

Teresa ABRAMOWICZ-GERIGK, Zbigniew BURCIU
Akademia Morska w Gdyni

RYZIKO DYNAMICZNE OPERACJI MANEWROWYCH PROMÓW

Słowa kluczowe

Manewry portowe, system wspomagania decyzji, ryzyko dynamiczne, prom.

Streszczenie

W artykule przedstawiono koncepcję dynamicznego ryzyka operacji manewrowych w odniesieniu do oceny bezpieczeństwa eksploatacji systemu statek–port. Zaproponowano model ryzyka uwzględniający dynamikę środowiska naturalnego i technicznego, który może być wykorzystany w systemie wspomagania decyzji, przeznaczonym dla kapitana statku, służb nadzoru ruchu i głównego dyspozytora portu. Zagadnienie ograniczono do statków samodzielnie manewrujących, rutynowo odbywających rejsy pomiędzy wybranymi portami, zwolnionych z asysty holowniczej i pilotażu. Aplikacja modelu ryzyka dynamicznego, w postaci wirtualnej maski statku, została zaproponowana w projekcie SafePort, prowadzonym w ramach inicjatywy europejskiej MARTEC (*Maritime Technologies*), jako element systemu BEDS (*Berthing and Entry Decision Support*) – wspomaganie decyzji podczas wejścia do portu i cumowania promów.

Wprowadzenie

Wdrożenie systemów informacji bezpieczeństwa morskiego SafeSeaNet, identyfikacji i śledzenia statków dalekiego zasięgu LRIT (ang. *Long Range Identification and Tracking*) oraz systemu automatycznej identyfikacji statków AIS (ang. *Automatic Identification System*), umożliwił szybki rozwój koncepcji

e-navigation, e-maritime oraz MITS (ang. *Maritime Intelligent Transportation System*). Prace dotyczące integracji systemów bezpieczeństwa, informacyjnych i komunikacyjnych prowadzone są na forum międzynarodowym w ramach IMO (ang. *International Maritime Organisation* – Międzynarodowa Organizacja Morska), Komisji Europejskiej i Europejskiej Agencji Kosmicznej [4].

Zakończony w 2008 roku czteroletni projekt europejski MarNIS (ang. *Maritime Navigation and Information Services*), w którym brało udział 50 instytucji europejskich, umożliwił opracowanie koncepcji centrum operacyjnego MOS – *Maritime Operational Services*, integrującego prace służb nadzoru ruchu statków VTS (ang. *Vessel Traffic Services*), poszukiwania i ratowania życia na morzu SAR (ang. *Search and Rescue*), ratownictwa mienia i ekologicznego, współpracujących w oparciu o jeden system informacyjny, zbierający informacje z różnych systemów [5]. Do informacji tych zaliczono indywidualne ryzyko dynamiczne, obliczane dla każdego statku w oparciu o informacje przekazywane przez systemy automatycznej identyfikacji AIS, LRIT i informację hydrometeorologiczną, dane dotyczące rozlewów olejowych i symulacji dryfu obiektów takich jak: człowiek w wodzie, kontener, statek lub rozlew olejowy.

Do podstawowych zadań centrum operacyjnego MOS zaliczono monitorowanie ruchu statków na wybranym obszarze oraz reagowanie w sytuacjach awaryjnych. Jako narzędzie umożliwiające proaktywne podejście do bezpieczeństwa i wspomagające prace centrum przyjęto system wizualizacji wskaźników ryzyka dla obserwowanych statków.

W systemie BEDS, zaproponowanym w ramach projektu SafePort jako element systemu VTS nadzoru ruchu statków, koncepcję ryzyka dynamicznego oparto na wykorzystaniu dokładnych modeli i metod bezpośrednich oceny bezpieczeństwa systemu statek – port podczas operacji manewrowych. Podejście takie umożliwia znajomość charakterystyk eksploatacyjnych statku, dlatego jest ono ograniczone do promów regularnie zawijających do portu i nie może być stosowane w oparciu o ograniczone dane, dostępne dla wszystkich statków, w informacji z systemu AIS.

1. Koncepcja ryzyka dynamicznego

Koncepcja ryzyka dynamicznego, niestosowana wcześniej w transporcie morskim, jest naturalną konsekwencją możliwości wykorzystania bieżących danych dotyczących stanu statku i jego otoczenia do opisu warunków eksploatacji.

