

Stefan Kluj

Akademia Morska w Gdyni

KOMPUTEROWO WSPOMAGANA OCENA KWALIFIKACJI MECHANIKA WACHTOWEGO PODCZAS TESTÓW NA SYMULATORZE SIŁOWNI OKRĘTOWEJ

Tematem niniejszej publikacji jest wykorzystanie wspomaganie komputerowego do oceny kwalifikacji mechanika okrętowego do pełnienia wachty morskiej w siłowni współczesnego statku morskiego. W zaproponowanej metodzie oceny zastosowano standaryzację zalecanych wartości parametrów eksploatacyjnych siłowni oraz stanów poszczególnych zaworów, pomp i innych urządzeń. W artykule podano również propozycję klasyfikacji i wartościowania błędów obsługowych. Ponadto wymieniono także przykłady testów kompetencyjnych dla mechaników okrętowych. Metodę tę zaimplementowano i stosuje się w symulatorze siłowni okrętowej Virtual Engine Room 4.8 stworzonym przez autora.

Słowa kluczowe: eksploatacja siłowni okrętowej, symulatory, ocena kompetencji.

WSTĘP

Symulatory siłowni okrętowej służą do szkolenia załóg maszynowych już od wielu lat. Jest rzeczą oczywistą, że wykorzystuje je się nie tylko do nauki czynności obsługowych czy też procedur awaryjnych, ale także do sprawdzania kwalifikacji osób ćwiczących. Zazwyczaj testy takie wykonuje się pod koniec kursu prowadzonego na symulatorze, a jego pozytywne wyniki są podstawą do wydania stosownego zaświadczenia o ukończeniu kursu bądź też dyplomu.

Z doświadczeń zebranych przez autora w renomowanych ośrodkach kształcenia na symulatorach siłowni (np. Southampton w Wielkiej Brytanii, Terschelling w Holandii, Svendborg w Danii, Rimouski w Kanadzie, czy też Kings Point w USA) wynika, że podstawą przeprowadzanych testów i analizy ich wyników jest subiektywna ocena zachowań osoby ocenianej przez instruktora prowadzącego test. Jak przyznawali instruktorzy zatrudnieni w ww. ośrodkach i odpowiedzialni za ocenę osób ćwiczących, ocena taka ma szereg wad, z których główne to:

- brak pełnego obiektywizmu oceny (nawet przy najlepszych chęciach instruktora),
- zależność wyników testu od sytuacji, jakie wystąpiły podczas testu. Tę niedoskonałość stosunkowo najłatwiej jest usunąć poprzez wprowadzenie standardowych scenariuszy testów. Na przeszkodzie staje tu jednak niekiedy niedostosowanie symulatorów do takiego postępowania. Polega ono na tym, że niemożliwe jest proste załadowanie pełnej konfiguracji symulatora, a niezbędne jest ręczne przestawianie przełączników czy dźwigni w pożądane położenie,

- zależność wyników testu od wielu czynników zewnętrznych, takich jak np. długość czasu pracy instruktora, która wpływa na jego zmęczenie i utratę spostrzegawczości. Obserwację tę potwierdzają osobiste doświadczenia autora z pracy na stworzonym przez niego symulatorze Virtual Engine Room przed wprowadzeniem komputerowego wspomaganie oceny kompetencji osób ćwiczących,
- niepowtarzalność i nieporównywalność wyników uzyskiwanych przez różne osoby ćwiczące, różnych instruktorów i na różnych symulatorach. Wada ta jest szczególnie istotna z punktu widzenia możliwości wykorzystania wyników sprawdzenia kompetencji przez armatorów w procesie doboru załóg.

