

Головань А.І.

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ МОРЯКІВ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО УПРАВЛІННЯ СУДНАМИ

З розвитком технологічних інновацій у багатьох галузях, особливо в морському транспорті, з'являються більш складні системи, особливі умови експлуатації, багаторівневі взаємозв'язки, а також взаємодія між людиною і машиною та людиною і людиною. Дії та рішення, що приймаються операторами та моряками, впливають на безпеку та продуктивність цих систем. Загальновідомо, що близько 60-80% аварій пов'язані з людським фактором (прямо чи опосередковано). Як правило, кожен моряк повинен пройти навчання перед тим, як приступити до реальної роботи. В останні десятиліття акцент на підготовку моряків посилюється, що призвело до появи сучасних тренажерів з такими функціями, як імерсивність, стереоскопічні звуки, гідрравліка і навіть використання різних запахів. Однак розробка методології навчання може мати значний вплив на набуття навичок здобувачами освіти. Темпи інтеграції технологій в існуючі системи, а також у нові системи набагато вищі, ніж темпи вдосконалення методів навчання. На жаль, існує мало досліджень, які пов'язують потреби в навчанні з фактичними вимогами до підготовки моряків, що свідчить про значну прогалину в дослідженнях, яку необхідно заповнити.

Ключові слова: навчання, безпека в складних системах, програма підготовки, показники ефективності, безпека на водному транспорті, судноплавство, навігаційна безпека, вузькості, райони з інтенсивним судноплавством, тренажерна підготовка

Вступ. У соціально-складних системах необхідно враховувати різні аспекти в методології навчання, які можуть сприяти тому, щоб моряки могли адекватно справлятися з нормальними і аномальними сценаріями. Ця стаття надає огляд поточних методів навчання на прикладі морських перевезень, наголошуючи на обмеженнях, пов'язаних із кожною з різних точок зору (технічною, психологічною та організаційною), для пропозиції щодо організації навчального процесу, що дає змогу навчатися на досвіді та взаємодіяти зі сценаріями різної складності.

Вона складається з трирівневої ієрархії зі зростаючими вимогами до технічної та реляційної складності та взаємодією з тренажерним часом. Навчання зосереджене на управлінні реальними операціями зі зростаючою складністю, починаючи з основних компонентів процесу, просуваючись до реальних операцій і досягаючи високої технічної та реляційної складності, яку необхідно вирішувати в ситуаціях з обмеженим часом і невизначеністю даних. Завдання, що виникають під час виконання завдань у команді, також враховуються під час концептуалізації навчальної програми. Пропонована навчальна програма містить у собі зміст навчання, цілі та критерії оцінювання результатів.

Систематична методологія оцінювання результатів дасть змогу практикам отримати прозору, об'єктивну та послідовну сертифікацію курсантів.

Огляд літератури. Незалежно від операцій і характеру промислових процесів, увага до промислової безпеки зросла в останні роки [1]. Зростання автоматизації та інтеграція передових інструментів у системи призвели до підвищення складності завдань, які оператори повинні виконувати у своїй повсякденній діяльності [2]. Морська та переробна галузі промисловості являють собою два типи критично важливих для безпеки систем. Такі системи несуть потенційну небезпеку втрати життя, значної шкоди майну або навколишньому середовищу. Ці системи здатні на величезне виробництво (переробна промисловість) і транспортування (морська галузь), проте надійність і узгодженість цих систем піддаються сумніву щоразу, коли відбувається аварія.

Вважається, що людська помилка є фактором, що сприяє більш ніж 80% аварій у переробній промисловості і більш ніж 90% аварій у морі [3, 4]. У цій статті основна увага приділяється можливому поліпшенню безпечної поведінки працівників шляхом запровадження навчальної програми із систематичної практичної підготовки операторів, адаптованої до характеристик робочого середовища та вимог з безпеки, які їм висуваються.