Przykładem ryzyka dynamicznego jest opracowany w ramach projektu MarNIS indeks ryzyka, który uwzględnia parametry statku, zmienne warunki nawigacyjne związane z pogodą, ruchem innych statków, ograniczeniami akwenu oraz dostępność środków redukcji ryzyka: holowników, jednostek SAR i ra-

townictwa ekologicznego. Wielkość ta jest iloczynem prawdopodobieństwa zagrożenia, jego konsekwencji i zastosowanych opcji kontroli ryzyka.

Podstawą opracowania wskaźnika były dane statystyczne, opinie ekspertów i modelowanie matematyczne. Jego wiarygodność związana jest z dostępną informacją i dokładnością przyjętych modeli. Na obecnym etapie badań ryzyko jest obliczane w oparciu o dane statku przekazywane przez system AIS.

Indeks ryzyka porównywany jest z założoną wartością graniczną, która zmienia się w zależności od panujących warunków pogodowych i umożliwia operatorowi nadzorującemu bezpieczeństwo danego akwenu, zwrócenie uwagi na statki niespełniające założonego standardu. Koncepcję wskaźników ryzyka dynamicznego poddano testom w Morskim Ratowniczym Centrum Koordynacyjnym MRCC Milford Haven (ang. *Maritime Rescue Coordination Centre Milford Haven*).

Analiza ryzyka operacji manewrowych stosowana w portowych systemach bezpieczeństwa opiera się przede wszystkim na ocenie ekspertów. Zagrożeniom przypisuje się częstotliwość lub prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz konsekwencje. Umożliwia to określenie ryzyka, a następnie ustalenie zakresu ALARP. Zasada ALARP stosowana jest do zarządzania ryzykiem w większości portów i na jej podstawie wyznacza się środki redukcji ryzyka w oparciu o analizę kosztów i zysków.

Zastosowanie metod bezpośrednich pozwala obliczać ryzyko dynamicznie, w zależności od zmiennych warunków nawigacyjnych, przy czym oprócz geometrii akwenu uwzględnia się zmienne w czasie warunki hydrometeorologiczne, ruch innych statków oraz dostępność środków redukcji ryzyka (holowniki, informacja hydrometeorologiczna i nawigacyjna, systemy wspomaganie decyzji, służby ratownictwa życia i mienia).

2. Model ryzyka dynamicznego operacji manewrowych promów

Ryzyko zgodnie z ogólnie przyjmowaną definicją jest iloczynem prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia i jego konsekwencji. Koncepcja ryzyka dynamicznego uwzględnia dodatkowy czynnik w postaci środków kontroli ryzyka.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia określa się dla zadanego czasu i położenia statku.

Podczas przejścia statku torem podejściowym do portu brane są pod uwagę następujące zdarzenia: zejście z wyznaczonego toru wodnego, sytuacja kolizyjna z innym statkiem, awaria napędu, pożar na statku, zderzenie z dryfującym obiektem.

Prawdopodobieństwo ich wystąpienia zależy od następujących czynników: stan techniczny statku, warunki hydrometeorologiczne, pozycja statku, kurs i prędkość statku, odległość statku od przeszkody na torze wodnym.

Podczas podejścia statku do nabrzeża lub odchodzenia od nabrzeża brane są pod uwagę następujące zdarzenia: uderzenie o nabrzeże, przekroczenie dopuszczalnych nastaw urządzeń napędowych i sterujących, niemożliwość wykonania manewru. Czynniki, od których zależy prawdopodobieństwo ich wystąpienia, są następujące: stan techniczny statku, warunki hydrometeorologiczne, znajomość oddziaływań statek–nabrzeże, znajomość dopuszczalnych parametrów falowania.

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia określa się w zależności od wymienionych czynników, przy czym nie proponuje się złożonego modelu sekwencyjnego, obejmującego wszystkie etapy operacji portowych. Ze względu na dynamiczne podejście możliwa jest bieżąca kontrola parametrów ruchu statku i wpływu stosowania środków redukcji ryzyka.