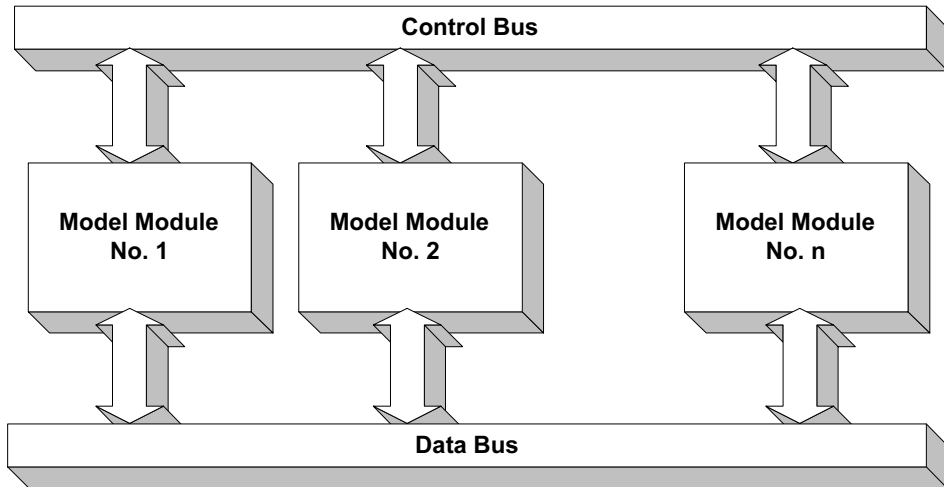
Wymienione wyżej czynniki znane są od lat w środowisku osób prowadzących szkolenie na symulatorach i były przedmiotem dyskusji na kolejnych międzynarodowych konferencjach (*International Conference on Engine Room Simulators*), organizowanych przez to środowisko w roku 1995 (Rimouski) i w roku 1997 (Svendborg). Sprawily one, że autor zastosował wspomaganą komputerowo ocenę kwalifikacji mechanika okrętowego (ang. *Computer Aided Assessment*) w stworzonym przez siebie symulatorze siłowni Virtual Engine Room 4.8.

1. ZAŁOŻENIA

Niezależnie od przyjętych kryteriów oceny i metodyki postępowania (o czym mowa będzie w następnych punktach), sprawą kluczową dla implementacji jest dostępność w czasie rzeczywistym pełnej informacji o stanie systemów siłowni modelowanych na symulatorze. Oznacza to, że musi istnieć możliwość automatycznej transmisji do komputera, na którym zaimplementowano CAA, nie tylko kompletu danych o wszystkich parametrach pracy siłowni, ale także o chwilowym położeniu wszystkich przełączników i dźwigni nastawczych czy też pokręteł regulacyjnych. Pozornie wydaje się, że warunek ten jest stosunkowo łatwy do spełnienia, każdy bowiem współczesny symulator siłowni oparty jest na symulacji komputerowej, a skoro potrzebne dane są już w postaci cyfrowej dostępne w komputerze, to ich transmisja nie powinna stanowić problemu. Niestety, aby transmisja taka była możliwa, potrzebna jest ścisła współpraca producenta symulatora, który powinien nie tylko zapewnić fizyczną możliwość transmisji (np. przez port szeregowy), ale także udostępnić protokół, według którego dane są zapisywane i przesyłane przez port. Innym ważnym zagadnieniem jest odpowiednia częstotliwość transmisji danych do komputera CAA; bez niej bowiem trudno jest mówić o kontroli działań w czasie rzeczywistym (*on-line*).

Zagadnienie to było już tematem publikacji [3] i [4] i nie będzie tu szczegółowo omawiane, jednak podkreślić należy, że na szynie danych (*Data Bus*) i szynie stanów (*Control Bus*) znajduje się w każdej chwili komplet informacji o parametrach pracy i położeniu wszystkich organów sterujących (rys. 1). Dzięki zastosowaniu tzw. buforowanego interfejsu (por. [4]) pobieranie danych z tych szyn nie

spowalnia w sposób zauważalny pracy symulatora, ani nie obniża jego jakości modelowania.



Rys. 1. Współpraca modułów symulatora za pośrednictwem szyny danych (*Data Bus*) i szyny stanów (*Control Bus*)

Fig. 1. The co-operation between simulator modules via *Data Bus* and *Control Bus*

2. TESTY

Wypracowanie odpowiednich kryteriów oceny zachowań osób ćwiczących na symulatorze jest zagadnieniem niezwykle złożonym i było już tematem szeregu publikacji (np. [1, 5, 6, 7]). Cechą wspólną przytoczonych prac jest próba oceny postępowania załogi metodą „krok po kroku”. Metoda ta dość wiernie stara się imitować zachowanie instruktora chodzącego za ćwiczącym po symulatorze i obserwującego jego działanie pod kątem „co ja bym zrobił w tej sytuacji”. Niestety, jak wykazują autorzy przytoczonych publikacji, metody te trudne są do opisu algorytmicznego ze względu na rosnącą gwałtownie liczbę alternatyw wynikających z możliwych zachowań w każdym kolejnym kroku i trudności z jednoznacznym sklasyfikowaniem każdej możliwej alternatywy.

