Η χρησιμότητα της προσομοίωσης μηχανοστασίου σε σύγχρονα πλοία LNG και το παιδαγωγικό πλαίσιο αξιολόγησης εκπαιδευτικών με χρήση κατάλληλων κριτηρίων και ρουμπρίκας

Διακάκης Νικόλαος, Εκπαιδευτικός Π.Ε.82
Ζωγόπουλος Ευστάθιος, Δρ. Μηχανικός Ε.Μ.Π., Σύμβουλος Εκπαίδευσης Π.Ε.82

Περίληψη

Η αυξανόμενη πολυπλοκότητα στη λειτουργία των σύγχρονων πλοίων, ιδίως σε εγκαταστάσεις LNG/dual fuel, ενισχύει την ανάγκη για εκπαίδευση που συνδυάζει ασφαλή εξάσκηση διαδικασιών, διαχείριση συμβάντων και τεκμηριωμένη αξιολόγηση. Η προσομοίωση μηχανοστασίου υψηλής πιστότητας Engine-Room Simulator – ERS, προσφέρει ελεγχόμενο περιβάλλον για κανονικές και έκτακτες καταστάσεις,. Το θεσμικό πλαίσιο της διεθνούς σύμβασης STCW (Section A-I/12) ορίζει πρότυπα και απαιτήσεις για τη χρήση προσομοιωτών σε εκπαίδευση και αξιολόγηση, τονίζοντας την ανάγκη σαφών κριτηρίων, αξιοπιστίας και δυνατότητας παρακολούθησης/καταγραφής ασκήσεων. Παράλληλα, το IMO Model Course 2.07 υποστηρίζει πρακτική, σεναριο-κεντρική εκπαίδευση σε ERS ως μέσο επίδειξης επάρκειας. Η παρούσα εργασία προτείνει ένα πλαίσιο αξιολόγησης (assessment framework) ειδικά για εκπαιδευτικούς, που αξιοποιεί τεχνολογικά τεκμήρια (alarms/logs, χρόνους απόκρισης και αποκατάστασης, ακολουθίες ενεργειών) σε συνδυασμό με αναλυτική ρουμπρίκα τεσσάρων επιπέδων καθώς και τεχνολογικο-παιδαγωγική θεμελίωση μέσω του μοντέλου TPACK. Στόχος είναι η ενίσχυση της αντικειμενικότητας, της ομοιομορφίας και της παιδαγωγικής αξιοποίησης των δεδομένων της προσομοίωσης στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών για σύγχρονα πλοία.

Λέξεις-κλειδιά: Προσομοιωτής μηχανοστασίου, LNG, IAS/AMS, Learning Analytics, ρουμπρίκες, TPACK, STCW A-I/12, IMO Model Course 2.07

Diakakis Nikolaos, Zogopoulos Efstathios

Abstract

The increasing complexity of modern vessels, particularly in LNG/dual fuel installations, reinforces the need for training that combines safe procedural practice, incident management, and evidence-based assessment. High-fidelity Engine-Room Simulators (ERS) offer a controlled environment for normal and emergency situations. The institutional framework of the international STCW Convention (Section A-I/12) defines standards and requirements for the use of simulators in training and assessment, emphasizing the need for clear criteria, reliability, and the ability to monitor/record exercises. In parallel, the IMO Model Course 2.07 supports practical, scenario-based ERS training as a means of demonstrating competence. This paper proposes an assessment framework specifically for educators, which utilizes technological evidence (alarms/logs, response and recovery times, sequence of actions) in combination with a

four-level analytical rubric and a technological-pedagogical foundation through the TPACK model. The objective is to enhance the objectivity, uniformity, and pedagogical utilization of simulation data in the training of educators for modern vessels.

Key-words: Engine-Room Simulator, LNG, IAS/AMS, Learning Analytics, rubric, TPACK, STCW A-I/12, IMO Model Course 2.07

1. Εισαγωγικά Στοιχεία

Η τεχνολογική μετάβαση της ναυτιλίας, με έμφαση σε καύσιμα όπως το LNG και σε ολοένα πιο αυτοματοποιημένα συστήματα ελέγχου και προστασίας, αναδιαμορφώνει τις απαιτήσεις επάρκειας στο μηχανοστάσιο. Οι λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου, η διαχείριση συναγερμών, τα συστήματα διαμανταλώσεων (interlocks) ασφαλείας και η αντιμετώπιση κρίσιμων συμβάντων, συντελούνται μέσα από ψηφιακές διεπαφές (IAS/AMS) και προϋποθέτουν συνδυασμό τεχνικής γνώσης, επιχειρησιακής κρίσης και πειθαρχημένης διαδικαστικής συμμόρφωσης. Σε αυτό το πλαίσιο, η προσομοίωση μηχανοστασίου υψηλής πιστότητας ERS αποτελεί κρίσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο και μέσο, καθώς επιτρέπει την ασφαλή εξάσκηση και αξιολόγηση σε καταστάσεις που θα ήταν επικίνδυνες ή επιχειρησιακά δύσκολες στο πραγματικό πλοίο σε πραγματικές ρεαλιστικές συνθήκες.

Το κανονιστικό πλαίσιο της διεθνούς συμβάσεως STCW αναγνωρίζει ρητά τη σημασία της προσομοίωσης, θέτοντας πρότυπα για τη χρήση προσομοιωτών στην εκπαίδευση και αξιολόγηση. Η Section A-I/12 (Standards governing the use of simulators) δίνει έμφαση στην καταλληλότητα του προσομοιωτή έναντι των εκπαιδευτικών στόχων, στην ικανότητά του να αναπαριστά κρίσιμες συνθήκες λειτουργίας και στην ανάγκη ο εκπαιδευτής/αξιολογητής να μπορεί να ελέγχει, να παρακολουθεί και να καταγράφει ασκήσεις ώστε να εξασφαλίζεται αξιόπιστο debriefing (απολογιστική ενημέρωση), δηλαδή διαδικασία ανασκόπησης μετά από μια άσκηση ή ένα πραγματικό περιστατικό, και τεκμηριωμένη αξιολόγηση (IMO, 2010). Παράλληλα, το IMO Model Course 2.07 υποστηρίζει πρακτική, σεναριο-κεντρική εκπαίδευση σε ERS, προσφέροντας ένα διεθνώς αναγνωρίσιμο πλαίσιο οργάνωσης ασκήσεων και επίδειξης επάρκειας (IMO, 2017).

