the x-axis

FIGURE 3

SWAT MEAN TEAM SCORES INTERACTION BETWEEN TIME (SWAT DURING OR AFTER SIMULATION RUN) AND LOW VS. HIGH WORKLOAD

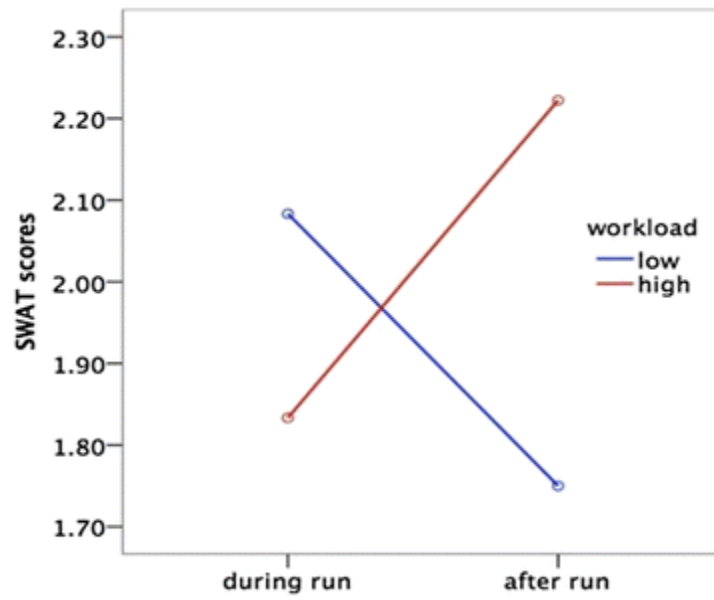
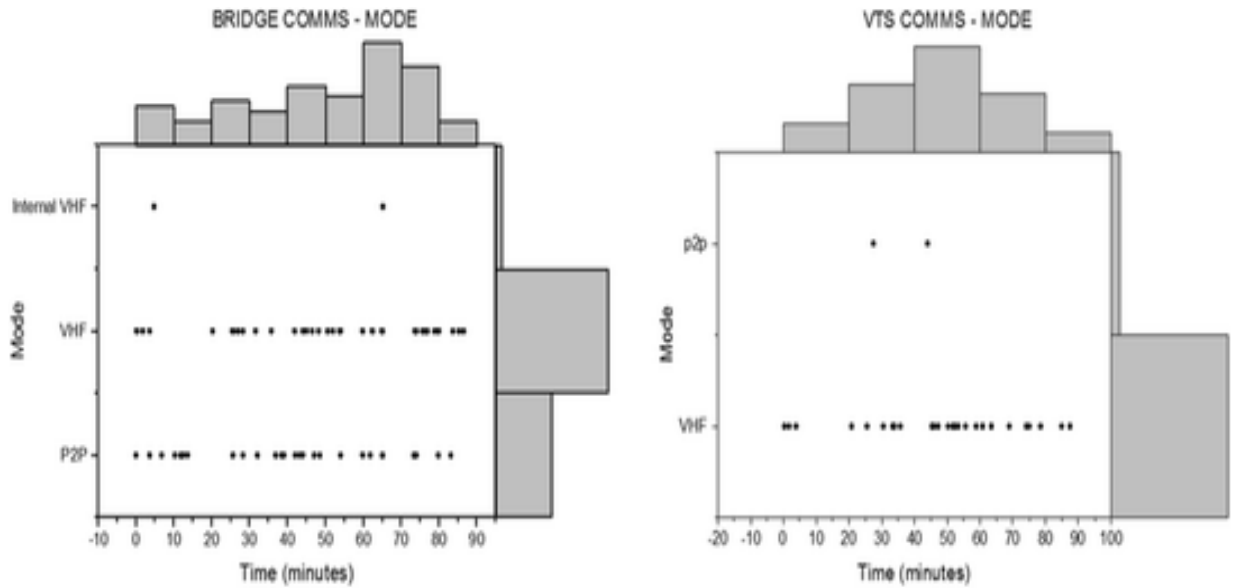


FIGURE 4
NAUTICAL MAP OF PORT OF MELBOURNE ENTRY

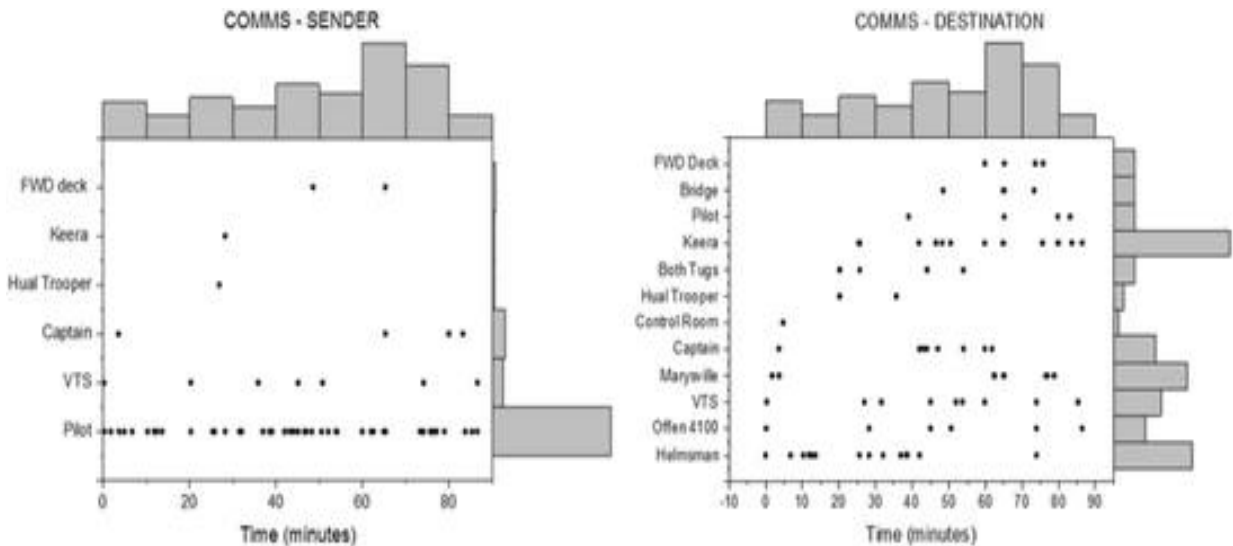


FIGURE 5
MODE OF COMMUNICATIONS AT BRIDGE AND VTS STATION



VHF stands for Very High Frequency, and P2P stands for Person to Person communication

FIGURE 6
FULL LIST OF COMMUNICATIONS WITHIN THE MARITIME OPERATIONS TEAM,
LISTED BY SENDER (LEFT) AND BY DESTINATION (RIGHT)



FWD Deck (forward deck) controls the ship's anchor. Communications that were not specifically for the Captain or Pilot were labeled 'Bridge'. If the pilot had an order for both tugs, this was labelled 'Both Tugs', as opposed to individual tug orders (Keera, Marysvale)