Нещодавня ера досліджень людського фактору принесла значні досягнення в галузі охорони праці, які не вважалися необхідними в минулому [5]. Добре відомо, що стандарти безпеки з часом покращилися, оскільки зросла обізнаність людей про концепцію безпеки. Збільшення контурів управління та надійних програмних рішень дало змогу автоматизувати контроль внутрішніх і зовнішніх змін. Проте, втрати через нещасні випадки, які спостерігаються у світі, не були значно скорочені.

За оцінками Міжнародної організації праці, загальні витрати на виробничі травми та професійні захворювання в усьому світі становлять 4% від валового національного продукту. З огляду на те, що загальний валовий національний продукт світу оцінювався приблизно у 67 926 млрд доларів США у 2023 році, впливає, що щорічні світові витрати на виробничі травми та професійні захворювання становлять приблизно 2 717 млрд доларів США.

З точки зору людських життів картина майже обнадійлива, оскільки приблизно 2 мільйони людей гинуть і зазнають травм на роботі щороку, отже, у середньому 5 500 людей гинуть і травмуються на роботі щодня. Наведені вище похмурі цифри підкреслюють необхідність пошуку заходів і методів, які допоможуть скоротити кількість нещасних випадків.

Порівняно менше зусиль було докладено для полегшення роботи людини, яка є найбільш адаптивним компонентом систем [6]. Поліпшення продуктивності систем шляхом зосередження уваги на показниках безпеки [7]. Кілька теоретичних та емпіричних досліджень показали, що навчання операторів покращує продуктивність операторів як у нормальних умовах експлуатації, так і в позаштатних ситуаціях. Продуктивність людей можна відточити за допомогою кількох методів. Одним із них є добре розроблене навчання. Формалізоване навчання в морській сфері можна простежити протягом століть [8]. Однак, проблема полягає в адаптації навчання відповідно до останніх викликів, з якими стикаються ці сектори. Це може бути досягнуто шляхом переходу до теоретичної структури систематичного навчання, яка згодом буде досліджена емпірично протягом більш тривалого періоду, щоб визначити послідовність такої структури.

Метою статті є розробка структури системи тренажерної підготовки моряків для безпечного управління суднами на основі аналізу доступної літератури та експериментальних досліджень, проведених у лабораторіях навчання та оцінки продуктивності.

Основна частина

Поточна практика навчання

Оброблювальна промисловість

Впровадження навчання операторів зростає в оброблювальній промисловості [9, 10]. Хоча не існує загальноприйнятих методів навчання операторів в оброблювальній промисловості, вважається за необхідне, щоб оператори проходили навчання, перш ніж приступити до реальних операцій на заводі. Набір операторів значно варіюється залежно від географічного положення заводу, культури безпеки, стандартів безпеки та наявності робочої сили.

Тривалість фази навчання різниться, проте філософія навчання має схожість у різних регіонах [11].

Морська промисловість

Навчання моряків завжди було практично-орієнтованим, коли молоді люди у віці 12 років починали виконувати різноманітні обов'язки, пов'язані з експлуатацією та утриманням палубного відділу та обладнання. Вони отримували звання моряка в 16 років, після того як опановували всі навички, пов'язані з їхнім чином. Щоб стати офіцером, моряк мав скласти іспит з усіх аспектів мореплавання. Навчання моряків було здебільшого «на робочому місці» і вимагало тривалої служби, щоб довести свою цінність [8].

Сьогодні навчання моряків все ще є практично-орієнтованим, але більшу частину базового навчання проводять у морських професійних або вищих навчальних закладах. Навчання моряків і

морських офіцерів на судах понад 500 брутто-тонн регулюється Міжнародною морською організацією, а саме Міжнародною конвенцією про підготовку і дипломування моряків та несення вахти, яка описує мінімальні вимоги до компетенції, які повинні мати моряки, перш ніж вони можуть бути сертифіковані. Однак наразі немає традиції оцінки компетенції моряків після сертифікації. Вимоги включають доказ участі (наприклад, години, дні або місяці на борту судна; див., наприклад, Emad і Roth [13]), а не доказ компетенції (реальні навички, знання та вміння).

Сьогодні більша частина навчання відбувається на тренажерах містка або машинного відділення. Оцінювання продуктивності цих операторів зазвичай проводиться індивідуальними експертами з предмета, які суб'єктивно визначають, чи є спостережувані дії операторів достатніми для прийняття.