Παρότι το θεσμικό πλαίσιο είναι σαφές ως προς την ανάγκη κριτηρίων και τεκμηρίωσης, στην πράξη η αξιολόγηση σε περιβάλλον προσομοίωσης συχνά παραμένει εξαρτημένη από άτυπη παρατήρηση και μη τυποποιημένη κρίση. Η ύπαρξη IAS/AMS δηλαδή η ύπαρξη Ολοκληρωμένου Συστήματος Αυτοματισμού (Integrated Automation System) - μια κεντρική πλατφόρμα που ενοποιεί τον έλεγχο και την παρακολούθηση των κύριων λειτουργιών του πλοίου- του Συστήματος Συναγερμού και Παρακολούθησης (Alarm and Monitoring System) -αποτελεί τον «πυρήνα» της ασφάλειας ενός πλοίου- και η παραγωγή logs/alarms (αρχείων καταγραφής/συναγερμών), η οποία στα συστήματα IAS/AMS είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία που διασφαλίζει την ιχνηλασιμότητα και την ασφάλεια του πλοίου, σύμφωνα με τα πρότυπα του IMO και

της STCW 2010, δημιουργούν προϋποθέσεις για αξιολόγηση με τεκμήρια επίδοσης: χρόνοι απόκρισης σε συναγερμούς, χρόνοι αποκατάστασης, αλληλουχίες ενεργειών και επαναληπτικότητα συναγερμών (alarms) μπορούν να μετρηθούν, να συγκριθούν και να αξιοποιηθούν σε debriefing.

Η εστίαση του παρόντος άρθρου είναι οι εκπαιδευτικοί, ως ο κρίκος που μετατρέπει την τεχνολογία σε μαθησιακό αποτέλεσμα, και η αξιολόγησή τους με χρήση συγκεκριμένων κριτηρίων και ρουμπρίκας. Το πλαίσιο TPACK υποστηρίζει ότι η αποτελεσματική αξιοποίηση της τεχνολογίας δεν είναι απλή τεχνική δεξιότητα αλλά σύνθεση τεχνολογικής, παιδαγωγικής και γνωστικής γνώσης (Koehler & Mishra, 2009; Schmidt et al., 2009). Στον προσομοιωτή ERS, αυτό μεταφράζεται σε ικανότητα σχεδιασμού briefing–εκτέλεσης–debriefing με βάση τεχνολογικά τεκμήρια (logs/alarms), επιλογή κατάλληλων σεναρίων, και αξιολόγηση με διαφανή κριτήρια. Μελλοντικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό τις εκάστοτε κατάλληλες προϋποθέσεις το Extended TPACK (Contextual Extension) όπου εμπεριέχεται η ενσωμάτωση νέων παραμέτρων όπως η Contextual Knowledge (Γνώση Πλαισίου), η Κοινωνικο-Συναισθηματική Γνώση και ο Ηθικός Ψηφιακός Γραμματισμός, το SAMR, που εστιάζει συμπληρωματικά του TPACK στα επίπεδα χρήσης της τεχνολογίας, βοηθώντας τους εκπαιδευτικούς να αναβαθμίσουν τις δραστηριότητές τους, ή το TRAPCK, ένα νεότερο πλαίσιο που εστιάζει ειδικά στις δεξιότητες που απαιτούνται για την ενσωμάτωση αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως το Internet of Things (IoT) και η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), στη μαθησιακή διαδικασία.

Σκοπός της εργασίας είναι να προτείνει ένα πλαίσιο αξιολόγησης εκπαιδευτικών που επιμορφώνονται στην προσομοίωση μηχανοστασίου σε σύγχρονα πλοία LNG, το οποίο συνδυάζει τεχνολογικά τεκμήρια όπως IAS/AMS logs και αναλυτική ρουμπρίκα (rubric) τεσσάρων επιπέδων με σκοπό την τεχνική και τεχνολογικο-παιδαγωγική επάρκεια.

Στο επίπεδο της διδασκαλίας, η χρησιμότητα της προσομοίωσης δεν περιορίζεται στην «εξάσκηση», αλλά αφορά κυρίως την ορατότητα της επίδοσης. Σε ένα σύγχρονο περιβάλλον IAS/AMS, ο εκπαιδευτής μπορεί να ζητήσει από τους επιμορφούμενους να τεκμηριώσουν τις αποφάσεις τους με δεδομένα (alarm list, trend, state changes), να συγκρίνουν εναλλακτικές ενέργειες και να αναστοχαστούν πάνω σε σφάλματα ακολουθίας ή καθυστερήσεις απόκρισης. Αυτό μετατρέπει το debriefing από γενική συζήτηση σε διαδικασία βασισμένη σε αποδείξεις, με κοινή γλώσσα και κοινά κριτήρια.