FIGURE 7
RAW (LEFT), MEDIAN FILTERED (CENTRE), AND DISCRETIZED (RIGHT) EDA SIGNALS
FOR ONE OF THE PARTICIPANTS

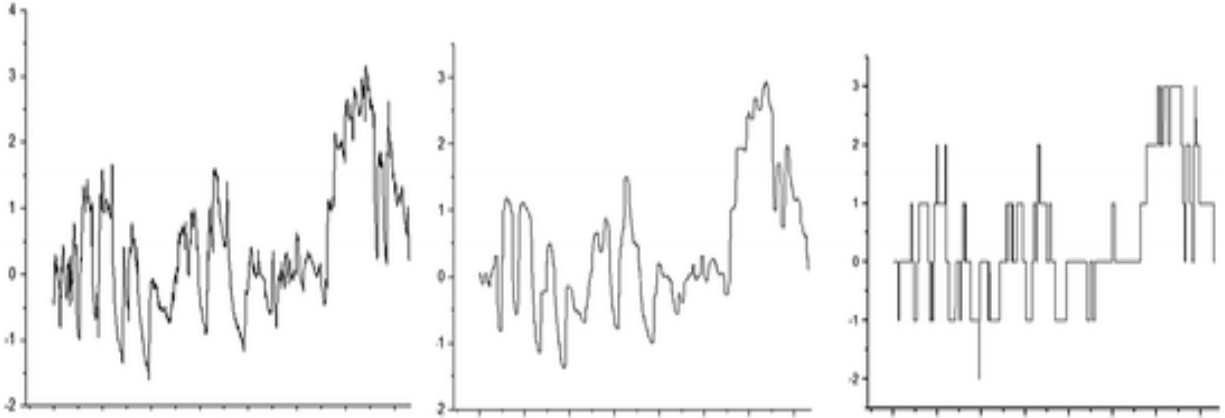
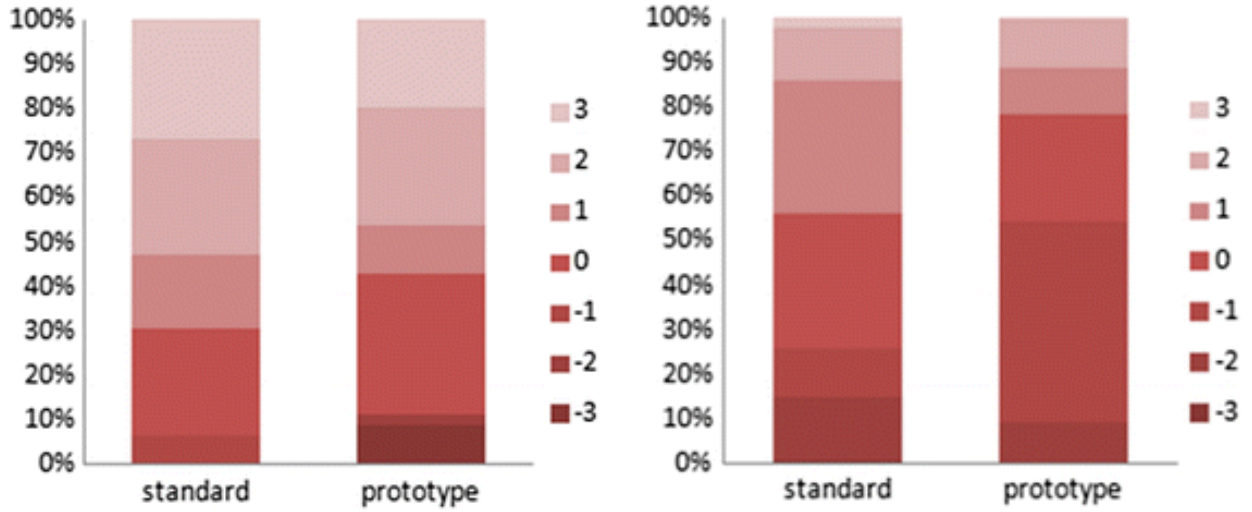
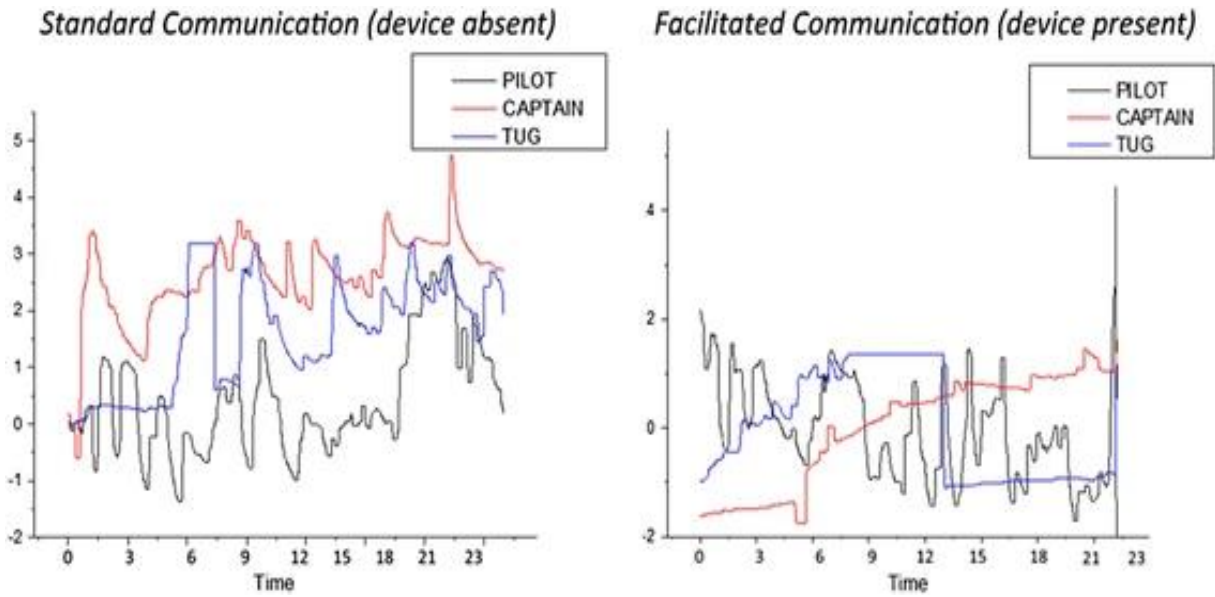


FIGURE 8
PERCENTAGES OF DISCRETISED EDA LEVELS FOR THE TEAM



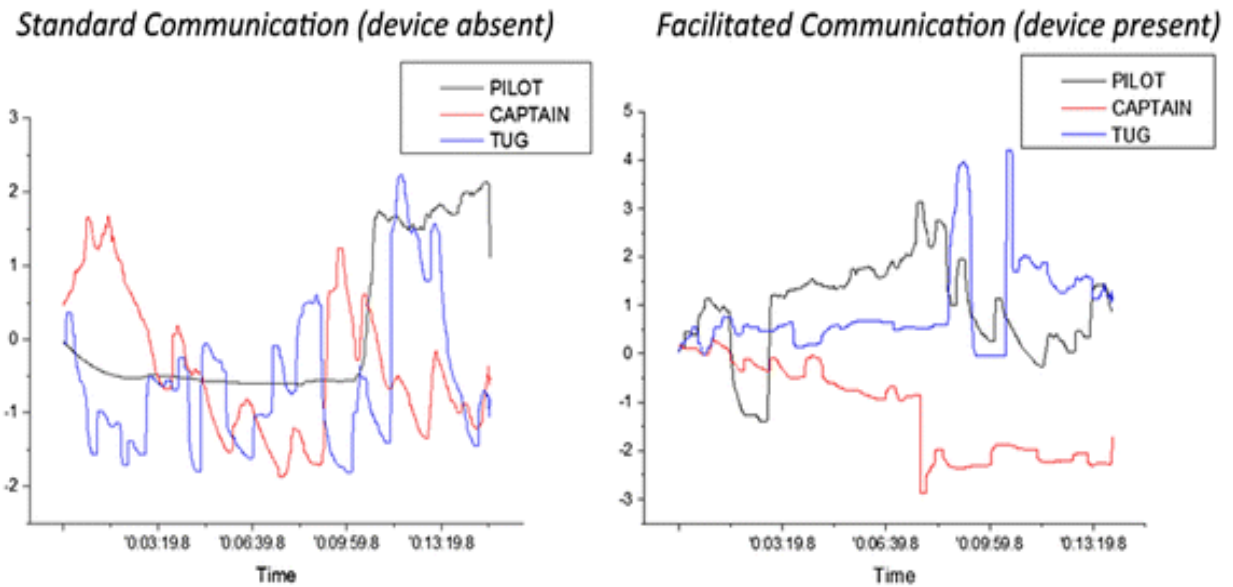
left: day 1; right day 2

FIGURE 9
SESSION 1: RUN1 (INBOUND TO TURNING BASIN - ENGINE FAIL) VS. RUN 2 (INBOUND TO TURNING BASIN - ENGINE FAIL - WITH PROTOTYPE)



* note, pilot EDA maxed out due to hot simulation room

FIGURE 10
SESSION 2: RUN 1 (LOSS OF COMMUNICATIONS - WITHOUT PROTOTYPE) VS. RUN 2 (LOSS OF COMMUNICATIONS - WITH PROTOTYPE)



Note EDA spikes for Tug at 6 and 9 min (right) indicate collisions with main vessel. Likewise the synchronous elevation of Tug and Pilot signals (left) indicate onset of communications failure

FIGURE 11
SIMULATION 1, DAY 2 ISA SCORES FOR HIGH VS. LOW WORKLOAD RUNS, ISA COLLECTED AT 3 MIN INTERVALS

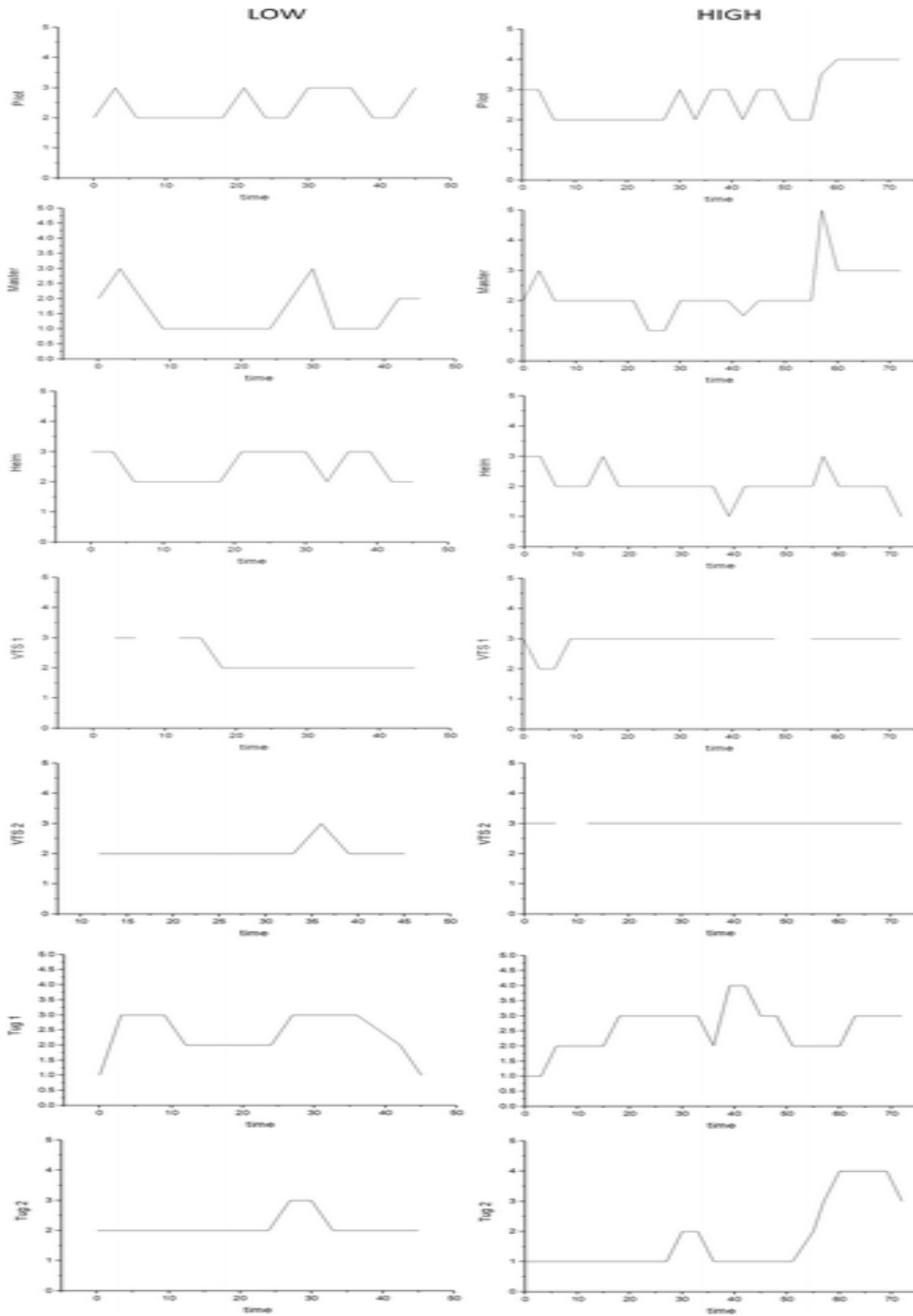


TABLE 1
SWAT RATINGS FOR ALL RUNS

Participant	Factor	During Run		After run	
		Low load	High load	Low load	High load
Master	Time load	2	2	2	3
	Mental effort	2	2	2	2
	Psychological stress	2	2	2	2
Pilot	Time load	3	2	2	3
	Mental effort	2	2	2	3
	Psychological stress	2	2	2	2
Helmsman	Time load	2	1	1	*
	Mental effort	2	2	2	*
	Psychological stress	1	1	1	*
Tug	Time load	3	1.5	2	2
	Mental effort	2	2	2	2
	Psychological stress	2	1	1	1