W systemie CAA, będącym tematem niniejszej publikacji, przyjęto zupełnie inne kryteria oceny, które oparte zostały nie na ciągu zachowań, a na analizie stanu całej siłowni w momencie testu, przy założeniu, że osoba ćwicząca miała za cel przygotować siłownię do określonych zadań eksploatacyjnych. Przykłady takich typowych zadań eksploatacyjnych są to:

- start silnika głównego (jest to tzw. START TEST),
- odstawienie silnika głównego na krótki okres z zachowaniem gotowości do startu (tzw. STAND-BY TEST),
- odstawienie silnika głównego na dłuższy postój (tzw. STOP TEST).

Ponadto opracowano 14 testów zgodnych z wymaganiami konwencji STCW, po 7 do poziomu operacyjnego i dla poziomu zarządzania. Lista ta obejmuje poniższe testy.

A. Dla poziomu operacyjnego zgodnie z tabelą STCW A-III/1:

- Obsługa generatora awaryjnego (uruchamianie i podłączenie do szyny generatora awaryjnego).
- Obsługa systemu wody morskiej (uruchamianie systemu chłodzenia wodą morską).
- Obsługa systemu zęzowego (uruchamianie pomp zęzowych i wypompowywanie zęz).
- Obsługa systemu balastowego, cz. 1 (wypompowywanie balastów).
- Obsługa systemu balastowego, cz. 2 (napełnianie grawitacyjne zbiorników balastowych).
- Obsługa systemu paliwa ciężkiego (uruchamianie systemu paliwowego wraz z wirówkami).
- Obsługa wyparownika wody słodkiej (uruchamianie produkcji wody słodkiej w wyparowniku przy pracującym silniku głównym).

B. Dla poziomu zarządzania zgodnie z tabelą STCW A-III/2:

- Obsługa i analiza parametrów pracy generatora prądowłórczego, cz. 1 (ręczna synchronizacja generatora prądowłórczego do sieci okrętowej).
- Obsługa i analiza parametrów pracy silnika głównego, cz. 1 (dochodzenie przez silnik główny do prędkości morskiej).
- Obsługa i analiza parametrów pracy generatora prądowłórczego, cz. 2 (synchronizowanie generatora prądowłórczego do turbogeneratora i wyłączanie turbogeneratora).
- Obsługa i analiza parametrów pracy silnika głównego, cz. 2 (dochodzenie przez silnik główny do maksymalnej prędkości eksploatacyjnej na paliwie ciężkim).
- Obsługa i analiza parametrów pracy kotła pomocniczego (uruchamianie kotła pomocniczego i doprowadzanie ciśnienia pary do poziomu roboczego).
- Obsługa i analiza parametrów pracy turbogeneratora (uruchamianie turbogeneratora i synchronizowanie go siecią okrętową).
- Obsługa i analiza parametrów pracy silnika głównego, cz. 3 (uruchamianie silnika głównego na paliwie lekkim i przechodzenie na paliwo ciężkie).

Wszystkie wymienione wyżej testy pozwalają na wszechstronną ocenę kompetencji mechanika okrętowego zgodnie z wymaganiami konwencji STCW.

3. KRYTERIA OCENY

Sprawdzenie kompetencji mechanika ćwiczącego na symulatorze polega na porównaniu stanu siłowni, przygotowanego pod kątem odpowiedniego zadania eksploatacyjnego z wiedzą zawartą w systemie ekspertowym, będącym częścią CAA.

Warto podkreślić, że wiedza ta ma charakter zespołu reguł dotyczących zarówno parametrów, jak i stanów, zapisanych w formie warunków, których przykłady podano poniżej.