2. Γενικό πλαίσιο. Η χρησιμότητα και η Παιδαγωγική Αξιοποίηση των Προσομοιωτών στη Ναυτική Εκπαίδευση

Η ναυτική εκπαίδευση βρίσκεται σε διαρκή εξέλιξη, ενσωματώνοντας τεχνολογίες που αναβαθμίζουν τη μαθησιακή διαδικασία και ευθυγραμμίζονται με τα διεθνή πρότυπα. Οι προσομοιωτές, ως εργαλεία υψηλής πιστότητας, συνιστούν βασικό στοιχείο της σύγχρονης εκπαίδευσης, καθώς γεφυρώνουν τη θεωρία με την πράξη και καλλιεργούν

δεξιότητες λήψης αποφάσεων, συνεργασίας και διαχείρισης κρίσεων. Η ναυτιλία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της ελληνικής οικονομίας και ένα πεδίο που χαρακτηρίζεται από έντονη τεχνολογική και οργανωσιακή εξέλιξη. Η συστηματική προετοιμασία του ανθρώπινου δυναμικού προϋποθέτει εκπαιδευτικές μεθόδους που συνδυάζουν θεωρητική κατανόηση και πρακτική επάρκεια. Στο πλαίσιο αυτό, είναι αναγκαία η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών οι οποίοι διδάσκουν τεχνολογικά μαθήματα σχετικά με τον τομέα ναυτιλιακών επαγγελμάτων. Η ενσωμάτωση προσομοιωτών έχει αναδειχθεί ως κρίσιμος μοχλός αναβάθμισης της διδασκαλίας. Οι προσομοιωτές μηχανοστασίου Engine Room Simulators – ERS, παρέχουν ρεαλιστικά περιβάλλοντα όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αλληλεπιδρούν με συστήματα πρόωσης, δίκτυα ψύξης, λίπανσης και καυσίμου, ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη και συστήματα αυτοματισμού, προσομοιώνοντας καταστάσεις κανονικής λειτουργίας και διαχείρισης βλαβών.

Η διεθνής πρακτική έχει κατοχυρώσει τον ρόλο της προσομοίωσης στη ναυτική εκπαίδευση μέσω κανονιστικών κειμένων όπως ο Κώδικας STCW και τα Model Courses του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO). Η εναρμόνιση με τα πρότυπα αυτά απαιτεί όχι μόνο τεχνολογική υποδομή, αλλά κυρίως έναν παιδαγωγικό ανασχεδιασμό που να ενσωματώνει σαφείς μαθησιακούς στόχους, προοδευτική κλιμάκωση σεναρίων και συστηματική ανατροφοδότηση. Παράλληλα, η ενσωμάτωση προσομοιωτών εγείρει ζητήματα κόστους, επιμόρφωσης εκπαιδευτικών και διασφάλισης ποιότητας των μαθησιακών αποτελεσμάτων, τα οποία οφείλουν να αντιμετωπίζονται με στρατηγικό σχεδιασμό και με βάση το αναλυτικό πρόγραμμα, ή, αντίστοιχα, τον οδηγό κατάρτισης.

Η παιδαγωγική αξία της προσομοίωσης εδράζεται σε τρεις συμπληρωματικές θεωρητικές παραδόσεις: τη μάθηση μέσω πράξης (Dewey, 1938), τον κύκλο της εμπειρικής μάθησης (Kolb, 1984) και την κοινωνικοπολιτισμική θεώρηση της μάθησης (Vygotsky, 1978). Ο Dewey υποστήριξε ότι η γνώση οικοδομείται σε αυθεντικά περιβάλλοντα δράσης, όπου ο μαθητής εμπλέκεται ενεργά σε δραστηριότητες με νόημα. Ο Kolb περιέγραψε έναν κυκλικό μηχανισμό που ξεκινά από τη συγκεκριμένη εμπειρία και οδηγεί, μέσω του αναστοχασμού και της εννοιολόγησης, στον ενεργό πειραματισμό. Οι προσομοιωτές υλοποιούν αυτόν τον κύκλο, επιτρέποντας στους μαθητές να δοκιμάσουν, να στοχαστούν, να συνδέσουν τη δράση με θεωρητικά σχήματα και να επανεπιδιώξουν βελτιωμένες στρατηγικές. Τέλος, η θεωρία του Vygotsky αναδεικνύει τη σημασία της αλληλεπίδρασης, της γλώσσας και της «ζώνης επικείμενης ανάπτυξης», όπου ο ρόλος του εκπαιδευτικού και της ομάδας λειτουργεί ως «σκαλωσιά» για την κατάκτηση δυσκολότερων γνωστικών επιπέδων.

Το θεωρητικό υπόβαθρο της προσομοίωσης εμπλουτίζεται με την έννοια της κοινωνικής πιστότητας (social fidelity), η οποία αναφέρεται στον βαθμό που η προσομοίωση αναπαριστά όχι μόνο τεχνικές διεργασίες, αλλά και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, ρόλους και επικοινωνιακές πρακτικές. Η κοινωνική πιστότητα ενισχύει την αίσθηση παρουσίας, τη συνεργατική εμπλοκή και, εντέλει, τη μεταφορά της μάθησης σε πραγματικά περιβάλλοντα εργασίας. Πρόσφατες μελέτες σε περιβάλλοντα Συνεργατικής Εικονικής Πραγματικότητας (Cooperative VR) επιβεβαιώνουν ότι η κοινωνική πιστότητα

λειτουργεί ως ρυθμιστής της μαθησιακής εμπλοκής και της απόδοσης (Bjørn et al., 2024).

Παράλληλα, ερευνητικά ευρήματα αναδεικνύουν ότι η πρόθεση αποδοχής και χρήσης των προσομοιωτών εξαρτάται από τη σαφήνεια των μαθησιακών στόχων, τη δομή των σεναρίων και την επάρκεια παιδαγωγικής καθοδήγησης (Bačnar et al., 2025). Στο επίπεδο του αναλυτικού προγράμματος, η συστηματική χαρτογράφηση εννοιών και δεξιοτήτων μέσω «χαρτών αναλυτικών προγραμμάτων» διευκολύνει την ένταξη της προσομοίωσης και περιορίζει τον κίνδυνο αποσπασματικής εφαρμογής (Karahalil, 2024). Επιπροσθέτως, οι τεχνολογίες VR/AR διευρύνουν το φάσμα της προσομοίωσης, προσφέροντας υψηλότερη πιστότητα περιβάλλοντος και αλληλεπίδρασης, με θετικές ενδείξεις ως προς την εμπλοκή και την απόδοση των εκπαιδευόμενων (Wiig et al., 2023).