Measures were collected during each run at approximately 30 min in, and immediately after each run. * indicates missing scores

TABLE 2
STRENGTHS AND WEAKNESSES OF USING EDA TO MEASURE WORKLOAD IN MARITIME OPERATIONS

Strengths of EDA measures	Weaknesses of EDA measures
immediate response to stress events immediate ability to monitor performance no interruption of task (ecological validity) good ability to demonstrate correlation of activation between team members 'behavioural synchronicity', or synchrony	inconsistency of GSR signal susceptibility of GSR signal to heat, other disruptions

REFERENCES

- Baddeley A (1992) Working memory. *Science* 255(5044):556–559
- Bakker J, Pechenizkiy M, Sidorova N (2011) What's your current stress level? Detection of stress patterns from GSR sensor data. In: *Data mining workshops (ICDMW), 2011 IEEE 11th international conference on [internet]*. IEEE, pp 573–580 [cited 2015 Jun 30]
- Cain B (2007) *A review of the mental workload literature*. Defence Research And Development Toronto (Canada), Toronto
- De Zwart BC, Frings-Dresen MH, Van Dijk FJ (1996) Physical workload and the ageing worker: a review of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 68(1):1–12
- European organization for the safety of air navigation (1996). *Ergo (Version 2) for instantaneous self assessment of workload in a real0time ATC simulation environment*. [cited 2015 Sep 6]
- Funke GJ, Knott BA, Salas E, Pavlas D, Strang AJ (2012) Conceptualization and measurement of team workload: a critical need. *Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc*. 54(1):36–51
- Grabowski M, Sanborn SD (2001) Evaluation of embedded intelligent real-time systems*. *Decis Sci* 32(1):95–124
- Hadley M (1999) Issues in remote pilotage. *J Navig* 52(1):1–10
- Hart SG, Staveland LE (1988) Development of the NASA-TLX (task load index): results of empirical and theoretical research. In: *Human mental workload*. North Holland Press, Amsterdam [cited 2015 Jan 9]

- Hetherington C, Flin R, Mearns K (2006) Safety in shipping: the human element. *J Saf Res* 37(4):401–411
- Loft S, Sanderson P, Neal A, Mooij M (2007) Modeling and predicting mental workload in en route air traffic control: critical review and broader implications. *Hum Factors* 49(3):376–399
- Lützhöft M (2004) “The technology is great when it works”: maritime technology and human integration on the Ship's bridge. . (ph.D. thesis). Linköping University, Linköping Available at: <http://www.diva-portal.org>
- Lützhöft M, Grech MR, Porathe T (2011) Information environment, fatigue, and culture in the maritime domain. *Rev Hum Factors Ergo* 7(1):280–322
- Lützhöft M, Nyce J (2014) Integration work on the ship's bridge. *J Marit Res* 5(2):59–74
- Marshall SP (2002) The index of cognitive activity: measuring cognitive workload. In: *Human factors and power plants, 2002 proceedings of the 2002 IEEE 7th conference on*. IEEE, pp 7–5 [cited 2015 Sep 30]
- Owen C, Bearman C, Brooks B, Chapman J, Paton D, Hossain L (2013) Developing a research framework for complex multi-team coordination in emergency management. *Int J Emerg Manag* 9(1):1–7
- Parasuraman R, Riley V (1997) Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Hum Factors* 39(2):230–253
- Sheridan TB (1981) Understanding human error and aiding human diagnostic behaviour in nuclear power plants. In: *Human detection and diagnosis of system failures*. Springer, US, pp 19–35
- Staal MA (2004) Stress, cognition, and human performance: a literature review and conceptual framework. NaSA Tech Memo 212824:9
- Sweller J, Ayres P, Kalyuga S (2011) *Cognitive load theory*. Springer [cited 2013 Nov 15].
- Trick LM, Lochner M, Toxopeus R, Wilson D (2009) Manipulating drive characteristics to study the effects of mental load on older and younger drivers. In: *Proceedings of the fifth international driving symposium on human factors in driving assessment, training, and vehicle design, big sky, MT*, pp 363–369
- Tsang P, Vidulich M (2006) Mental workload and situation awareness. In: *Handbook of human factors and ergonomics, third edition*. Wiley, Hoboken, pp 243–268. doi:<https://doi.org/10.1002/0470048204.ch60>
- Wickens CD (2008) Multiple resources and mental workload. *Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc* 50(3):449–455

TRANSLATED VERSION: SPANISH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUCIDA: ESPAÑOL

A continuación se muestra una traducción aproximada de las ideas presentadas anteriormente. Esto se hizo para dar una comprensión general de las ideas presentadas en el documento. Por favor, disculpe cualquier error gramatical y no responsabilite a los autores originales de estos errores.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de comprender la carga de trabajo del operador es un requisito clave en numerosos sectores, entre ellos el transporte marítimo (l'tzh-ft et al., 2011), las operaciones de energía nuclear (Sheridan, 1981), el control del tráfico aéreo (Loft et al., 2007), la conducción (Trick et al., 2009) y muchos otros contextos que imponen una alta demanda en el sistema de atención humana. Si bien los elementos físicos de la carga de trabajo son generalmente bien entendidos (por ejemplo, De Zwart et al., 1996), el concepto de carga de trabajo cognitiva, o carga de trabajo mental, es menos evidente. Una definición clásica de carga de trabajo mental por Hart & Staveland (Hart & Staveland, 1988) es "la relación percibida entre la cantidad de capacidad o recursos de procesamiento mental y la cantidad requerida por la tarea". La atención humana es por naturaleza un recurso limitado, y décadas de investigación se han llevado a cabo en sus fortalezas y sus limitaciones. Tenemos una notable capacidad para dividir la atención a través de múltiples focos, tanto en el espacio físico, como conceptualmente. Sin embargo, en ciertas condiciones nuestra comprensión de una situación puede romperse, con el resultado de que los accidentes ocurren, causando daños a la propiedad, a la vida humana y al medio ambiente. En el contexto del transporte marítimo y el comercio, el desarrollo de una metodología clara para medir la carga de trabajo de los operadores marítimos tiene el beneficio potencial de mejorar la eficiencia y la seguridad, mediante una mejor comprensión del componente de error humano que es común en muchos accidentes marítimos. Además de comprender la carga de trabajo de individuos específicos durante eventos de emergencia, la investigación reportada aquí también investiga cómo los miembros de un equipo de operaciones marítimas, incluidos los operadores de remolcadores, el Servicio de Tráfico de Buques, los pilotos y el equipo de puente reaccionan juntos para hacer frente a eventos de emergencia. Nuestros resultados tienen implicaciones a la hora de considerar cómo probar el rendimiento humano con nuevos sistemas tecnológicos, tanto en el puente de la nave como en lugares remotos como un remolcador o una instalación de VTS.

La eficiencia y la seguridad han sido durante mucho tiempo los principales impulsores del cambio en la industria marítima. Debido a los grandes volúmenes y beneficios involucrados, y a la naturaleza crítica de los accidentes marítimos, las soluciones tecnológicas a los viejos problemas de navegación se han empleado en diversos grados durante el último medio siglo. Los sistemas tecnológicos como RADAR, SONAR, GPS, VTS, ECDIS, AIS y otros, han beneficiado a las operaciones marítimas de muchas maneras, pero no necesariamente han dado lugar a una menor carga de trabajo del operador. Más bien, en muchos casos el resultado ha sido justo lo contrario, donde los operadores en situaciones de carga de trabajo alta tienen una tendencia a ignorar los sistemas de apoyo a la toma de decisiones marítimas (Grabowski & Sanborn, 2001). Además, hay ejemplos de tecnología que contribuyen a los fracasos, por ejemplo RADAR (incidente Andrea Doria-Stockholm, 1956) y ECDIS (incidente de Ovit, 2013). Para dar una idea de la complejidad híbrida que puede existir en el puente de un barco, uno de los autores actuales (l'tzh-ft & Nyce, 2014) informa que un buque portacontenedores que fue fabricado en la década de 1960, y que se había convertido en un transatlántico de pasajeros en 1990 antes de ser inspeccionado por el autor en 2001, tenía una variedad de 15 marcas diferentes del fabricante en el equipo de puente y un buque de suministro offshore construido en 2005 tenía cerca de 30 marcas. El trabajo de integración necesario para operar de forma segura un sistema de este tipo es una clara presión sobre la capacidad física y mental del operador (L-tzh-ft, 2004). No es de extrañar entonces, que una gran proporción de los accidentes marítimos modernos se atribuya a un error humano, que a su vez ha estado directamente relacionado con la carga de trabajo mental (Hetherington et al., 2006). Tenga en cuenta, que esto a su vez no significa necesariamente un error evidente fue realizado por un humano.