Prawdopodobieństwo zejścia statku z wyznaczonego toru wodnego można określić bezpośrednio korzystając z prawdopodobieństwa utrzymania się statku na torze wodnym przy oddziaływaniu wiatru i fali, w zależności od prędkości statku [1, 8]. Przy założeniu, że kąt kursowy statku ψ , kąt dryfu β oraz bezwymiarowa prędkość kątowna ω są małe (1), rozwiązaniem układu równań opisujących ruch statku na torze wodnym jest proces Markowa.

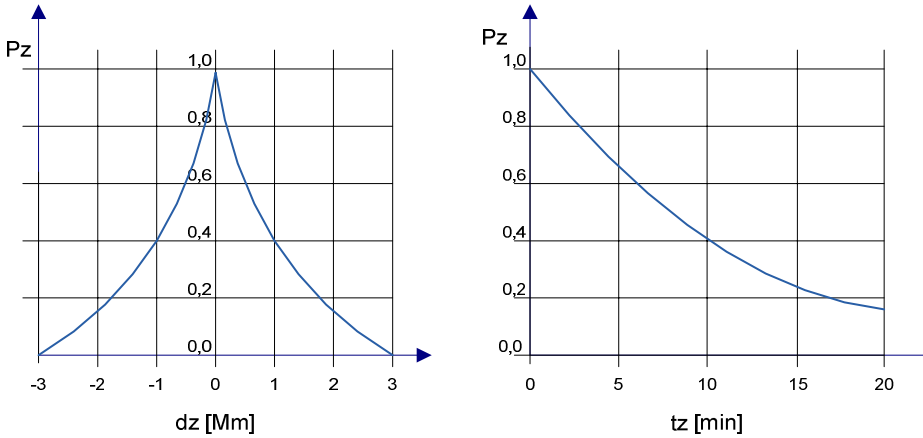
$$|\psi| \leq 0,4, |\beta| \leq 0,2, |\omega| \leq 0,1 \quad (1)$$

Prawdopodobieństwo P_z sytuacji kolizyjnej z innym statkiem lub zderzenia z dryfującym obiektem określa się na podstawie rzeczywistej odległości od przeszkody i czasu przewidywanego zderzenia (2). Na rys. 1 przedstawiono prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji kolizyjnej ze statkiem.

$$P_z = e^{-d_z} e^{-6t_z} \quad (2)$$

Prawdopodobieństwa awarii urządzeń statkowych w przypadku promów nie można odnosić do wieku statku i flagi, stosowanych w ogólnych modelach ryzyka. Na torze podejściowym można je uznać za pomijalnie małe, w przypadku gdy statek nie raportuje wcześniejszej awarii.

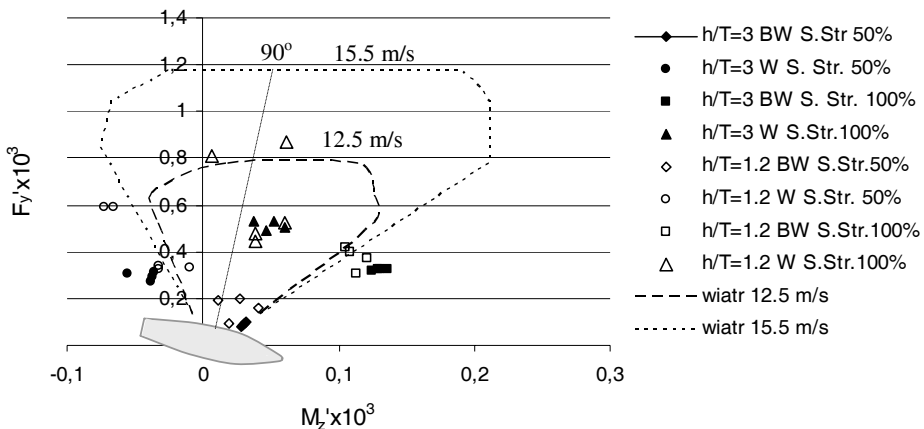
Podczas manewrów podchodzenia i odchodzenia od nabrzeża awaria napędu może być związana z uszkodzeniem układu hydraulicznego sterowania skokiem skrzydeł śruby nastawnej lub przekroczeniem parametrów eksploatacyjnych sterów strumieniowych. Wartość prawdopodobieństwa przyjmuje się w tym przypadku na podstawie opinii ekspertów, uwzględniając w przypadku sterów strumieniowych mnożnik pogodowy.