2.1 Μεθοδολογικές Προσεγγίσεις και Διεθνείς Πρακτικές

Η μεθοδολογία ένταξης προσομοιωτών στη ναυτική εκπαίδευση ακολουθεί τρεις συμπληρωματικές γραμμές: (α) κανονιστική συμμόρφωση, (β) διδακτικό σχεδιασμό βασισμένο σε στόχους και (γ) αξιολόγηση μάθησης. Πιο συγκεκριμένα:

Κανονιστική συμμόρφωση: Το πλαίσιο του IMO ορίζει τις αρχές και τις ελάχιστες απαιτήσεις χρήσης προσομοιωτών για εκπαίδευση και πιστοποίηση. Ο Κώδικας STCW και τα Model Courses —όπως το Model Course 2.07 για προσομοιωτές μηχανοστασίου— προσδιορίζουν ρόλους, μαθησιακά αποτελέσματα, σενάρια και κριτήρια αξιολόγησης. Η συμβατότητα με τα πρότυπα αυτά διασφαλίζει τη μεταφερσιμότητα (transferability) των δεξιοτήτων και την αναγνώριση της εκπαίδευσης σε διεθνές επίπεδο.

Διδακτικός σχεδιασμός: Σε περιβάλλον προσομοιωτή τύπου VLGC-WinGD 6X72DF, που χρησιμοποιείται σε πλοία τύπου VLGC και LNG carriers και αποτελεί κρίσιμο εργαλείο εκπαίδευσης για τη διαχείριση συστημάτων διπλού καυσίμου (dual-fuel) χαμηλής πίεσης, η αλληλουχία διδασκαλίας μπορεί να ξεκινά από βασικές λειτουργίες (εκκινήσεις συστημάτων, έλεγχος ροών), να εξελίσσεται σε σύνθετες διαδικασίες (ρύθμιση φορτίου, παράλληλη λειτουργία βοηθητικών μηχανών) και να κορυφώνεται σε σενάρια βλαβών (διαρροές, υπερθέρμανση, διακοπές ισχύος). Η ομαδική ανάληψη ρόλων και το δομημένο debriefing μετά από κάθε άσκηση, αποτελούν κρίσιμες φάσεις μετασχηματισμού της εμπειρίας σε γνώση αλλά ωθούν και προς τον συστηματικό σχεδιασμό σεναρίων (Wiig et al., 2024).

Αξιολόγηση μάθησης: Συνδυάζονται διαμορφωτικές και τελικές προσεγγίσεις. Δείκτες όπως επιχειρησιακή ετοιμότητα, τήρηση διαδικασιών, ποιότητα λήψης αποφάσεων και επικοινωνία ομάδας, τεκμηριώνονται με ρουμπρίκες και παρατηρήσεις. Η βιβλιογραφία δείχνει ότι η αξιολόγηση αποτελεί πεδίο συνεχούς βελτίωσης, με κατευθύνσεις για στοχοθετημένες πρακτικές και ευθυγράμμιση με μαθησιακά αποτελέσματα. Νεότερη

προσέγγιση πολυκριτηριακής αξιολόγησης προσομοιωτών παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα (Tusher, 2024):

Πίνακας 1.
Χάρτης Ευθυγράμμισης STCW – Σενάρια Προσομοιωτή – Δείκτες Αξιολόγησης

Λειτουργία/Ικανότητα STCW	Σενάριο Προσομοιωτή (ενδεικτικό)	Δείκτες Αξιολόγησης (ρουμπρίκα)
A-III/1: Λειτουργία κύριας & βοηθητικής μηχανής	Εκκίνηση κύριας μηχανής, έλεγχος ψύξης/λίπανσης, σταθεροποίηση φορτίου	Τήρηση διαδικασιών, έλεγχος παραμέτρων, ασφάλεια/LOTO (Lockout-Tagout -Κλείδωμα και Σήμανση), τήρηση ορίων
A-III/2: Διαχείριση μηχανοστασίου και προσωπικού	Αντιμετώπιση black-out, επαναφορά ισχύος, κατανομή ρόλων	Ηγεσία/συντονισμός, επικοινωνία, διαχείριση χρόνου, συμμόρφωση με τις Τυποποιημένες Διαδικασίες Λειτουργίας (SOP compliance)
A-III/1: Συντήρηση & παρακολούθηση συστημάτων	Εντοπισμός και απομόνωση διαρροής καυσίμου/λιπαντικού	Διάγνωση, εφαρμογή λιστών ελέγχου checklists, περιβαλλοντική συμμόρφωση
A-VI/1: Αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών (γεν.)	Πυρκαγιά στο μηχανοστάσιο: ανίχνευση, συναγερμός, αρχική απόκριση	Ασφάλεια/εξοπλισμός, επικοινωνία, συντονισμός με γέφυρα, αναφορά μετά από κάθε ενέργεια

3. Εστιασμένο θεσμικό και θεωρητικό πλαίσιο

3.1 STCW: Πρότυπα για τη χρήση προσομοιωτών (Section A-I/12)

Η Σύμβαση STCW και ο Κώδικας STCW καθιερώνουν πρότυπα για τη χρήση προσομοιωτών στην εκπαίδευση και αξιολόγηση. Η Section A-I/12 ορίζει ότι ο προσομοιωτής πρέπει να είναι κατάλληλος για τους επιδιωκόμενους στόχους, να επιτρέπει αναπαράσταση κανονικών και κρίσιμων καταστάσεων και να υποστηρίζει έλεγχο/παρακολούθηση/καταγραφή ασκήσεων, ώστε να τεκμηριώνεται η αξιολόγηση και να υποστηρίζεται αποτελεσματικό debriefing (IMO, 2010).