Si bien existe cierto acuerdo general de que la carga de trabajo mental es la culpable de muchos accidentes marítimos, y por lo tanto debería ser objeto de investigación, no existe tal concordia sobre la mejor manera de poner en práctica el concepto de carga de trabajo mental. A tal fin se han empleado varias metodologías, cada una de las cuales tiene ventajas y desventajas (Tsang & Vidulich, 2006). Para la investigación actual primero proporcionamos una revisión de los principales métodos disponibles en la literatura, discutimos las técnicas más utilizadas, y proporcionamos una justificación para nuestro uso de una técnica electrofisiológica simple y eficaz conocida como Respuesta de la piel galvánica (GSR), o alternativamente como Actividad Electro-Dermica (EDA).

Presentamos tres estudios de caso en este documento. En cada caso, los participantes fueron experimentados profesionales marítimos formados por El Maestro de Buques / Capitán (responsable de la conducta segura del barco), Piloto (una adición local al equipo de puente, que en la práctica se hace cargo de las maniobras y conduce la comunicación), Tug Master (tugs son pequeñas embarcaciones poderosas que ayudan a maniobrar grandes buques en aguas restringidas, ya sea conectadas por cuerda / alambre o empujando), Helmsman (realiza la dirección, en órdenes de maestro / piloto pero no otras tareas), y el operador del Servicio de Tráfico de Buques (VTS) (VTS es un servicio de información basado en tierra, al igual que el control de tráfico aéreo, pero no da órdenes). En primer lugar, presentamos un análisis de la carga de trabajo del operador utilizando la ISA (Autoevaluación Instantánea) y la SWAT (Técnica de Evaluación de carga de trabajo subjetiva) que se emplean comúnmente en la literatura (Cain, 2007). Estas medidas se eligieron por su prevalencia en la literatura de carga de trabajo y porque son fáciles de administrar y analizar. En segundo lugar, un análisis de los patrones de comunicación durante las maniobras de emergencia se presenta como un medio adicional para comprender la carga de trabajo del operador en el entorno marítimo. Estos estudios ilustran algunos de los inconvenientes de utilizar la metodología estándar ISA/SWAT, y proporcionan información sobre los patrones de comunicación durante un evento de emergencia. Finalmente, llevamos a cabo una serie de operaciones marítimas mientras recopilamos medidas GSR/EDA para los principales jugadores del equipo: el Capitán/Maestro, el Piloto y el Maestro de Remo. El uso de la medición GSR/EDA nos permitió recoger medidas de carga de trabajo de un equipo distribuido de personal marítimo mientras realizaban maniobras rutinarias y de emergencia en un gran simulador de buques marítimos. Tiene la clara ventaja de detectar el inicio y el nivel relativo de estrés del operador (un robusto correlato de la carga de trabajo mental) y, además, de capturar esta información para varias personas dentro de un entorno operativo de equipo distribuido.

CONCLUSIÓN

En este artículo investigamos una variedad de métodos para estudiar la carga de trabajo cognitiva en un entorno de operaciones marítimas simuladas. Los entornos operativos simulados de buques, remolcadores y VTS nos permitieron tener un alto nivel de control operativo, mientras realizamos el estudio de forma segura y repetible. Al mismo tiempo, la tecnología de simulación es muy similar a los ajustes y procedimientos del mundo real, y por lo tanto puede proporcionar algunos conocimientos valiosos que no se podrían obtener en un entorno de laboratorio clásico. Si bien la alta carga de trabajo mental generalmente está implícita en entornos de tareas críticas, especialmente durante las maniobras de emergencia, no vale nada aquí que se puedan tomar algunas medidas para aliviar la carga de trabajo en entornos rutinarios pero críticos. En particular, la automatización de las tareas rutinarias puede dejar al operador humano con capacidad de sobra para la toma de decisiones esenciales; sin embargo, existe un riesgo adicional de errores relacionados con la automatización que agravan tales situaciones de emergencia (Parasuraman & Riley, 1997).

Hemos estudiado cuestionarios de carga de trabajo estándar, análisis de patrones de comunicación y actividad electro-dérmica como medidas de la carga de trabajo del operador. Nuestros hallazgos indican que cada uno de estos métodos tiene ventajas y desventajas únicas y, dependiendo de las circunstancias, puede ser más o menos adecuado para medir la carga de trabajo. En general, los cuestionarios de la ISA y SWAT pudieron medir los niveles de carga de trabajo. Estas escalas se utilizan comúnmente, lo que es beneficioso ya que facilita la comparación fácil con el trabajo anterior en el dominio. También hay una comprensión establecida en la comunidad de investigación con respecto a cómo pueden o no ser utilizados, y además, la información con respecto a las métricas de confiabilidad y validez de la herramienta es bien conocida. Sin embargo, existen varias deficiencias en el uso del cuestionario, incluidos los problemas de retirada, racionalización y, como se ha explicado anteriormente, la interrupción del flujo de trabajo.

Las comunicaciones se muestran aquí como una herramienta valiosa que se puede utilizar para analizar la dinámica del equipo y desarrollar una comprensión de cómo fluye la información entre las estaciones de operador. En esta investigación, hemos demostrado un patrón claro de comunicaciones en torno a un evento de emergencia (fallo del motor), y hemos identificado al piloto y remolcadores como las partes más activas

durante la emergencia. Cabe señalar aquí, sin embargo, que la recopilación de datos de comunicaciones era relativamente intensiva en esfuerzos, y que aún no se han desarrollado métodos estándar de análisis. La metodología utilizada en la presente Simulation 2 requería cinco investigadores para la recopilación de datos, y considerable tiempo de transcripción del diálogo verbal; la fase de grabación fue especialmente difícil dada la velocidad a la que se llevaron a cabo las comunicaciones durante las maniobras de emergencia. Un análisis del audio grabado podría facilitar este proceso, pero tendría sus propios inconvenientes, en consecuencia.

La medición de la actividad electro-dermica ha demostrado una promesa considerable en el estudio de la carga de trabajo, como un correlato del estrés fisiológico, en tiempo real. Una ventaja importante al usar EDA es que el flujo de trabajo del operador no tiene que ser interrumpido, y además, el nivel de respuesta EDA del operador se puede medir continuamente.

Este último punto se basa especialmente en la utilidad de esta medida para interpretar la carga de trabajo de un equipo en su conjunto. Debido a que los aumentos y disminuciones relativos de la carga de trabajo se pueden ver en tiempo real, un dispositivo de supervisión, o personal, puede tener comentarios instantáneos sobre la capacidad operativa dentro de un equipo determinado. En esta investigación, vimos claramente que los niveles de carga de trabajo del equipo tendían a fluctuar simultáneamente para los miembros clave del equipo cuando ocurrió el evento de emergencia.

Aunque las métricas estándar como la SWAT y la ISA son capaces de distinguir las condiciones de carga de trabajo alta y baja, pueden no ser adecuadas para entornos del mundo real porque dividen el flujo de tareas e incluso podrían introducir algún riesgo en el entorno operativo. La nueva metodología, como el análisis de comunicaciones y la medición de EDA, puede salvar la brecha, lo que permite medir en tiempo real la carga de trabajo sin interrumpir el flujo de tareas. Idealmente, una combinación de las medidas empleadas en esta serie de estudios sería la mejor manera de medir la carga de trabajo del operador, y específicamente la carga de trabajo del equipo en un entorno de operaciones marítimas. En este contexto, encontramos razones considerables para investigar más a fondo el uso de la electrofisiología remota para evaluar la carga de trabajo del operador en entornos de equipo complejos del mundo real.

En cuanto a las implicaciones de esta investigación para el transporte marítimo y el comercio, hay algunos puntos interesantes a considerar. Principalmente, hemos demostrado que hay múltiples maneras de evaluar el impacto de la introducción de nuevas tecnologías en el puente de la nave. Dada la proliferación de nuevas tecnologías en el horizonte, incluida la automatización y el sistema de información suplementario, puede haber alguna ventaja en la aplicación de estas metodologías para probar el impacto de un nuevo dispositivo, antes de su implementación comercial. Además, hemos demostrado la capacidad de supervisar simultáneamente la carga de trabajo tanto del personal de puente como del personal remoto, como los operadores de remolcador o VTS, sin afectar el rendimiento del operador, lo que es necesario si queremos supervisar la carga de trabajo en un entorno de tareas crítico. Esto podría proporcionar una oportunidad para probar el impacto de tecnologías experimentales como el pilotaje remoto (Hadley, 1999), o sistemas de modelos mentales compartidos (por ejemplo, Owen et al., 2013) para mejorar la eficiencia y la seguridad en la entrada al puerto

TRANSLATED VERSION: FRENCH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUITE: FRANÇAIS

Voici une traduction approximative des idées présentées ci-dessus. Cela a été fait pour donner une compréhension générale des idées présentées dans le document. Veuillez excuser toutes les erreurs grammaticales et ne pas tenir les auteurs originaux responsables de ces erreurs.

INTRODUCTION

La nécessité de comprendre la charge de travail des opérateurs est une exigence essentielle dans de nombreux secteurs, y compris le transport maritime (Lützhöft et al., 2011), les opérations nucléaires (Sheridan, 1981), le contrôle de la circulation aérienne (Loft et al., 2007), la conduite (Trick et al., 2009), et de nombreux autres contextes qui imposent une forte demande au système d'attention humaine. Bien que les éléments physiques de la charge de travail soient généralement bien compris (p. Ex. De Zwart et coll., 1996), le concept de charge de travail cognitive ou de charge de travail mentale est moins évident. Une définition classique de la charge de travail mentale par Hart & Staveland (Hart & Staveland, 1988) est « la relation perçue entre la quantité de capacité ou de ressources de traitement mental et le montant requis par la tâche ». L'attention humaine est par nature une ressource limitée, et des décennies de recherche ont été menées sur ses forces et ses limites. Nous avons une capacité remarquable de diviser l'attention à travers de multiples foyers, à la fois dans l'espace physique, et conceptuellement. Néanmoins, dans certaines conditions, notre compréhension d'une situation peut se briser, avec le résultat que les accidents se produisent, causant des dommages aux biens, la vie humaine, et à l'environnement. Dans le contexte du transport maritime et du commerce, l'élaboration d'une méthodologie claire pour mesurer la charge de travail des exploitants maritimes a l'avantage potentiel d'améliorer l'efficacité et la sécurité, en comprenant mieux la composante des erreurs humaines qui est courante dans de nombreux accidents maritimes. En plus de comprendre la charge de travail de certaines personnes lors d'événements d'urgence, la recherche publiée ici examine également la façon dont les membres d'une équipe des opérations maritimes, y compris les exploitants de remorqueurs, le Service de la circulation des navires, les pilotes et l'équipe du pont réagissent ensemble pour faire face aux événements d'urgence. Nos résultats ont des répercussions lorsqu'on examine la façon de tester la performance humaine avec de nouveaux systèmes technologiques, tant sur le pont du navire qu'à des endroits éloignés comme un remorqueur ou une installation de STM.