Wartości poszczególnych stanów urządzeń kontrolno-sterujących oraz parametrów pracy siłowni zostały skwantyfikowane celem uproszczenia tworzonych reguł. W przypadku szyny stanów problem ten jest stosunkowo prosty, ponieważ pojawiające się tam wielkości stanowią przeliczalny zbiór 256 różnych wartości, którym dla większej czytelności przypisano tzw. mneomiki, analogiczne do przykładów podanych w tabeli 1.

Tabela 1

Przykładowe wartości występujące na szynie stanów
The example values observed at Control Bus

Opis stanu	Symbol stanu
wyłączone (dla pomp, podgrzewaczy itd.)	ST_OFF
włączone (dla pomp, podgrzewaczy itd.)	ST_ON
pogotowie (dla pomp, podgrzewaczy itd.)	ST_STANDBY
otwarte (dla zaworów)	ST_OPENED
zamknięte (dla zaworów)	ST_CLOSED

Parametry pracy występujące na szynie danych mogą przyjmować nieskończenie dużo wartości i dlatego poddano je kwantyfikacji. Polega to na tym, że wartość aktualną każdego parametru porównuje się z wartościami progowymi (por. rys. 2), które zdefiniowane zostały odrębnie dla każdego parametru.

Pozwala to na posługiwanie się nazwą przedziału, w którym znajduje się dany parametr, zamiast jego bezwzględnej wartością, choć w uzasadnionych wypadkach możliwe jest też podanie konkretnej, kryterialnej wartości danego parametru.

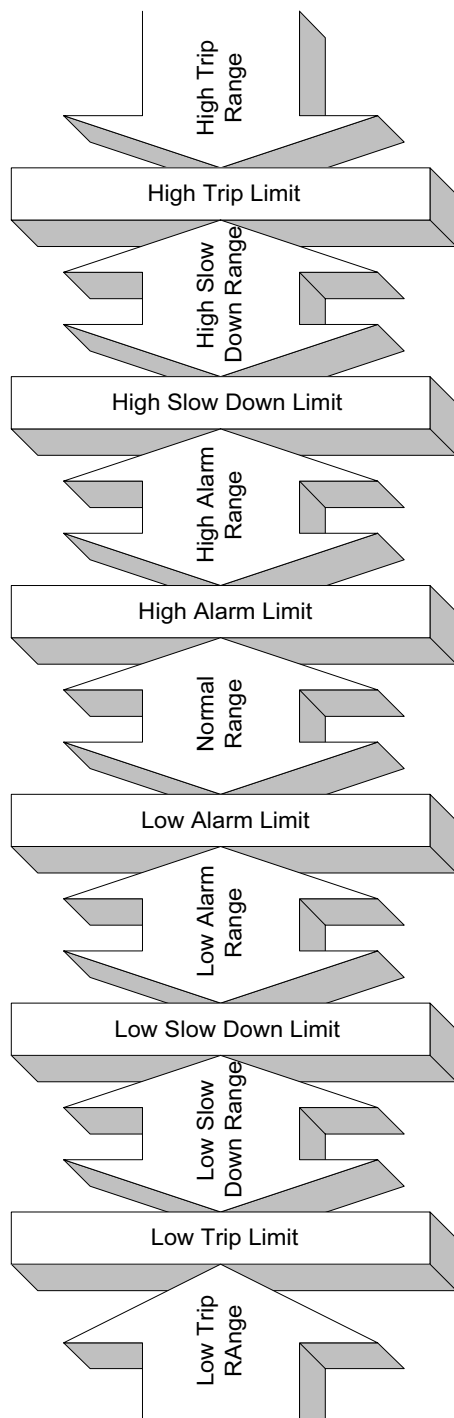
Sam opis wiedzy zawartej w systemie ekspertowym wygląda stosunkowo prosto (po odkodowaniu) i jest nieco odmienny dla stanów i dla parametrów.