Крім того, більшість вправ на тренажерах фокусується на рутинних операціях, мало систем навчання фокусуються на обробці аномальних або критичних інцидентів.

Обмеження поточних методів навчання

На жаль, темпи зростання складності в оброблювальній і морській промисловості були вищими, ніж темпи поліпшення/модернізації методів навчання, що призвело до очевидного розриву між потребами навчання і вимогами операторів, деякі з яких є:

недостатність реалізму в навчанні (наприклад, імерсивні середовища, віртуальна реальність) [14];

недостатність імітації аномалій та аварій [1];

недостатність командного навчання [15];

недостатність об'єктивної оцінки продуктивності [16];

недостатність інтеграції технологічних інструментів для підтримки навчання/навчання [11];

недостатність навчання нетехнічного персоналу [17];

недостатність генерації даних із тренажерів [18];

недостатність сценаріїв, що імітують аномалії та несправності [1, 3];

недостатність інтеграції результатів і досліджень з інших галузей, де безпека і навчання відносно більш розвинені (наприклад, оброблювальна, ядерна та авіаційна промисловість).

Щоб подолати деякі з вищезазначених проблем у навчанні, необхідно переосмислити методи і підходи до навчання морського персоналу. Концептуальна основа обговорюється нижче:

Підхід до організації практичної підготовки

У розділі пропонується навчальний план, який демонструє, як навчання може бути спроектоване на основі сучасних досягнень у галузі навчання. Пропонований навчальний план складається з трьох етапів зростаючої складності (взаємозв'язку і динаміки) і в основному призначений для недосвідчених моряків, на яких оператори проходять через кілька сценаріїв, щоб познайомитися з ситуаціями, які необхідно вивчити для набуття відповідних навичок. Такі етапи центровані навколо основної частини, яка є опрацюванням реальних операцій у режимі реального часу зі зростаючою складністю, починаючи з більш «статичної» перспективи на етапі 1 (для того, щоб організувати навчання основних компонентів системи), переходячи до етапу 2, звертаючись до «нормальної технічної складності», як у звичайних та реальних операціях, і досягаючи етапу 3, із високою технічною та відносною складністю, яка охоплює відхилення та сценарії аварій.

Цей підхід також називається «зростаючою складністю», за якого експериментальне навчання починається з простої версії завдання та поступово збільшує її складність у міру навчання, наприклад, поступово збільшуючи тиск часу [19]. Таким чином, після проходження всіх цих етапів навчання оператор може вважатися компетентним для початку роботи над завданнями, які відповідають його рівню компетентності як для звичайних, так і для ненормальних операцій.

Програма навчання передбачає, що виконання певної дії в режимі реального часу і потім спостереження за ефектом дії в цій ситуації повинні ініціювати процес навчання.

Другий крок полягає в розумінні цих ефектів у конкретному випадку, наприклад, у сценаріях низької, середньої або високої складності на етапах 1-3, так якби ті самі дії було виконано за тих самих обставин, можна було б передбачити, що станеться в результаті дії, наприклад, під час прогнозування майбутніх станів.

Перший етап навчання. Оператор дізнається про теоретичну і практичну навігацію, використання карт і виконання простих завдань навігації та маневрування. Додатковою особливістю цього методу навчання (тобто з тренажером-симулятором) є можливість оцінювати результати індивідуального навчання за допомогою автоматизованих критеріїв оцінювання [18]. Більш того, вибір показників ефективності залежить від глибини та етапу навчання. Наприклад, на етапі 1 потрібні метрики ефективності, спрямовані на нормальні умови експлуатації. Перший етап спрямований на те, щоб надати операторам/морякам повну картину завдань, які необхідно виконувати в нормальній ситуації.