L'efficacité et la sécurité sont depuis longtemps les principaux moteurs du changement dans l'industrie maritime. En raison des volumes et des profits importants en jeu et de la nature critique des accidents maritimes, des solutions technologiques aux problèmes séculaires de navigation ont été utilisées à divers degrés au cours du dernier demi-siècle. Les systèmes technologiques, y compris RADAR, SONAR, GPS, VTS, ECDIS, AIS, et d'autres, ont bénéficié aux opérations maritimes de plusieurs façons, mais n'ont pas nécessairement entraîné une réduction de la charge de travail des opérateurs. Dans de nombreux cas, le résultat a plutôt été tout le contraire, lorsque les exploitants qui se trouvent dans des situations de forte charge de travail ont tendance à ignorer les systèmes d'aide à la décision maritime (Grabowski et Sanborn, 2001). En outre, il existe des exemples de technologie contribuant aux défaillances, par exemple RADAR (incident Andrea Doria-Stockholm, 1956) et ECDIS (incident d'Ovit, 2013). Pour donner une idée de la complexité hybride qui peut exister sur le pont d'un navire, l'un des auteurs actuels (Lützhöft et Nyce, 2014) rapporte qu'un porte-conteneurs fabriqué dans les années 1960 et qui avait été converti en paquebot en 1990 avant d'être inspecté par l'auteur en 2001, avait un assortiment de 15 marques de fabricants différentes sur l'équipement de pont et un navire de ravitaillement en mer construit en 2005 avait fermé à près de 30 marques. Le travail d'intégration nécessaire pour exploiter un tel système en toute sécurité exerce une pression claire sur la capacité physique et mentale de l'opérateur (Lützhöft, 2004). Il n'est donc pas surprenant qu'une grande proportion des accidents maritimes modernes soit attribuée à l'erreur humaine, qui à son tour a été directement liée à la charge de travail mentale (Hetherington et al., 2006). Notez, que cela ne signifie pas nécessairement une erreur manifeste a été effectuée par un humain.

Bien qu'il y ait un certain consensus sur le fait que la charge de travail mentale est responsable de nombreux accidents maritimes et qu'il devrait donc faire l'objet d'une enquête, il n'existe pas de concordance sur la meilleure façon d'opérationnaliser le concept de charge de travail mentale. Un certain nombre de méthodologies ont été utilisées à cette fin, chacune d'entre elles présente des avantages et des inconvénients (Tsang et Vidulich, 2006). Pour la recherche actuelle, nous fournissons d'abord un examen des principales méthodes disponibles dans la littérature, discuter des techniques les plus couramment utilisées, et de fournir une justification pour notre utilisation d'une technique électrophysiologique simple

et efficace connue sous le nom galvanic Skin Response (GSR), ou alternativement comme activité électro-cutanée (EDA).

Nous présentons trois études de cas dans ce document. Dans chaque cas, les participants étaient des professionnels maritimes expérimentés composés de capitaine/capitaine de navires (responsable de la conduite sécuritaire du navire), de pilote (un ajout local à l'équipe du pont, qui, dans la pratique, prend en charge les manœuvres et dirige la communication), tug Master (les remorqueurs sont de petits navires puissants qui aident à manœuvrer de gros navires dans des eaux restreintes, soit reliés par une corde/fil ou en poussant), Helmsman (effectue la direction, sur ordre de maître/pilote mais pas d'autres tâches), et l'exploitant du Service du trafic maritime (STM) (VTS est un service d'information à terre, tout comme le contrôle du trafic aérien, mais sans mandat pour donner des ordres). Tout d'abord, nous présentons une analyse de la charge de travail des opérateurs à l'aide de l'isa (Auto-évaluation instantanée) et du SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) qui sont couramment utilisés dans la littérature (Cain, 2007). Ces mesures ont été choisies pour leur prévalence dans la documentation sur la charge de travail et parce qu'elles sont simples à administrer et à analyser. Deuxièmement, une analyse des modes de communication pendant les manœuvres d'urgence est présentée comme un moyen supplémentaire de comprendre la charge de travail des opérateurs dans le milieu maritime. Ces études illustrent certains des inconvénients de l'utilisation de la méthodologie STANDARD ISA/SWAT, et fournissent un aperçu des modes de communication lors d'un événement d'urgence. Enfin, nous avons mené une série d'opérations maritimes tout en recueillant des mesures GSR/EDA pour les principaux joueurs de l'équipe : le capitaine/capitaine, le pilote et le maître remorqueur. L'utilisation de la mesure GSR/EDA nous a permis de recueillir des mesures de charge de travail auprès d'une équipe distribuée de personnel maritime alors qu'ils effectuaient des manœuvres de routine et d'urgence dans un grand simulateur de navires maritimes. Il a clairement l'avantage de détecter l'apparition et le niveau relatif de stress de l'opérateur (une corrélation robuste de la charge de travail mentale), et en outre, de capturer cette information pour plusieurs personnes dans un environnement d'exploitation d'équipe distribuée.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons étudié une variété de méthodes pour étudier la charge de travail cognitive dans un environnement d'opérations maritimes simulées. Les environnements d'exploitation simulés du navire, du remorqueur et du STM nous ont permis d'avoir un niveau élevé de contrôle opérationnel, tout en menant l'étude d'une manière sûre et répétable. Dans le même temps, la technologie de simulation s'apparente au maximum aux paramètres et procédures du monde réel, et peut donc fournir des informations précieuses qui ne seraient pas obtenues dans un cadre de laboratoire classique. Bien qu'une charge de travail mentale élevée soit généralement implicite dans les environnements de tâches critiques, en particulier pendant les manœuvres d'urgence, il ne vaut rien ici que certaines mesures puissent être prises pour alléger la charge de travail dans des environnements courants mais critiques. En particulier, l'automatisation des tâches courantes peut laisser à l'opérateur humain une capacité de recharge pour la prise de décision essentielle; toutefois, il existe ici un risque supplémentaire d'erreurs liées à l'automatisation qui aggravent de telles situations d'urgence (Parasuraman & Riley, 1997).

Nous avons étudié les questionnaires standard de la charge de travail, l'analyse des modèles de communication et l'activité électro-cutanée comme mesure de la charge de travail de l'opérateur. Nos résultats indiquent que chacune de ces méthodes présentent des avantages et des inconvénients uniques et, selon les circonstances, peuvent être plus ou moins appropriées pour mesurer la charge de travail. Les questionnaires de l'isa et du SWAT étaient généralement en mesure de mesurer les niveaux de charge de travail. Ces échelles sont couramment utilisées, ce qui est bénéfique en ce qu'il facilite la comparaison facile avec les travaux précédents dans le domaine. Il y a également une compréhension établie dans le milieu de la recherche sur la façon dont ils peuvent ou ne peuvent pas être utilisés, et en outre, l'information concernant la fiabilité et les mesures de validité de l'outil est bien connue. Il existe toutefois plusieurs lacunes dans l'utilisation du questionnaire, notamment des problèmes de rappel, de rationalisation et, comme nous l'avons vu précédemment, d'interruption du flux de travail.

Les communications sont présentées ici comme un outil précieux qui peut être utilisé pour analyser la dynamique de l'équipe et développer une compréhension de la façon dont l'information circule entre les stations d'opérateur. Dans le cadre de cette recherche, nous avons démontré un schéma clair de communications entourant un événement d'urgence (panne moteur) et nous avons identifié le pilote et les remorqueurs comme étant les parties les plus actives pendant l'urgence. Il convient toutefois de noter ici que la collecte de données sur les communications était relativement intensive en efforts et que des méthodes d'analyse normalisées n'ont pas encore été élaborées. La méthodologie utilisée dans la présente simulation 2 exigeait cinq chercheurs pour la collecte de données et le temps considérable de transcription du dialogue verbal; la phase d'enregistrement a été particulièrement délicate compte tenu de la vitesse à laquelle les communications ont été effectuées pendant les manœuvres d'urgence. Une analyse de l'audio enregistré pourrait faciliter ce processus, mais aurait ses propres inconvénients, en conséquence.

La mesure de l'activité électro-cutanée s'est avérée très prometteuse dans l'étude de la charge de travail, en corrélation du stress physiologique, en temps réel. Un avantage majeur lors de l'utilisation d'eda est que le flux de travail de l'opérateur n'a pas à être interrompu, et en outre, le niveau de l'opérateur de réponse EDA peut être mesurée en permanence.

Ce dernier point porte particulièrement sur l'utilité de cette mesure pour interpréter la charge de travail d'une équipe dans son ensemble. Étant donné que les augmentations et les diminutions relatives de la charge de travail peuvent être observées en temps réel, un dispositif de surveillance ou du personnel peut avoir une rétroaction instantanée concernant la capacité d'exploitation au sein d'une équipe donnée. Dans cette recherche, nous avons constaté clairement que les niveaux de charge de travail de l'équipe avaient tendance à fluctuer simultanément pour les membres clés de l'équipe lorsque l'événement d'urgence s'est produit.