Przykładowy opis reguły dla stanów (dotyczy to zadania nazwanego START TEST):

- a) Stan przełącznika trybu pracy pompy obiegowej wody słodkiej nr 2 SG powinien mieć wartość ST_ON, jeśli stan przełącznika pompy nr 1 jest różny od ST_ON.
- b) Stan przełącznika trybu pracy pompy obiegowej wody słodkiej nr 2 SG powinien mieć wartość ST_STANDBY, jeśli stan przełącznika pompy nr 1 jest równy ST_ON.

Przykładowy opis reguły dla parametrów (dotyczy to zadania nazwanego START TEST):

- a) Wartość temperatury oleju smarnego przed SG powinna znajdować się w przedziale NORMAL RANGE.
- b) Wartość ciśnienia oleju smarnego przed SG powinna znajdować się w dowolnym przedziale powyżej przedziału LOW SLOW DOWN RANGE.



Rys. 2. Kwantyfikowanie wartości parametrów za pomocą przedziałów
Fig. 2. The parameter quantification with a use of the range limits

Każdej regule przypisana jest odpowiednia „klasa błędu”, która decyduje o dodaniu odpowiedniej liczby punktów karnych w przypadku niespełnienia warunku zapisanego w regule. Problem ten omówiono szerzej w następnym podrozdziale.

5. KLASYFIKACJA BŁĘDÓW

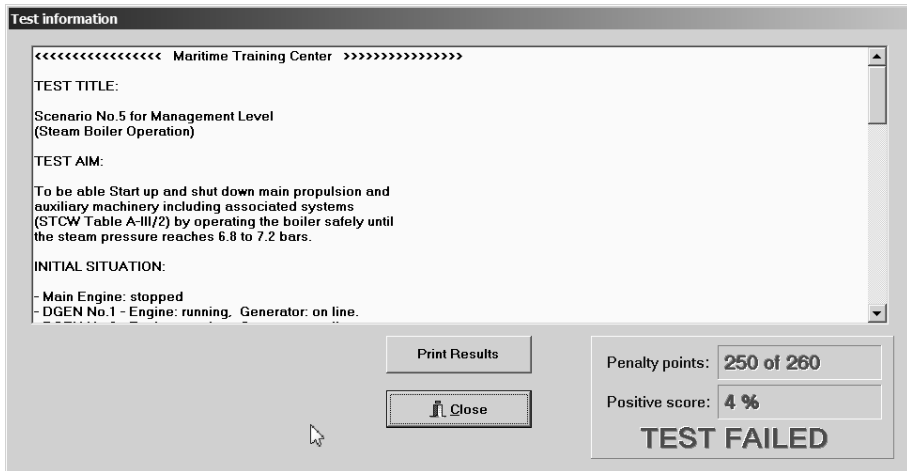
Integralną częścią systemu CAA jest trójstopniowy system klasyfikacji błędów zaproponowany przez autora. Obejmuje on następujące klasy błędów:

- **Błędy krytyczne** (*Fatal Errors*) – są to błędy, których wystąpienie sprawia, że niemożliwe jest zrealizowanie zadania postawionego w danym teście. Jeśli zadaniem było przygotowanie siłowni do ruchu (START TEST), to np. niewłączenie żadnej z pomp obiegowych chłodzenia jest błędem krytycznym. Za błąd tego typu otrzymuje się 100 punktów karnych.
- **Błędy poważne** (*Serious Errors*) – są to błędy, których popełnienie nie wyklucza wprawdzie wykonania zadania postawionego w teście, może jednak prowadzić w szczególnych sytuacjach do niebezpieczeństwa poważnej awarii. Np. w opisanym powyżej przypadku przygotowania siłowni do ruchu włączenie tylko jednej pompy obiegowej chłodzenia i niewłączenie w stan pogotowia drugiej jest uważane za błąd poważny. Za taki błąd otrzymuje się 10 punktów karnych.
- **Błędy drobne** (*Minor Errors*) – są to uchybienia zasadom eksploatacji urządzeń technicznych i tzw. dobrej praktyce morskiej. Nie niosą one zazwyczaj żadnych bezpośrednich zagrożeń, ale mogą np. narazić armatora na dodatkowe koszty czy przysporzyć zbędnej pracy załodze. Przykładem takiego błędu może być jednoczesne włączenie obu pomp obiegowych chłodzenia (przy założeniu, że do normalnej pracy wystarcza tylko jedna), co powoduje nadmierne zużycie energii i samej pompy. Błędy tego typu karane są 1 punktem.