Rys. 1. Prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji kolizyjnej ze statkiem

Prawdopodobieństwo uderzenia statku o nabrzeże oblicza się jako prawdopodobieństwo przekroczenia dopuszczalnej energii kinetycznej statku, uwzględniając rzeczywiste warunki pogodowe, w szczególności występowanie wiatru i falowania.

Możliwość wykonania manewru określa się na podstawie porównania sił oddziaływania środowiska oraz sił generowanych na kadłubie statku przez urządzenia napędowe i sterujące, w zadanych warunkach (rys. 2) [2, 3].



Rys. 2. Przykład obliczeń siły poprzecznej i momentu myśkowania F_y' i M_z' , generowanych przez pędniki i stery strumieniowe podczas podchodzenia statku do nabrzeża, siły i momentu od działania wiatru dla promu [2], h – głębokość wody, T – zanurzenie statku

$$Fy' = \frac{Fy}{0,5\rho gL^2T} \quad (4)$$

$$Mz' = \frac{Mz}{0,5\rho gL^3T} \quad (5)$$

W przypadku promów do oceny prawdopodobieństwa przekroczenia dopuszczalnych parametrów cumowania można wykorzystać rzeczywiste charakterystyki oddziaływań statek–nabrzeże. Graniczne nastawy, określone na podstawie symulacji numerycznej pola prędkości opływu statku stanowią podstawę do oceny prawdopodobieństwa bezpiecznego wykonania manewru.

W modelu ryzyka wyróżnia się konsekwencje związane z utratą życia i zdrowia ludzi, stratami ekonomicznymi i zanieczyszczeniem środowiska naturalnego. Zastosowanie podejścia zaproponowanego w [6] pozwala przyjąć jednakową miarę, odpowiadającą stratom ekonomicznym dla wszystkich konsekwencji. Podobne podejście zastosowano przy wyznaczaniu wskaźnika ryzyka utraty życia, przyjmując, podobnie jak przy ocenie ryzyka w transporcie drogowym, wartość 2 milionów euro.

Wyznaczone wartości ryzyka zmieniają się po przyjęciu odpowiednich środków redukcji ryzyka – w postaci asysty holowniczej lub korekty parametrów ruchu statku zgodnie z zaleceniami systemu wspomagania decyzji, który podaje przewidywaną trajektorię dla warunków nawigacyjnych na całej długości toru podejściowego.

$$R_i = P_i C_i F_i \quad (6)$$

gdzie: P_i – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia i ,

C_i – konsekwencje wystąpienia zagrożenia i ,

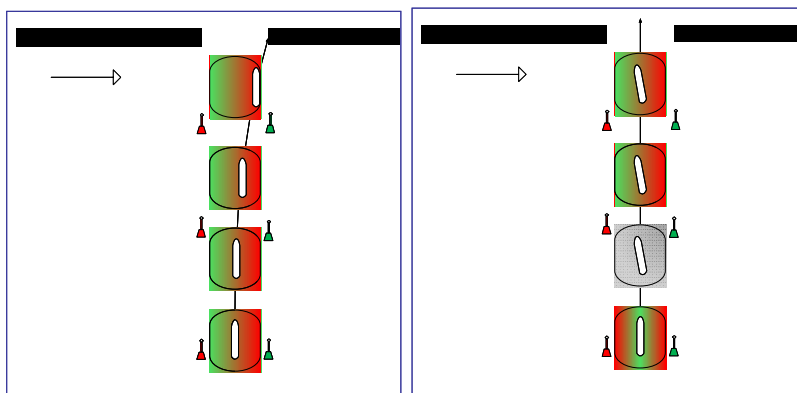
F_i – współczynnik redukcji ryzyka dla zagrożenia i .

3. Wizualizacja dynamicznego ryzyka w systemie BEDS

W zaproponowanym systemie wspomagania decyzji użytkownicy dysponują bieżącą informacją dotyczącą aktualnych i przewidywanych charakterystyk eksploatacyjnych i bezpieczeństwa. Informacja o przewidywanym czasie zakończenia manewru jest dostępna dla kapitana statku, kapitana portu i głównego dyspozytora portu. Moduł reakcji statku zbiera dane dotyczące stanu statku, dzięki czemu możliwe jest bieżące określenie zagrożeń i obliczenie ryzyka.