Bien que les mesures standard telles que le SWAT et l'isa soient capables de distinguer les conditions de charge de travail élevées et faibles, elles peuvent ne pas être adaptées aux environnements du monde réel parce qu'elles brisent le flux de tâches et pourraient même introduire un certain risque dans l'environnement opérationnel. Une nouvelle méthodologie telle que l'analyse des communications et la mesure de l'aed peut combler l'écart, permettant une mesure en temps réel de la charge de travail sans perturber le flux de tâches. Idéalement, une combinaison des mesures employées dans cette série d'études serait la meilleure façon de mesurer la charge de travail des opérateurs, et plus particulièrement la charge de travail des équipes dans un contexte d'opérations maritimes. Dans ce contexte, nous trouvons des raisons considérables d'étudier plus avant l'utilisation de l'électrophysiologie à distance pour évaluer la charge de travail des opérateurs dans des environnements d'équipe complexes et réels.

En ce qui concerne les implications de cette recherche pour le transport maritime et le commerce, il ya quelques points intéressants à considérer. Nous avons surtout montré qu'il existe de multiples façons d'évaluer l'impact de l'introduction de nouvelles technologies sur le pont du navire. Compte tenu de la prolifération des nouvelles technologies à l'horizon, y compris l'automatisation et le système d'information supplémentaire, il peut y avoir un certain avantage dans l'application de ces méthodologies pour tester l'impact d'un nouveau dispositif, avant sa mise en œuvre commerciale. De plus, nous avons démontré la capacité de surveiller simultanément la charge de travail du personnel des ponts et du personnel éloigné, comme les remorqueurs ou les exploitants de STM, sans avoir d'incidence sur le rendement de l'exploitant, ce qui est nécessaire si nous voulons surveiller la charge de travail dans un environnement de tâche critique. Cela pourrait donner l'occasion de tester l'impact de technologies expérimentales telles que le pilotage à distance (Hadley, 1999) ou les systèmes de modèles mentaux partagés (p. Ex. Owen et coll., 2013) pour améliorer l'efficacité et la sécurité à l'entrée au port.

TRANSLATED VERSION: GERMAN

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

ÜBERSETZTE VERSION: DEUTSCH

Hier ist eine ungefähre Übersetzung der oben vorgestellten Ideen. Dies wurde getan, um ein allgemeines Verständnis der in dem Dokument vorgestellten Ideen zu vermitteln. Bitte entschuldigen Sie alle grammatikalischen Fehler und machen Sie die ursprünglichen Autoren nicht für diese Fehler verantwortlich.

EINLEITUNG

Die Notwendigkeit, die Arbeitsbelastung der Betreiber zu verstehen, ist eine zentrale Anforderung in zahlreichen Sektoren, darunter die Seeschifffahrt (Lützhöft et al., 2011), der Atombetrieb (Sheridan, 1981), die Flugsicherung (Loft et al., 2007), das Fahren (Trick et al., 2009) und viele andere Kontexte, die dem menschlichen Aufmerksamkeitssystem eine hohe Nachfrage stellen. Während die physischen Elemente der Arbeitsbelastung im Allgemeinen gut verstanden werden (z. B. De Zwart et al., 1996), ist das Konzept der kognitiven Arbeitsbelastung oder der psychischen Arbeitsbelastung weniger selbstverständlich. Eine klassische Definition der mentalen Arbeitsbelastung von Hart & Staveland (Hart & Staveland, 1988) ist "die wahrgenommene Beziehung zwischen der Menge der mentalen Verarbeitungsfähigkeit oder Ressourcen und dem Betrag, der für die Aufgabe erforderlich ist". Die menschliche Aufmerksamkeit ist von Natur aus eine begrenzte Ressource, und jahrzehntelange Forschung enden über ihre Stärken und Grenzen. Wir haben eine bemerkenswerte Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf mehrere Brennpunkte zu verteilen, sowohl im physischen Raum als auch konzeptionell. Dennoch kann unser Verständnis einer Situation unter bestimmten Bedingungen zusammenbrechen, was dazu führt, dass Unfälle passieren, die Sach- und Umweltschäden verursachen. Im Zusammenhang mit der Schifffahrt und dem Handel hat die Entwicklung einer klaren Methodik zur Messung der Arbeitsbelastung der Seefahrer den potenziellen Vorteil, die Effizienz und Sicherheit zu verbessern, indem die bei vielen Unfällen auf See übliche Menschliche Fehlerkomponente besser verstanden wird. Neben dem Verständnis der Arbeitsbelastung bestimmter Personen bei Notfallveranstaltungen untersucht die hier berichtete Untersuchung auch, wie Mitglieder eines maritimen Operationsteams, darunter Schlepper, Schiffsverkehr, Piloten und das Bridge-Team, gemeinsam reagieren, um mit Notfalleignissen umzugehen. Unsere Ergebnisse haben Auswirkungen, wenn man darüber nachdenkt, wie man die menschliche Leistung mit neuartigen technologischen Systemen sowohl auf der Schiffsbrücke als auch an abgelegenen Orten wie einem Schlepper oder einer VTS-Anlage testen kann.

Effizienz und Sicherheit sind seit langem die wichtigsten Triebkräfte des Wandels in der maritimen Industrie. Aufgrund der großen Mengen und Gewinne und der kritischen Natur von Schiffsunfällen wurden im letzten halben Jahrhundert in unterschiedlichem Maße technologische Lösungen für uralte Probleme der Schifffahrt eingesetzt. Technologische Systeme wie RADAR, SONAR, GPS, VTS, ECDIS, AIS und andere haben den maritimen Betrieb in vielerlei Hinsicht begünstigt, aber nicht notwendigerweise zu einer geringeren Arbeitsbelastung der Betreiber geführt. Vielmehr war das Ergebnis in vielen Fällen genau das Gegenteil, wo Betreiber in Situationen mit hoher Arbeitsbelastung dazu neigen, maritime Entscheidungsunterstützungssysteme zu ignorieren (Grabowski & Sanborn, 2001). Darüber hinaus gibt es Beispiele für Technologien, die zu Ausfällen beitragen, z. B. RADAR (Andrea Doria-Stockholm-Vorfall, 1956) und ECDIS (Ovit-Vorfall, 2013). Um eine Vorstellung von der hybriden Komplexität zu geben, die auf der Brücke eines Schiffes bestehen kann, Einer der heutigen Autoren (Lützhöft & Nyce, 2014) berichtet, dass ein Containerschiff, das in den 1960er Jahren hergestellt wurde und 1990 zu einem Passagierschiff umgebaut worden war, bevor es 2001 vom Autor kontrolliert wurde, ein Sortiment von 15 verschiedenen Herstellermarken auf der Brückenausrüstung hatte und ein 2005 gebautes Offshore-Versorgungsschiff fast 30 Marken hatte. Die Integrationsarbeit, die für den sicheren Betrieb eines solchen Systems erforderlich ist, ist eine deutliche Belastung für die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit des Bedieners (Lützhöft, 2004). Es ist daher nicht verwunderlich, dass ein großer Teil der modernen Schiffsunfälle auf menschliches Versagen zurückgeführt wird, das wiederum direkt mit der psychischen Arbeitsbelastung zusammenhängt

(Hetherington et al., 2006). Beachten Sie, dass dies wiederum nicht notwendigerweise bedeutet, dass ein eindeutiger Fehler von einem Menschen ausgeführt wurde.

Zwar herrscht allgemeine Einigkeit darüber, dass die psychische Arbeitsbelastung der Schuldigen an vielen Schiffsunfällen ist und daher Gegenstand von Ermittlungen sein sollte, aber es gibt keine solche Übereinstimmung darüber, wie das Konzept der psychischen Arbeitsbelastung am besten operationalisiert werden kann. Zu diesem Zweck wurden eine Reihe von Methoden angewandt, von denen jede Vor- und Nachteile hat (Tsang & Vidulich, 2006). Für die aktuelle Forschung bieten wir zunächst einen Überblick über die wichtigsten in der Literatur verfügbaren Methoden, diskutieren die am häufigsten verwendeten Techniken und liefern eine Begründung für unseren Einsatz einer einfachen und effektiven elektrophysiologischen Technik, die als Galvanic Skin Response (GSR) oder abwechselnd als Electro-Dermal Activity (EDA) bekannt ist.

Wir stellen in diesem Papier drei Fallstudien vor. In jedem Fall waren die Teilnehmer erfahrene maritime Profis bestehend aus Ships Master / Captain (verantwortlich für die sichere Führung des Schiffes), Pilot (eine lokale Ergänzung zum Brückenteam, der in der Praxis das Manövrieren übernimmt und die Kommunikation leitet), Tug Master (Schlepper sind kleine mächtige Schiffe, die beim Rangieren großer Schiffe in beengten Gewässern helfen, entweder durch Seil/Draht oder Schieben verbunden), Helmsman (führt die Lenkung, auf Befehl von Master/Pilot, aber keine anderen Aufgaben) und Vessel Traffic Service (VTS) Operator (VTS ist ein landgestützter Informationsdienst, ähnlich wie die Flugsicherung). Zunächst stellen wir eine Analyse der Mitarbeiter-Workload mit Hilfe der ISA (Instantaneous Self Assessment) und der SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) vor, die häufig in der Literatur verwendet werden (Cain, 2007). Diese Maßnahmen wurden aufgrund ihrer Prävalenz in der Arbeitsliteratur und aufgrund ihrer einfachen Verwaltung und Analyse ausgewählt. Zweitens wird eine Analyse der Kommunikationsmuster bei Notfallmanövern als zusätzliches Mittel zum Verständnis der Arbeitsbelastung der Betreiber innerhalb der maritimen Umwelt dargestellt. Diese Studien veranschaulichen einige der Nachteile der Verwendung der Standard-ISA/SWAT-Methodik und geben einige Einblicke in Kommunikationsmuster während eines Notfalleignisses. Schließlich führten wir eine Reihe von maritimen Operationen durch und sammelten GSR/EDA-Maßnahmen für die wichtigsten Teamplayer: den Kapitän/Meister, den Piloten und den Schleppermeister. Der Einsatz von GSR/EDA-Messungen ermöglichte es uns, Arbeitsmaßnahmen von einem verteilten Team von maritimem Personal zu sammeln, während sie Routine- und Notfallmanöver in einem großen Seeschiffssimulator durchführten. Es hat den klaren Vorteil, den Beginn und das relative Niveau der Bedienerspannung zu erkennen (ein robustes Korrelat der mentalen Arbeitsbelastung) und darüber hinaus diese Informationen für mehrere Personen in einer verteilten Teambetriebsumgebung zu erfassen.