Przyjęto, że suma punktów karnych 100 lub więcej, powoduje, że test nie został zdany. Oznacza to między innymi że:

- nawet jeden błąd krytyczny powoduje niezdanie testu. Jest to logiczne, nie można bowiem zrealizować postawionego w teście zadania, jeśli wystąpi choćby jeden błąd krytyczny;
- 10 błędów poważnych lub 100 drobnych błędów ma taką samą wagę jak jeden błąd krytyczny.

Suma punktów karnych zgromadzonych podczas testów zostaje podzielona przez maksymalną możliwą do „zdobycia” liczbę punktów karnych, a następnie iloraz ten zostaje pomnożony przez 100% i odjęty od 100%. W sumie daje to procentową liczbę punktów dodatnich, których wartość musi być większa niż 70%, aby test został zaliczony. Wyniki testu, zarówno te szczegółowe, jak i te sumaryczne są prezentowane na zakończenie testu (rys. 3) i zapisywane automatycznie na dysku w komputerze instruktora. Można też je wydrukować, jeśli zachodzi taka potrzeba.



Rys. 3. Sposób prezentacji wyników testu CAA
Fig. 3. The example of the test result presentation

PODSUMOWANIE

Działanie systemu CAA przedstawiono na Światowym Forum Użytkowników Symulatorów Siłowni (ICERS3) w Svendborgu w roku 1997 i spotkało się z aprobatą środowiska. Należy jednak podkreślić, że szersze upowszechnienie tej metody zależeć będzie przede wszystkim od aprobaty firm budujących symulatory, gdyż bez ich współpracy wdrożenie CAA na innych symulatorach siłowni jest bardzo trudne albo wręcz niemożliwe.

Przedstawiona w niniejszym artykule propozycja komputerowo wspomaganey oceny kompetencji mechanika wachtowego potwierdziła swą praktyczną przydatność w dotychczasowej kilkuletniej eksploatacji. Metoda ta jest przez autora ciągle doskonalona i poszerzana o nowe elementy. Przewiduje się między innymi wprowadzenie jednoznacznej, skwantyfikowanej oceny sposobu manewrowania silnikiem głównym oraz dochodzenia do pełnych obciążeń eksploatacyjnych. Tego typu testy dynamiczne wymagają jednak opracowania zupełnie nowych kryteriów i metod oceny.

LITERATURA

1. Bichat-Gobard D., *Ongoing Research into the Use of Simulators as an Assessment Tool to Check an Applicant's Competency as an Engineer*, Proceedings of ICERS 2, Rimouski 1995.
2. Kluj S., *The Computer Aided Assessment for Engine Room Simulator*, Proceedings of 3rd International Conference on Engine Room Simulators, Svendborg 1997.
3. Kluj S., *The Modular Engine Room Simulator*, Proceedings of 11th Ship Control Systems Symposium, Southampton 1997.

4. Kluj S., *The Role and Mission of the Engine Room Simulator*, Proceedings of the 9th Ship Power Plants Symposium, Gdynia 1996.
5. Nieri D., *Certification and Licensing of Mariners Based on Performance Assessment*, Proceedings of ICERS 2, Rimouski 1995.
6. Percier M., Caillou M., Wagemann L., *Adapting Simulators for Training and the Evaluation of Operator Performance*, Proceedings of ICERS 2, Rimouski 1995.
7. Perry J., *Engine Room Simulation Evaluation and Assessment*, Proceedings of ICERS 2, Rimouski 1995.

COMPUTER AIDED ASSESSMENT OF A WATCHKEEPING ENGINEER COMPETENCY APPLIED FOR ENGINE ROOM SIMULATOR

Summary

This paper presents the Computer Aided Assessment (CAA) applied for the full mission engine room simulator developed by an author. The paper includes the classification of the engine room analogue and digital parameters. The operation error types and their weighting have been proposed as well. The different kinds of CAA tests have been described in detail. The example of the seventeen CAA static tests and their assessment criteria have been given as well.

Keywords: *ship engine room operation, simulators, assessment.*