Η έμφαση στις διαδικασίες αξιολόγησης συνεπάγεται ανάγκη σαφών κριτηρίων απόδοσης, ομοιομορφίας και αξιοπιστίας, καθώς και τεκμηρίωσης που επιτρέπει ανατροφοδότηση και αναστοχασμό. Η αξιοποίηση δεδομένων από IAS/AMS (alarms, events, time-stamps) ως αντικειμενικά τεκμήρια επίδοσης ευθυγραμμίζεται με το πνεύμα των απαιτήσεων αυτών.

3.2 IMO Model Course 2.07: Engine-Room Simulator ως πλαίσιο άσκησης/επίδειξης επάρκειας

Το IMO Model Course 2.07 περιγράφει πρακτική, σεναριο-κεντρική εκπαίδευση, βασισμένη σε ασκήσεις γύρω από λειτουργίες εγκατάστασης μηχανών που υλοποιούνται σε ERS (IMO, 2017). Στην παρούσα εργασία, το Model Course αξιοποιείται ως διεθνής λογική σχεδίασης ασκήσεων (briefing–εκτέλεση–debriefing), ενώ η αξιολόγηση ενισχύεται με τεχνολογικά τεκμήρια (logs).

3.3 Simulation-Based Training (SBT) και τεκμηριωμένη αξιολόγηση με δεδομένα (logs)

3.4 TPACK και επάρκεια εκπαιδευτικών σε περιβάλλοντα υψηλής τεχνολογίας (TPACK-in-ERS)

Το πλαίσιο TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) περιγράφει ότι η αποτελεσματική αξιοποίηση της τεχνολογίας προκύπτει από τη σύνθεση τεχνολογικής γνώσης, παιδαγωγικής γνώσης και γνώσης περιεχομένου, καθώς και τις τομές τους (Koehler & Mishra, 2009). Στον προσομοιωτή ERS, το τεχνολογικό σκέλος αφορά ειδικά την ικανότητα πλοήγησης και αξιοποίησης IAS/AMS, τον παιδαγωγικό σχεδιασμό του κύκλου Briefing–Task–Debriefing με βάση δεδομένα, και τη μετατροπή logs σε ανατροφοδότηση και κριτήρια. Επικυρωμένα εργαλεία αυτο-αξιολόγησης TPACK μπορούν να προσαρμοστούν σε επιμορφωτικά περιβάλλοντα ERS (Schmidt et al., 2009).

4. Μεθοδολογία: Ανάπτυξη και πιλοτική επικύρωση πλαισίου αξιολόγησης

4.1 Σχεδιασμός μελέτης

Υιοθετείται αναπτυξιακός σχεδιασμός τύπου Development & Validation (Ανάπτυξη και Επικύρωση) που διασφαλίζει ότι τα εργαλεία (VR, προσομοιωτές, IAS/AMS logs) ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του IMO για «τεκμηριωμένη αξιολόγηση», με πιλοτική εφαρμογή. Η μελέτη στοχεύει στην ανάπτυξη Δεικτών Επίδοσης από logs (KPIs), στην ανάπτυξη αναλυτικής ρουμπρίκας για εκπαιδευτικούς και στον έλεγχο αξιοπιστίας/εγκυρότητας και πρακτικής εφαρμοσιμότητας.

4.2 Συμμετέχοντες

Προτείνεται δείγμα 10–25 εκπαιδευτικών ναυτικών/μηχανολογικών μαθημάτων που συμμετέχουν σε επιμόρφωση ERS για σύγχρονα πλοία LNG. Η επιλογή είναι σκοπούμενη (purposeful) και στοχευμένη, καθώς το αντικείμενο αφορά επαγγελματική επάρκεια trainer/assessor.

4.3 Εκπαιδευτικές δραστηριότητες (σενάρια αξιολόγησης)

Η αξιολόγηση οργανώνεται σε τρεις αντιπροσωπευτικές θεματικές: (α) Blackout/Power recovery, (β) Emergency Generator/Emergency station, και (γ) Gas safety/ESD response. Η οργάνωση ασκήσεων ακολουθεί τη λογική του IMO Model Course 2.07: σαφές briefing, εκτέλεση task, και debriefing με τεκμήρια (IMO, 2017).

4.4 Πηγές δεδομένων (triangulation)

Οι πηγές δεδομένων περιλαμβάνουν:

- IAS/AMS logs (alarms, acknowledgements, state changes, timestamps).
- Ρουμπρίκα αξιολόγησης μέσω παρατήρησης (ιδανικά από δύο αξιολογητές για δια-αξιολογητική αξιοπιστία (inter-rater reliability).
- Σύντομο ερωτηματολόγιο TPACK-aligned για αντιλήψεις/επάρκεια (προσαρμοσμένο από Schmidt et al., 2009).
- Σύντομες ανοικτές απαντήσεις για βιωσιμότητα και χρηστικότητα (feasibility/usability) του πλαισίου σε σχολικό/επιμορφωτικό περιβάλλον.

4.5 Ανάλυση δεδομένων

Προτείνεται περιγραφική ανάλυση KPIs (median/IQR) ανά σενάριο, έλεγχος inter-rater reliability της ρουμπρίκας (π.χ. Cohen’s κ ή weighted κ), έλεγχος συσχέτισης rubric–KPIs (κριτηριακή εγκυρότητα) και θεματική ανάλυση ανοικτών απαντήσεων για εφαρμοσιμότητα.