SCHLUSSFOLGERUNG

In diesem Beitrag untersuchten wir eine Vielzahl von Methoden, um kognitive Arbeitsbelastung in einer simulierten maritimen Operationsumgebung zu untersuchen. Die simulierten Schiffs-, Schlepper- und VTS-Betriebsumgebungen ermöglichten es uns, ein hohes Maß an Betriebskontrolle zu haben, während wir die Studie auf sichere und wiederholbare Weise durchführten. Gleichzeitig ähnelt die Simulationstechnologie maximal realen Einstellungen und Verfahren und kann daher wertvolle Erkenntnisse liefern, die in einem klassischen Laborumfeld nicht zu erreichen wären. Während eine hohe psychische Arbeitsbelastung in kritischen Aufgabenumgebungen, insbesondere bei Notfallmanövern, im Allgemeinen implizit ist, lohnt es sich hier nicht, dass einige Schritte unternommen werden können, um die Arbeitslast in routinemäßigen, aber kritischen Umgebungen zu verringern. Insbesondere die Automatisierung von Routineaufgaben kann dem menschlichen Bediener freie Kapazitäten für wesentliche Entscheidungen lassen; Hier besteht jedoch ein weiteres Risiko von Automatisierungsfehlern, die solche Notsituationen verschlimmern (Parasuraman & Riley, 1997).

Wir haben Standard-Workload-Fragebögen, die Analyse von Kommunikationsmustern und die elektrodermale Aktivität als Messgrößen für die Arbeitsbelastung der Bediener untersucht. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass jede dieser Methoden einzigartige Vor- und Nachteile hat und je nach Situation

mehr oder weniger geeignet sein kann, die Arbeitsbelastung zu messen. Die ISA- und SWAT-Fragebögen waren im Allgemeinen in der Lage, die Arbeitsbelastung zu messen. Diese Skalen werden häufig verwendet, was insofern von Vorteil ist, als sie einen einfachen Vergleich mit früheren Arbeiten im Bereich ermöglichen. Es gibt auch ein etabliertes Verständnis in der Forschungsgemeinschaft darüber, wie sie verwendet werden dürfen oder nicht, und weiter, Informationen über die Zuverlässigkeit und Gültigkeit metriken des Tools ist bekannt. Es gibt jedoch mehrere Mängel bei der Verwendung von Fragebögen, einschließlich Problemen bei der Rückrufaktion, Rationalisierung und, wie bereits erwähnt, Unterbrechung des Arbeitsablaufs.

Kommunikation wird hier als wertvolles Werkzeug gezeigt, mit dem die Teamdynamik analysiert und ein Verständnis dafür entwickelt werden kann, wie Informationen zwischen Denerstationen fließen. In dieser Forschung haben wir ein klares Kommunikationsmuster im Zusammenhang mit einem Notfallereignis (Motorausfall) gezeigt und den Piloten und die Schlepper als die am aktivsten während des Notfalls aktivsten identifiziert. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Erhebung von Kommunikationsdaten relativ aufwandsintensiv war und dass Standardmethoden der Analyse noch entwickelt wurden. Die in dieser Simulation 2 verwendete Methodik erforderte fünf Forscher für die Datenerhebung und viel Zeit für die Transkribierung des verbalen Dialogs; Die Aufnahmephase war besonders schwierig angesichts der Geschwindigkeit, mit der die Kommunikation während der Notfallmanöver durchgeführt wurde. Eine Analyse des aufgenommenen Audios könnte diesen Prozess erleichtern, hätte aber entsprechend eigene Nachteile.

Die Messung der elektro-dermalen Aktivität hat sich bei der Untersuchung der Arbeitsbelastung als Korrelat physiologischer Belastung in Echtzeit als erhebliches Versprechen erwiesen. Ein großer Vorteil bei der Verwendung von EDA besteht darin, dass der Workflow des Bedieners nicht unterbrochen werden muss und darüber hinaus die EDA-Antwort des Bedieners kontinuierlich gemessen werden kann.

Dieser letzte Punkt hängt insbesondere von der Nützlichkeit dieser Maßnahme ab, um die Arbeitsbelastung eines Teams als Ganzes zu interpretieren. Da die relativen Erhöhungen und Abnahmen der Arbeitslast in Echtzeit sichtbar werden können, kann ein Überwachungsgerät oder Personal sofortiges Feedback zur Betriebskapazität innerhalb eines bestimmten Teams haben. Bei dieser Untersuchung haben wir deutlich gesehen, dass die Auslastung des Teams bei den wichtigsten Teammitgliedern gleichzeitig schwankte, als das Notfallereignis eintrat.

Obwohl Standardmetriken wie SWAT und ISA in der Lage sind, hohe und niedrige Arbeitslastbedingungen zu unterscheiden, können sie für reale Umgebungen ungeeignet sein, da sie den Aufgabenfluss aufteilen und sogar ein gewisses Risiko in die Betriebsumgebung mit sich bringen könnten. Neue Methoden wie Kommunikationsanalyse und EDA-Messung können die Lücke überbrücken und eine Echtzeitmessung der Arbeitsbelastung ermöglichen, ohne den Aufgabenfluss zu stören. Im Idealfall wäre eine Kombination der in dieser Studienreihe angewandten Maßnahmen der beste Weg, um die Arbeitsbelastung der Bediener zu messen, und insbesondere die Arbeitsbelastung im Team in einer maritimen Betriebsumgebung. Vor diesem Hintergrund finden wir erheblichen Grund, den Einsatz von Remote-Elektrophysiologie zur Bewertung der Arbeitsbelastung von Bedienern in komplexen, realen Teamumgebungen weiter zu untersuchen.

Was die Auswirkungen dieser Forschung auf die Schifffahrt und den Handel betrifft, so gibt es einige interessante Punkte zu berücksichtigen. In erster Linie haben wir gezeigt, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, die Auswirkungen der Einführung neuer Technologien auf die Schiffsbrücke zu bewerten. Angesichts der sich abzeichnenden Verbreitung neuer Technologien, einschließlich Automatisierung samt Automatisierungs- und Zusatzinformationssystem, könnte es einen gewissen Vorteil haben, diese Methoden anzuwenden, um die Auswirkungen eines neuen Geräts vor seiner kommerziellen Umsetzung zu testen. Darüber hinaus haben wir die Fähigkeit unter Beweis gestellt, die Arbeitsbelastung sowohl von Brückenpersonal als auch von Remote-Mitarbeitern wie Schleppern oder VTS-Betreibern gleichzeitig zu überwachen, ohne die Leistung des Bedieners zu beeinträchtigen, was erforderlich ist, wenn wir die Arbeitslast in einer kritischen Aufgabenumgebung überwachen möchten. Dies könnte eine Gelegenheit bieten, die Auswirkungen solcher experimentellen Technologien wie Remote-Lotsen (Hadley, 1999) oder

gemeinsame mentale Modellsysteme (z. B. Owen et al., 2013) zu testen, um die Effizienz und Sicherheit bei der Hafenzuführung zu verbessern.

TRANSLATED VERSION: PORTUGUESE

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSÃO TRADUZIDA: PORTUGUÊS

Aqui está uma tradução aproximada das ideias acima apresentadas. Isto foi feito para dar uma compreensão geral das ideias apresentadas no documento. Por favor, desculpe todos os erros gramaticais e não responsabilize os autores originais responsáveis por estes erros.

INTRODUÇÃO

A necessidade de entender a carga de trabalho dos operadores é um requisito fundamental em vários setores, incluindo transporte marítimo (Lützhöft et al., 2011), operações de energia nuclear (Sheridan, 1981), controle de tráfego aéreo (Loft et al., 2007), condução (Trick et al., 2009), e muitos outros contextos que impõem uma alta demanda ao sistema de atenção humana. Embora os elementos físicos da carga de trabalho sejam geralmente bem compreendidos (por exemplo, De Zwart et al., 1996), o conceito de carga de trabalho cognitiva, ou carga de trabalho mental, é menos evidente. Uma definição clássica de carga de trabalho mental por Hart & Staveland (Hart & Staveland, 1988) é "a relação percebida entre a quantidade de capacidade ou recursos de processamento mental e a quantidade exigida pela tarefa". A atenção humana é, por natureza, um recurso limitado, e décadas de pesquisa foram conduzidas em seus pontos fortes e suas limitações. Temos uma notável capacidade de dividir a atenção em vários focos, tanto no espaço físico, quanto conceitualmente. No entanto, sob certas condições, nossa compreensão de uma situação pode quebrar, com o resultado sendo que acidentes acontecem, causando danos à propriedade, à vida humana e ao meio ambiente. No contexto do transporte marítimo e do comércio, desenvolver uma metodologia clara para medir a carga de trabalho dos operadores marítimos tem o benefício potencial de melhorar a eficiência e a segurança, entendendo melhor o componente de erro humano que é comum em muitos acidentes marítimos. Além de entender a carga de trabalho de indivíduos específicos durante eventos de emergência, a pesquisa aqui relatada também investiga como membros de uma equipe de operações marítimas, incluindo operadores de rebocadores, Serviço de Tráfego de Embarcações, pilotos e a equipe da ponte reagem em conjunto para lidar com eventos de emergência. Nossos resultados têm implicações ao considerar como testar o desempenho humano com novos sistemas tecnológicos, tanto na ponte do navio quanto em locais remotos, como um rebocador, ou instalação de VTS.