System wspomagania decyzji podaje parametry otrzymane z modułu informacji hydrometeorologicznej, identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka w postaci graficznej. W projekcie założono wizualizację ryzyka dynamicznego, które

zmienia się podczas operacji manewrowych, w zależności od warunków eksploatacji systemu, w postaci wirtualnej maski (rys. 3), wyświetlanej na mapie elektronicznej.



Rys. 3. Wizualizacja ryzyka podczas podejścia do portu – zalecana zmiana kursu przy występowaniu prądu poprzecznego

Przy założonych umiejętnościach i doświadczeniu kapitanów promów informacja taka jest wystarczająca do skorygowania założonego planu manewrów, przy znajomości zmiennych warunków zewnętrznych.

Podsumowanie

W projekcie systemu BEDS przewidziano jego implementację do systemu wymiany informacji bezpieczeństwa żeglugi, wykorzystywanego przez VTS Zatoka Gdańska, przy czym dane z systemu VTS mogą być udostępniane statkom w założonym zakresie. Podejście takie jest zgodne globalną tendencją do integracji systemów nawigacyjnych i informacji morskiej.

W ramach koncepcji Sharing VTS Information Using Standards, w odniesieniu do portów, zaproponowano wyminę informacji wykorzystywanych przez VTS pomiędzy instytucjami zewnętrznymi, takimi jak: pilotaż, policja i służby celne oraz zaprojektowano system C-Scope Operator Client, który umożliwia udostępnianie danych statkom i władzom lokalnym.

Globalna integracja systemów wymaga jednak wprowadzenia wielu zmian, w tym głównie zmian legislacyjnych i ochrony dostępu do informacji.

Bibliografia

1. Abramowicz-Gerigk T.: Application of the current model in the stochastic safety measure for a ship entering the harbour. Proceedings of the XV-th International Scientific and Technical Conference "The Role of Navigation in Support of Human Activity on the Sea", 2005, Gdynia, Poland.
2. Abramowicz-Gerigk T.: Czynniki wpływające na utrzymanie gotowości manewrowej statku. XXXVI Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk 2008, 7–15.
3. Abramowicz-Gerigk T.: Elements of port ITS increasing safety and efficiency of ship manoeuvring operations in short sea shipping. Journal of KONBIN, Vol. 1 No 1(4) 2008, 71–81.
4. Abramowicz-Gerigk T., Burciu Z.: Systemy bezpieczeństwa i obsługi autostrady morskiej. Logistyka 2009.
5. Koldenhof Y., Glansdorp C., Baldauf M., Sá R., Degré T., van der Tak C.: WP 3.1 Risk and Environmental Impact Analysis, <http://www.marnis.org/>, 2008.
6. Koldenhof Y., Glansdorp C., van der Tak C.: Risk Awareness; a Model to Calculate the Risk of a Ship Dynamically, Proceedings of XIII International Scientific and Technical Conference on Marine Traffic Engineering, Editor L. Gucma, Molmo, Sweden, 2009, 112–119.
7. Ronza A., La'zaro-Touza L., Carol S., Casal J.: Economic valuation of damages originated by major accidents in port areas, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 22 (2009) 639–648.
8. Vorobyov Y.L., Kosoy M.B., The navigational width for a vessel going on the trajectory in shallow water under wind and wave. Proceedings of International Conference Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources, IMAM 2005. Lisbon 2005.

Recenzent:
Wiesław GALOR

Dynamical risk of ferry manoeuvring operations

Key-words

Harbour manoeuvres, decision support system, dynamical risk, ferry.

Summary

The paper presents a concept of dynamical risk of manoeuvring operations with respect to operational safety of the ship – port system. The natural and technical environment dynamics is included in the proposed risk model. The problem concentrates on the vessels routinely covering turn-around routs between the selected ports and which do not use the Dynamical Positioning (DP) systems as for example modern cruise vessels or fast ferries. For the harbour approach and berthing they have the allowance to manoeuvre themselves without piloting and tugging up to the allowable environment parameters. The proposed risk model can be implemented in the decision support system BEDS – (Berthing and Entry Decision Support system), dedicated for the use by ferries, harbour authority services - Harbour Master or VTS, Port Chief Dispatcher as an element of physical architecture of port ICT (Information and Communication Technologies) system. The application of the dynamical risk model has been proposed in the SafePort project, carried out within MARTEC (Maritime Technologies) European initiative.