4.6 Ηθική και διασφάλιση ποιότητας

Προβλέπεται ανώνυμη κωδικοποίηση συμμετεχόντων, διαφάνεια κριτηρίων αξιολόγησης και ενημέρωση ότι η συλλογή logs χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς/ερευνητικούς σκοπούς. Η προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με την απαίτηση του STCW για τεκμηριωμένη αξιολόγηση και debriefing σε περιβάλλον προσομοίωσης (IMO, 2010).

4.7 Περιορισμοί και απειλές εγκυρότητας

Η προτεινόμενη προσέγγιση έχει αναμενόμενους περιορισμούς:

Πρώτον, η ποιότητα των KPIs εξαρτάται από την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των logs (για παράδειγμα, Χαμηλή Ποιότητα Logs = Χαμηλό Cohen’s κ: Αν τα δεδομένα είναι ασαφή ή ελλιπή, οι αξιολογητές αναγκάζονται να βασιστούν πάλι στην υποκειμενική τους κρίση. Αυτό μειώνει τη δια-αξιολογητική αξιοπιστία και ακυρώνει την επικύρωση (Validation) της ρουμπρίκας), ή π.χ. αν οι ενέργειες αποθηκεύονται με επαρκή ανάλυση χρόνου και σαφή σήμανση.

Δεύτερον, σε πιλοτικές εφαρμογές με μικρό δείγμα εκπαιδευτικών, τα αποτελέσματα δεν γενικεύονται χωρίς επανάληψη σε περισσότερα κέντρα/σχολές και με διαφοροποίηση σεναρίων.

Τρίτον, ορισμένες πτυχές της επίδοσης (π.χ. ορθότητα αιτιολόγησης ή ποιότητα ανατροφοδότησης προς τους εκπαιδευόμενους) απαιτούν συνδυασμό δεδομένων logs και παρατήρησης, ώστε να αποφεύγεται η υπερεξάρτηση από μετρήσεις χρόνου.

Τέλος, η αξιοπιστία της ρουμπρίκας ενισχύεται όταν χρησιμοποιούνται δύο αξιολογητές και κοινό πρωτόκολλο debriefing.

Πίνακας 2.
KPIs από IAS/AMS logs για τεκμηριωμένη αξιολόγηση (εκπαιδευτικοί)

Κατηγορία KPI	**Ορισμός**	**Τι μετρά**	**Παράδειγμα τεκμηρίου**
TTA (Time-to-Acknowledge)	Χρόνος από εμφάνιση alarm έως acknowledge	Εγρήγορση, ιεράρχηση, πειθαρχία συναγερμών	Alarm list με timestamps (Log αρχείο)
TTR (Time-to-Recover)	Χρόνος μέχρι σταθεροποίηση/αποκατάσταση	Αποτελεσματικότητα διάγνωσης/ενέργειας	Event trail Σύγκριση κατάστασης πριν–μετά
SCI (Sequence Compliance Index)	Ποσοστό κρίσιμων βημάτων σε σωστή σειρά	Διαδικαστική συμμόρφωση	Checklist deviations (Αποκλίσεις από το πρότυπο)
Alarm Load / Recurrence	Πλήθος alarms και επανεμφανίσεις	Ποιότητα χειρισμού/σταθερότητα	Repeated alarms count (Καταγραφή επαναλήψεων)
Safety Violations	Κρίσιμες μη επιτρεπτές ενέργειες/παραβιάσεις	Συμμόρφωση με interlocks/ασφάλεια	Log: forbidden action (Καταγραφή απαγορευμένης ενέργειας)
Stability Index	Διακύμανση βασικών παραμέτρων μετά την ενέργεια	Έλεγχος/ρύθμιση συστήματος	Trend snapshots (Γραφήματα διακύμανσης)

Η χρήση αντικειμενικών τεκμηρίων και σαφών κριτηρίων συνάδει με τις απαιτήσεις του STCW A-I/12 για αξιοπιστία, ομοιομορφία και τεκμηριωμένη αξιολόγηση στην προσομοίωση (IMO, 2010).

Υποθετικό παράδειγμα εξαγωγής δείκτη: Σε σενάριο «Blackout/Power recovery» καταγράφεται alarm στιγμή t0=12:05:10. Ο επιμορφούμενος κάνει acknowledge στο t1=12:05:44. Ο δείκτης TTA υπολογίζεται ως 34 s. Αν η σταθεροποίηση της κατάστασης (π.χ. αποκατάσταση κρίσιμων φορτίων και επιστροφή βασικών παραμέτρων εντός ορίων) επιτευχθεί στο t2=12:11:30, τότε ο TTR είναι 6 min 20 s. Τα δύο αυτά μεγέθη χρησιμοποιούνται στο debriefing για να συζητηθούν (α) η ιεράρχηση συναγερμών και (β) η αποτελεσματικότητα της διαγνωστικής ακολουθίας, σε συνάρτηση με τυχόν παράπλευρους συναγερμούς (alarms) ή αχρείαστες ενέργειες.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η πρότασή μας για χρήση συγκεκριμένης ρουμπρίκας στην αξιολόγηση επιμορφούμενων εκπαιδευτικών. Η συγκεκριμένη ρουμπρίκα αποτελεί ένα εξαιρετικά εξειδικευμένο και λειτουργικό εργαλείο για την αξιολόγηση εκπαιδευτικών σε περιβάλλον Simulator (ERS - Engine Room Simulator):

Πίνακας 3.
Ρουμπρίκα 4 επιπέδων (0–3) για αξιολόγηση εκπαιδευτικών σε ERS (τεχνικό + TPACK-in-ERS)