Eficiência e segurança têm sido há muito importantes impulsionadores da mudança na indústria marítima. Devido aos grandes volumes e lucros envolvidos, e à natureza crítica dos acidentes marítimos, soluções tecnológicas para velhos problemas de navegação têm sido empregadas em vários graus durante o último meio século. Sistemas tecnológicos como RADAR, SONAR, GPS, VTS, ECDIS, AIS e outros, beneficiaram as operações marítimas de muitas maneiras, mas não necessariamente resultaram em menor carga de trabalho dos operadores. Em vez disso, em muitos casos, o resultado tem sido exatamente o oposto, onde operadores em situações de alta carga de trabalho têm a tendência de ignorar sistemas de apoio a decisões marítimas (Grabowski & Sanborn, 2001). Além disso, há exemplos de tecnologia contribuindo para falhas, como o RADAR (incidente Andrea Doria-Estocolmo, 1956) e o ECDIS (incidente Ovit, 2013). Para se ter uma ideia da complexidade híbrida que pode existir na ponte de um navio, um dos autores atuais (Lützhöft & Nyce, 2014) relata que um navio de contêineres fabricado na década de 1960, e que havia sido convertido em um transatlântico de passageiros em 1990 antes de ser inspecionado pelo autor em 2001, tinha uma variedade de 15 marcas diferentes do fabricante no equipamento da ponte e um navio de

abastecimento offshore construído em 2005 tinha cerca de 30 marcas. O trabalho de integração necessário para operar esse sistema com segurança é uma tensão clara na capacidade física e mental do operador (Lützhöft, 2004). Não é surpresa, então, que uma grande proporção de acidentes marítimos modernos seja atribuída ao erro humano, que por sua vez tem sido diretamente ligado à carga de trabalho mental (Hetherington et al., 2006). Note que isso, por sua vez, não significa necessariamente que um erro foi cometido por um humano.

Embora exista algum consenso geral de que a carga de trabalho mental é a culpada em muitos acidentes marítimos e, portanto, deve ser objeto de investigação, não há tal concordância sobre a melhor maneira de operacionalizar o conceito de carga de trabalho mental. Uma série de metodologias foram empregadas para esse fim, cada uma das quais tem vantagens e desvantagens (Tsang & Vidulich, 2006). Para a pesquisa atual, primeiro fornecemos uma revisão dos principais métodos disponíveis na literatura, discutimos as técnicas mais utilizadas e fornecemos uma lógica para o uso de uma técnica eletrofisiológica simples e eficaz conhecida como Resposta à Pele Galvanica (RSE), ou alternadamente como Atividade Eletro-Dérmica (EDA).

Apresentamos três estudos de caso neste artigo. Em cada caso, os participantes foram profissionais marítimos experientes, constituídos por Navios Mestre/Capitão (responsável pela conduta segura do navio), Piloto (adição local à equipe da ponte, que na prática assume as manobras e lidera a comunicação), o Tug Master (rebocadores são pequenos e poderosos navios que auxiliam na manobra de navios grandes em águas restritas, conectados por corda/fio ou empurrando), Helmsman (realiza a direção, sob ordens do mestre/piloto, mas sem outras tarefas), e o Operador do Serviço de Tráfego de Embarcações (VTS) Operador (VTS é um serviço de informação de base costeira, muito parecido com controle de tráfego aéreo, mas sem mandato para dar ordens). Em primeiro lugar, apresentamos uma análise da carga de trabalho do operador utilizando o ISA (Autoavaliação Instantânea) e a SWAT (Técnica subjetiva de avaliação da carga de trabalho) que são comumente empregadas na literatura (Cain, 2007). Essas medidas foram escolhidas por sua prevalência na literatura da carga horária e por serem simples de administrar e analisar. Em segundo lugar, uma análise dos padrões de comunicação durante manobras de emergência é apresentada como um meio adicional de compreensão da carga de trabalho do operador dentro do ambiente marítimo. Esses estudos ilustram algumas das desvantagens em usar a metodologia padrão ISA/SWAT, e fornecem algumas informações sobre padrões de comunicação durante um evento de emergência. Finalmente, realizamos uma série de operações marítimas enquanto coletamos medidas de GSR/EDA para os principais jogadores da equipe: o Capitão/Mestre, o Piloto e o Tug Master. O uso da medição do GSR/EDA permitiu coletar medidas de carga de trabalho de uma equipe distribuída de pessoal marítimo, pois realizavam manobras de rotina e emergência em um grande simulador de navios marítimos. Ele tem a clara vantagem de detectar o início e o nível relativo de estresse do operador (uma correlação robusta da carga de trabalho mental) e, além disso, de capturar essas informações para vários indivíduos dentro de um ambiente operacional distribuído.

CONCLUSÃO

Neste artigo, investigamos uma variedade de métodos para estudar a carga de trabalho cognitiva em um ambiente simulado de operações marítimas. Os ambientes operacionais de navio simulado, Tug e VTS nos permitiram ter um alto nível de controle operacional, enquanto conduzimos o estudo de forma segura e repetível. Ao mesmo tempo, a tecnologia de simulação é extremamente semelhante às configurações e procedimentos do mundo real, e, portanto, pode fornecer alguns insights valiosos que não seriam obtidos em um ambiente de laboratório clássico. Embora a alta carga de trabalho mental seja geralmente implícita em ambientes críticos de tarefas, particularmente durante manobras de emergência, não vale nada aqui que algumas medidas possam ser tomadas para aliviar a carga de trabalho em ambientes rotineiros, mas críticos. Particularmente, a automação de tarefas rotineiras pode deixar o operador humano com capacidade de reposição para a tomada de decisões essenciais; no entanto, há um risco adicional aqui de erros relacionados à automação que compoem tais situações de emergência (Parasuraman & Riley, 1997).

Estudamos questionários padrão de carga de trabalho, análise de padrões de comunicação e atividade eletro dérmica como medidas de carga de trabalho do operador. Nossos achados indicam que cada um desses métodos tem vantagens e desvantagens únicas e, dependendo das circunstâncias, pode ser mais ou menos adequado para medir a carga de trabalho. Os questionários ISA e SWAT foram geralmente capazes de medir os níveis de carga de trabalho. Essas escalas são comumente utilizadas, o que é benéfico na forma como facilita a comparação fácil com o trabalho anterior no domínio. Há também um entendimento estabelecido na comunidade de pesquisa sobre como eles podem ou não ser usados, e, além disso, são bem conhecidas as informações sobre as métricas de confiabilidade e validade da ferramenta. Há, no entanto, várias deficiências de uso de questionários, incluindo problemas com recall, racionalização e, como discutido anteriormente, interrupção do fluxo de trabalho.

As comunicações são mostradas aqui como uma ferramenta valiosa que pode ser usada para analisar a dinâmica da equipe e desenvolver uma compreensão de como as informações fluem entre as estações de operadores. Nesta pesquisa, demonstramos um padrão claro de comunicações em torno de um evento de emergência (falha do motor), e identificamos o Piloto e os Rebocadores como as partes mais ativas durante a emergência. Deve-se notar aqui, no entanto, que a coleta de dados de comunicações foi relativamente intensiva em esforço, e que os métodos padrão de análise ainda não foram desenvolvidos. A metodologia utilizada na presente Simulação 2 exigiu cinco pesquisadores para coleta de dados e tempo considerável de transcrição do diálogo verbal; a fase de gravação foi especialmente complicada dada a velocidade com que as comunicações foram realizadas durante as manobras de emergência. Uma análise do áudio gravado poderia facilitar esse processo, mas teria suas próprias desvantagens, em conformidade.

A medição da Atividade Eletro-Dérmica tem mostrado considerável promessa no estudo da carga de trabalho, como correlato do estresse fisiológico, em tempo real. Uma grande vantagem ao usar o EDA é que o fluxo de trabalho do operador não precisa ser interrompido, e além disso, o nível de resposta da do operador pode ser medido continuamente.

Este último ponto tem particularmente a utilidade desta medida para interpretar a carga de trabalho de uma equipe como um todo. Como os aumentos relativos e reduções na carga de trabalho podem ser vistos em tempo real, um dispositivo de monitoramento ou pessoal pode ter feedback instantâneo sobre a capacidade operacional dentro de uma determinada equipe. Nesta pesquisa, vimos claramente que os níveis de carga de trabalho da equipe tendem a flutuar simultaneamente para os principais membros da equipe quando o evento de emergência ocorreu.

Embora métricas padrão como a SWAT e a ISA sejam capazes de distinguir condições de alta e baixa carga de trabalho, elas podem ser inadequadas para ambientes do mundo real porque interrompem o fluxo de tarefas, e podem até introduzir algum risco no ambiente operacional. Uma nova metodologia, como análise de comunicações e medição do EDA, pode preencher a lacuna, permitindo a medição em tempo real da carga de trabalho sem interromper o fluxo de tarefas. Idealmente, uma combinação das medidas empregadas nesta série de estudos seria a melhor maneira de medir a carga de trabalho do operador e, especificamente, a carga de trabalho da equipe em um ambiente de operações marítimas. Diante desse contexto, encontramos razões consideráveis para investigar melhor o uso de eletrofisiologia remota para avaliar a carga de trabalho do operador em ambientes complexos e de equipe do mundo real.

Em relação às implicações desta pesquisa para o transporte e o comércio, há alguns pontos interessantes a serem considerados. Em primeiro parte, mostramos que existem várias maneiras de avaliar o impacto da introdução de novas tecnologias na ponte do navio. Dada a proliferação de novas tecnologias no horizonte, incluindo automação e sistema de informações suplementares, pode haver alguma vantagem na aplicação dessas metodologias para testar o impacto de um novo dispositivo, antes de sua implementação comercial. Além disso, demonstramos a capacidade de monitorar simultaneamente a carga de trabalho tanto do pessoal da ponte quanto de pessoal remoto, como operadores de rebocador ou VTS, sem afetar o desempenho do operador, o que é necessário se quisermos monitorar a carga de trabalho em um ambiente de tarefas crítica. Isso poderia fornecer uma oportunidade para testar o impacto de tecnologias experimentais como pilotagem remota (Hadley, 1999), ou sistemas de modelos mentais compartilhados (por exemplo, Owen et al., 2013) para melhorar a eficiência e a segurança na entrada do porto