Другий етап навчання фокусується на взаємних залежностях між підсистемами і між різними аспектами морської операції, щоб дати змогу стажерам зв'язати прості роботи і процедури в рамках більших завдань з виконання рутинної роботи, таких як запуск/зупинка суднових технічних засобів або навігація у вузькостях. В обох цих завданнях розуміння ролі окремих підсистем у більшій системі має вирішальне значення для успішного виконання. Таблиця 2 підсумовує особливості навчання на етапі 2. Стажер отримує глибоке розуміння конкретних пристроїв, щоб краще зрозуміти окремі частини та повну картину процесу. Для морської галузі це пов'язано з тим, як гідродинаміка судна і динаміка двигунів впливають на маневреність судна. Ситуаційний етап 2 підкреслює взаємозалежності між етапами 1 і 2 і показує, як базові навички, отримані на етапі 1, використовуються в більш складних завданнях і операціях.

Етап 3 навчальної програми дає змогу оператору/моряку зіткнутися з ненормальними ситуаціями і сценаріями аварій. Прогрес у симуляції навчання дав змогу концептуалізувати й реалізувати різні несправності та аномалії в симульованому середовищі, які було б неможливо змодельовати в реальності. Стажери піддаються впливу різних можливих ненормальних ситуацій і навчаються аналізувати та справлятися з ними, вживаючи необхідних дій, а також спілкуючись чітким і ефективним чином. Отже, вони можуть дізнатися про підтримання високої обізнаності та пильності під час ненормальних ситуацій та аварій, що може запобігти повному розгортанню сценарію аварії під час реальних операцій.

Знання та/або досвід попередніх ненормальних або близьких до аварійних сценаріїв можуть дозволити оператору відновити систему до нормального стану, тим самим повністю уникнути аварії. Показники продуктивності обираються залежно від характеру симульованої ненормальної ситуації та аварії. Ці розташування дають змогу стажисту зрозуміти свої можливі помилки під час ненормальної ситуації. Варто підкреслити, що навчання ненормальних ситуацій і сценаріїв аварій можливе тільки на тренажері [3], з огляду на очевидні етичні та економічні проблеми, пов'язані з постановкою реального сценарію аварії.

З деякими змінами в концепції та глибині методів навчання й оцінювання навчальну програму можна адаптувати для досвідчених операторів (залежно від їхнього досвіду та походження). Тривалість пропонованої навчальної програми може варіюватися залежно від складності та місткості процесу, а також від досвіду операторів.

Висновки. Пропонована навчальна програма є пропозицією і теоретичною основою, покликаною заохотити дослідників і практиків до розроблення конкретної програми навчання і використовувати пропоновану основу. Розвиток у галузі тренажерних симуляторів може бути найбільш ефективно використаний шляхом інвестування в методологію та основу навчання. Серія експериментів може поліпшити надійність і послідовність пропонованої програми. Крім того, етап 3, який містить у собі навчання під впливом стресу шляхом симуляції сценаріїв аварій на тренажері, не гарантує симуляцію всіх можливих сценаріїв аварій для будь-якого конкретного процесу. Мета етапу 3 – підготувати операторів до стресових ситуацій, щоб оператор міг впоратися з будь-якою ненормальною ситуацією, відомою або невідомою, професійним чином.

На основі сучасних знань пропонується навчальна програма, що враховує досягнення в галузі процесів і морської промисловості, проблеми, з якими стикаються оператори і моряки, обмеження наявних методів навчання, а також, що важливо, навчання для поліпшення безпеки (тобто етап 3), а також показники продуктивності для оцінки навчання також включено у філософію навчання. Більш детальна інформація і деталі пропонованої навчальної програми будуть розглянуті у подальшому.

A.I. Golovan

PRINCIPLES OF THE FORMATION OF THE TRAINING SYSTEM OF SAILORS FOR THE SAFE MANAGEMENT OF VESSELS

With the development of technological innovations, many industries, especially maritime transportation, present more complex systems, special operating conditions, multi-level interconnections, and human-machine and human-human interaction. The actions and decisions taken by operators and seafarers affect the safety and performance of these systems. It is well known that about 60-80% of accidents are related to the human factor (directly or indirectly). As a rule, every seafarer must undergo training before starting his or her real job. In recent decades, the emphasis on seafarer training has increased, resulting in advanced simulators with features such as immersiveness, stereoscopic sounds, hydraulics and even the use of different odors. However, the design of the training methodology can have a significant impact on the acquisition of skills by students. The growth of technology integration in existing systems as well as in new systems is much higher than the improvement of teaching methods. Unfortunately, there is little research linking training needs to actual seafarer training requirements, revealing a significant research gap that needs to be filled.