Διάσταση	**0 – Μη αποδεκτό**	**1 – Οριακό**	**2 – Επαρκές**	**3 – Άριστο**
Procedural compliance	Λάθος/ ασύνδετη ακολουθία ενεργειών	Μερική ακολουθία, συχνές διορθώσεις	Σωστή ακολουθία με μικρές αποκλίσεις	Πλήρης, ορθή, επαναλήψιμη συμμόρφωση
Safety & interlocks	Κρίσιμες παραβιάσεις ασφαλείας	Περιορισμένη επίγνωση κινδύνου	Τηρεί βασικές προϋποθέσεις ασφαλείας	Προληπτικός έλεγχος, μηδενικές κρίσιμες παραβιάσεις
Alarm management	Δεν ιεραρχεί/ δεν ενεργεί στους συναγερμούς	Αργή ή λανθασμένη απόκριση (TAA)	Σωστή αναγνώριση και ενέργεια	Ταχεία, τεκμηριωμένη δράση, αποτρέπει το recurrence

System understanding	Χωρίς καμία αιτιολόγηση ενεργειών	Αποσπασματική επιφανειακή αιτιολόγηση.	Ορθή λειτουργική διάγνωση βλαβών	Βαθιά διάγνωση, πλήρης τεκμηρίωση με δεδομένα
Tech use (IAS/AMS)	Δεν αξιοποιεί καθόλου τα δεδομένα	Επιφανειακή χρήση των συστημάτων	Στοχευμένη χρήση οθονών και logs	Data-driven έλεγχοι, πλήρης αξιοποίηση trends/alarms
Pedagogical orchestration	Πλήρης απουσία δομής άσκησης	Ασαφείς στόχοι, αδύναμο debriefing	Σαφής δομή, βασικό επίπεδο debriefing	Υψηλής ποιότητας debrief με χρήση evidence
TPACK-in-ERS integration	Τεχνολογία μόνο ως επίδειξη	Μερική σύνδεση στόχων και τεκμηρίων	Σύνδεση τεχνολογίας με στόχους/ κριτήρια	Πλήρης ενσωμάτωση: logs→feedback→βελτίωση άσκησης

Η παραπάνω ρουμπρίκα τεκμηριώνει τεχνική και τεχνολογικο-παιδαγωγική επάρκεια, σύμφωνα με τη λογική του TPACK ότι η τεχνολογία αποκτά παιδαγωγική αξία όταν συνδέεται με στόχους, κριτήρια και ανατροφοδότηση (Koehler & Mishra, 2009; Schmidt et al., 2009). Αυτή η ρουμπρίκα μετατρέπει τον προσομοιωτή από ένα απλό εργαλείο εξάσκησης σε ένα επικυρωμένο σύστημα αξιολόγησης (Validated Assessment System), απαραίτητο για τη ναυτιλία του μέλλοντος. Το σημαντικότερο θετικό σημείο είναι ότι η ρουμπρίκα δεν περιορίζεται μόνο στο αν ο εκπαιδευτής «ξέρει να χειρίζεται τον προσομοιωτή» (τεχνικό μέρος), αλλά αξιολογεί το πώς μετατρέπει αυτόν τον χειρισμό σε μαθησιακή εμπειρία. Η διάσταση "Pedagogical orchestration" διασφαλίζει ότι ο προσομοιωτής δεν είναι απλώς ένα «παιχνίδι», αλλά ένα εργαλείο επίτευξης συγκεκριμένων διδακτικών στόχων.

5. Προτεινόμενο πρότυπο παρουσίασης αποτελεσμάτων (για πιλοτική εφαρμογή)

Η εργασία μπορεί να παρουσιαστεί είτε ως αναπτυξιακή εργασία (framework paper) είτε ως εργασία πιλοτικής επικύρωσης. Στην περίπτωση πιλοτικής επικύρωσης, τα αποτελέσματα προτείνεται να οργανωθούν σε: (α) περιγραφικά KPIs ανά σενάριο (TTA, TTR, SCI, Alarm load, Safety violations), (β) inter-rater reliability του rubric, και (γ) συσχετίσεις KPIs–rubric ως ένδειξη κριτηριακής εγκυρότητας. Επιπλέον, οι ανοικτές απαντήσεις μπορούν να αναλυθούν θεματικά ως προς την εφαρμοσιμότητα (feasibility) και χρηστικότητα (usability).

Ακόμη και χωρίς πλήρη ποσοτικά δεδομένα, μια εργασία τύπου «framework» μπορεί να αναφέρει τεκμήρια επικύρωσης περιεχομένου (αξιολόγηση από εμπειρογνώμονες-

expert review- των KPIs και των περιγραφών επιπέδων της ρουμπρίκας), παραδείγματα αναφορών debriefing που παράγονται από logs και δείγματα «αναμενόμενων μοτίβων» (π.χ. μείωση TTA στη δεύτερη εκτέλεση ή μείωση επανεμφάνισης alarms) ως στόχους εκπαιδευτικής βελτίωσης, χωρίς να παρουσιάζει αριθμητικά αποτελέσματα ως πραγματικά ευρήματα.

6. Συζήτηση (προτεινόμενοι άξονες)

Η συζήτηση εστιάζει σε τρεις άξονες: (1) συμμόρφωση του πλαισίου με STCW A-I/12 ως προς κριτήρια, αντικειμενικότητα και τεκμηρίωση αξιολόγησης, (2) αξιοποίηση τεχνολογικών τεκμηρίων (IAS/AMS logs) ως Learning Analytics (LA) για debriefing και βελτίωση επίδοσης, και (3) ενίσχυση της επαγγελματικής επάρκειας εκπαιδευτικών μέσω TPACK-in-ERS (σύνδεση τεχνολογίας–παιδαγωγικής–περιεχομένου). Προτείνονται επίσης πρακτικές κατευθύνσεις για επιμόρφωση εκπαιδευτικών και τυποποίηση αξιολόγησης σε ERS.