Keywords: training, safety in complex systems, training program, performance indicators, water transport safety, shipping, navigational safety, narrows, areas with intensive shipping, simulator training.

ЛІТЕРАТУРА

1. Manca, D., Brambilla, S., & Colombo, S. (2013). Bridging between virtual reality and accident simulation for training of process-industry operators. *Advances in Engineering Software*, 55, 1-9.
2. L.J. Sorensen, K.I. Øvergård, T.J.S. Martinsen, Understanding human decision making during critical incidents in dynamic positioning, *Contemporary Ergonomics and Human Factors* 2014, 2014, pp. 359-366.
3. S. Nazir, L.J. Sorensen, K.I. Øvergård, D. Manca, Impact of training methods on Distributed Situation Awareness of industrial operators, *Safety Science* 73 (2015) 136-145.
4. Johannesen, L., Sarter, N., Cook, R., Dekker, S., & Woods, D. D. (2012). *Behind human error*. Ashgate Publishing, Ltd..
5. B. Mrugalska, P.M. Arezes, Safety requirements for machinery in practice, *Occupational Safety and Hygiene - Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, SHO 2013*, 2013, pp. 97-101.
6. Pycroft, A. (2014). Complexity theory: An overview. *Applying complexity theory*, 15-38.
7. Mentges, A., Halekotte, L., Schneider, M., Demmer, T., & Lichte, D. (2023). A resilience glossary shaped by context: Reviewing resilience-related terms for critical infrastructures. *International journal of disaster risk reduction*, 103893.
8. B. Lavery, *Shipboard Life and Organisation, 1731-1815*, Ashgate, 1998.
9. Linou, N., & Kontogiannis*, T. (2004). The effect of training systemic information on the retention of fault-finding skills in manufacturing industries. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 14(2), 197-217.
10. S. Nazir, A. Kluge, D. Manca, Automation in Process Industry: Cure or Curse? How can Training Improve Operator's Performance, *Computer Aided Chemical Engineering* 33 (2014) 889-894.
11. A. Kluge, S. Nazir, D. Manca, Advanced Applications in Process Control and Training Needs of Field and Control Room Operators, *IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors* (2014) (in press).
12. E. Salas, S.I. Tannenbaum, K. Kraiger, K.A. Smith-Jentsch, The Science of Training and Development in Organizations: What Matters in Practice, *Psychological Science in the Public Interest*, Supplement 13 (2012) 74-101.

13. G. Emad, W.M. Roth, Contradictions in the practices of training for and assessment of competency: A case study from the maritime domain, *Education and Training* 50 (2008) 260-272.
14. S. Nazir, R. Totaro, S. Brambilla, S. Colombo, D. Manca, Virtual Reality and Augmented-Virtual Reality as Tools to Train Industrial Operators, *Computer Aided Chemical Engineering* 30 (2012) 1398-1401.
15. Johnson, J. D. (2017). Interprofessional care teams: the perils of fads and fashions. *International Journal of Healthcare Management*, 10(2), 127-134.
16. D. Manca, S. Nazir, F. Lucernoni, S. Colombo, Performance Indicators for the Assessment of Industrial Operators, *Computer Aided Chemical Engineering* 30 (2012) 1422-1426.
17. P.W. Johnston, E. Fioratou, R. Flin, Non-technical skills in histopathology: Definition and discussion, *Histopathology* 59 (2011) 359-367.
18. D. Manca, S. Nazir, S. Colombo, A. Kluge, Procedure for automated assessment of industrial operators, *Chemical Engineering Transactions* 36 (2014) 391-396.
19. Sussman, E. D., Bishop, H., Madnick, B., & Walter, R. (1985). Driver inattention and highway safety.