Συμπεράσματα

Η προσομοίωση παρέχει ασφαλή έκθεση σε καταστάσεις υψηλού κινδύνου, γεφυρώνει το χάσμα θεωρίας–πράξης με άμεση ανατροφοδότηση και ορατοποίηση αλληλεξαρτήσεων και ενισχύει τη συνεργατική μάθηση και την επαγγελματική επικοινωνία. Σε επίπεδο κινήτρων, η ρεαλιστική διεπαφή αυξάνει την εμπλοκή των εκπαιδευόμενων και ευνοεί τη διατήρηση της προσοχής. Παράλληλα, η τεχνική πολυπλοκότητα και το κόστος των υποδομών μπορεί να περιορίσουν την πρόσβαση. Επίσης, η αρχική αβεβαιότητα στο ψηφιακό περιβάλλον απαιτεί χρόνο εξοικείωσης και δομημένη καθοδήγηση. Η επάρκεια των εκπαιδευτικών σε τεχνικό και παιδαγωγικό επίπεδο είναι κρίσιμη, καθώς ο ρόλος τους μετασχηματίζεται από διδάσκοντα σε σχεδιαστή εμπειριών, καθοδηγητή και αξιολογητή.

Η ανάπτυξη ρουμπρίκων που αποτυπώνουν τόσο τεχνικά όσο και μεταγνωστικά/συνεργατικά κριτήρια θεωρείται αναγκαία για τη διασφάλιση ποιότητας. Σε επίπεδο οργανισμού, προτείνεται θεσμοθέτηση κύκλων επιμόρφωσης και διαμοίραση πρακτικών μέσω κοινοτήτων μάθησης εκπαιδευτικών.

Οι προσομοιωτές αποτελούν ώριμη παιδαγωγική τεχνολογία υψηλής προστιθέμενης αξίας για τη ναυτική εκπαίδευση. Η ουσιαστική ενσωμάτωση στο ελληνικό πλαίσιο απαιτεί επενδύσεις σε υποδομές, συστηματική επιμόρφωση εκπαιδευτικών, αναθεώρηση αναλυτικών προγραμμάτων με σαφή μαθησιακά αποτελέσματα και ρεαλιστικές ρουμπρίκες αξιολόγησης, καθώς και δίκτυα συνεργασίας με ακαδημίες και βιομηχανικούς φορείς. Οι τεχνολογικές τάσεις (VR/AR, αυξημένη κοινωνική πιστότητα, ευφυή προσαρμοστικά σενάρια) χαράσσουν ένα πλαίσιο για πιο εξατομικευμένη, ασφαλή και αποτελεσματική μάθηση.

Η προσομοίωση μηχανοστασίου υψηλής πιστότητας σε σύγχρονα πλοία LNG προσφέρει μοναδικό περιβάλλον ασφαλούς εκπαίδευσης και αξιολόγησης σε κανονικές και έκτακτες καταστάσεις. Το προτεινόμενο πλαίσιο αξιολόγησης για εκπαιδευτικούς συνδυάζει τεχνολογικά τεκμήρια από IAS/AMS logs, δείκτες επίδοσης (KPIs) και αναλυτικό rubric τεσσάρων επιπέδων, με θεωρητική αγκύρωση στο STCW A-I/12, στο IMO Model Course 2.07 και στο TPACK. Η προσέγγιση στοχεύει σε αντικειμενικότητα, αξιοπιστία και παιδαγωγική αξιοποίηση των δεδομένων της προσομοίωσης. Επόμενο βήμα αποτελεί η πιλοτική εφαρμογή σε ομάδα εκπαιδευτικών και η συστηματική επικύρωση της ρουμπρίκας και των KPIs. Η μελλοντική έρευνα δε, θα πρέπει να εστιάσει στη μακροχρόνια διατήρηση δεξιοτήτων, στη μεταφορά τους σε πραγματικά περιβάλλοντα εργασίας και στη βέλτιστη ισορροπία μεταξύ κόστους, πιστότητας και παιδαγωγικού οφέλους.

Βιβλιογραφία

Bačnar, D., Barić, D., & Ogrizović, D. (2025). Charting the future of maritime education and training: A TAM-based pilot study on fully immersive VR engine room simulators. *Applied System Innovation, 8(3), 84.* https://doi.org/10.3390/asi8030084

Bjørn, P., Han, M. L., Parezanovic, A., & Larsen, P. (2024). Social fidelity in cooperative virtual reality maritime training. *Human–Computer Interaction.* https://doi.org/10.1080/07370024.2024.2372716

Dewey, J. (1938). *Experience and education.* Macmillan.

Gyldensten, W., Wiig, A. C., & Sellberg, C. (2023). Maritime students' use and perspectives of cloud-based desktop simulators: *CSCL and implications for educational design. TransNav, 17(2), 315–321.* https://doi.org/10.12716/1001.17.02.07

International Maritime Organization. (2010). The Manila Amendments to the International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW), including STCW Code Section A-I/12: Standards governing the use of simulators (STCW/CONF.2/34).

International Maritime Organization. (2017). *Engine-Room Simulator: Model Course 2.07 (2017 Edition)*.

Karahalil, M. (2024). Factors impacting curricula in simulator-based maritime education: A curriculum concept map. *WMU Journal of Maritime Affairs*. https://doi.org/10.1007/s13437-024-00351-8

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9, 60–70.*

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall.

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education, 42(2), 123–149.*

Tusher, H. M. (2024). An evaluation of maritime simulators from technical and human-factor perspectives using a hybrid MCDM approach. *WMU Journal of Maritime Affairs.* https://doi.org/10.1007/s13437-023-00318-1

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Wiig, A. C., Sellberg, C., & Solberg, M. (2023). Reviewing simulator-based training and assessment in maritime education: A topic-modelling approach. *WMU Journal of Maritime Affairs, 22 (2), 143–164.* https://doi.org/10.1007/s13437-023-00307-4

Wiig, A. C., Sellberg, C., Solberg, M., & Mallam, S. (2024). Towards systematic scenario design in maritime simulator training and assessment. *WMU Journal of Maritime Affairs.* https://doi.org/10.1007/s13437-024-00356-3