

Ryszard K. MILER, Maciej PIOTROWICZ

ZASTOSOWANIE SIECI PETRIEGO DO MODELOWANIA PROCESÓW BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE MORSKIM

Streszczenie

Bezpieczeństwo transportu morskiego jawi się jako istotny czynnik sprawności oraz efektywności procesów realizowanych globalnie przy użyciu tej gałęzi transportu. Celem badań przedstawionych w niniejszym artykule było ukazanie możliwości wykorzystania różnorodnych notacji do modelowania wybranych procesów z zakresu bezpieczeństwa transportu morskiego. Szczególny nacisk położono na ukazanie możliwości zastosowania sieci Petriego jako nowatorskiej, dotychczas nie wykorzystywanej notacji dla reprezentacji opisywanych procesów. Do opisu wybrano reprezentatywny proces tworzenia zintegrowanego zobrazowania żeglugi (IMAP) z wykorzystaniem narzędzi monitoringu (podsystem sensoryczny), analizowania (podsystem analityczno-decyzyjny) oraz reagowania (podsystem efektorowy). W badaniu użyto analizy holistycznej w ramach paradygmatu cybernetycznego oraz wykorzystano metody i narzędzia modelowania z teorii systemów. Rezultatem badań jest przedstawienie procesu tworzenia i analizy IMAP za pomocą schematów blokowych, algorytmów i sieci Petriego. Pozwoli to na dalsze prace związane z tworzeniem systemów eksperckich (analityczno-decyzyjnych) możliwych do implementacji w nowobudowanych zintegrowanych systemach monitoringu żeglugi morskiej i bezpieczeństwa transportu morskiego. W artykule pozytywnie zweryfikowano roboczą hipotezę stanowiącą, iż sieci Petriego stanowią użyteczną notację do modelowania i formalnej analizy procesów bezpieczeństwa transportu morskiego.

WSTĘP

Transport morski od początku cywilizacji odgrywa rolę motoru napędowego dla gospodarek narodowych, o czym może świadczyć najlepiej fakt, że współcześnie tą drogą przewożone jest około 90% wszystkich towarów na świecie. Współczesny transport morski to żegluga morska i wspierające ją operacje portowe, które przebiegają w niezwykle wyśrubowanych reżimach technologicznych i operacyjnych, towarzyszy temu zjawisko presji czasowej, imperatywu obniżenia kosztów operacyjnych i najważniejsza reguła – zapewnienie tym operacjom najwyższego możliwego do osiągnięcia poziomu bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo i wolność żeglugi są bowiem od wieków „konstytucyjnym” prawem wszystkich państw morskich, a współcześnie również jedną z głównych determinant efektywności ekonomicznej procesów transportu morskiego. Budowanie systemu bezpieczeństwa morskiego jest procesem ciągłym i wieloaspektowym. Nie jest to już kwestia jedynie lokalna czy nawet kontynentalna, lecz ma ona charakter globalny i międzynarodowy [2, s. 36].

Istnieją dwa fundamentalne pojęcia determinujące bezpieczeństwo w domenie morskiej: bezpieczeństwo morskie i bezpieczeństwo morskie państwa ściśle korespondujące z podziałem na obszar safety i security. Bezpieczeństwo morskie (ang. maritime safety) i ochrona morska (ang. maritime security) to aspekty pojęciowe, które mieszczą w sobie dwa najważniejsze obszary występowania zagrożeń: zagrożenia natury nautycznej, często posiadające charakter probabilistyczny i świadome zagrożenia ze strony czynników antropogenicznych, mające z definicji charakter zdeterminowany. Taki charakter zagrożeń prowadzi w konsekwencji do konieczności monitorowania procesów zachodzących w transporcie morskim. Ważnym aspektem stają się więc kwestie zunifikowanej struktury systemu zarządzania bezpieczeństwem transportu morskiego oraz precyzyjne wskazanie narzędzi wspomagających ten proces - zintegrowanych systemów monitoringu żeglugi jako systemowego wsparcia procesów pozyskiwania i przetwarzania informacji zarządczej.

1. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ: INTEGRACJA SYSTEMÓW MONITORINGU BEZPIECZEŃSTWA TRANSPORTU MORSKIEGO

Transport morski jako newralgiczny element systemu gospodarczego świata podlega zatem procedurom analitycznym zwiększającym poziom jego bezpieczeństwa, a tym samym potencjał dalszej optymalizacji procesów transportowych i ich pochodnych (przeładunki, składowanie, magazynowanie itp.). Proces analityczno-decyzyjny nie jest możliwy bez posiadania odpowiednich systemów pozyskiwania informacji o żegludze, operacjach portowych i środowisku (wytworzenie, zbieranie i przekazywanie informacji), elementów analityczno-decyzyjnych (przetwarzanie informacji za pomocą inteligentnych zaawansowanych algorytmów decyzyjnych) i wykonawczych (przekazywanie informacji zarządczej – decyzji do realizacji przez podległe komórki systemu). Tak rozumiana sekwencja działań odpowiada definicji monitoringu a jego realizacja odbywa się, w ujęciu modelowym, za pomocą trzech modułów [10, s. 210]:

- sensorycznego - pozyskiwania informacji z dostępnych źródeł (np. z systemów AIS, LRIT, SafeSeaNet i podobnych);
- analityczno-decyzyjnego – służącego do wyeliminowania zjawiska entropii informacyjnej i przetwarzania informacji do postaci decyzji (w oparciu o inteligentne algorytmy decyzyjne np. CPM, PERT, macierze wypłat, teoria gier, data mining, smart agents i in. oraz tzw. triggerów zainstalowanych w oprogramowaniu wspomagającym proces analityczny);
- efektorowego – służącego przekazaniu decyzji (najlepiej w sposób zautomatyzowany) do natychmiastowego wykonania (z uwzględnieniem funkcji prewencyjno-zapobiegawczej i optymalizacyjnej).

Zapotrzebowanie na tak określoną specyficzną informację z obszaru transportu morskiego skutkowało opracowaniem i wdrożeniem do praktyki transportowej na morzu licznych systemów pozyskiwania, gromadzenia, przetwarzania oraz rozpowszechniania informacji. Początkowe umocowanie wszystkich systemów monito-

ringu żegluga miało swoje merytoryczne uzasadnienie w koncepcjach bezpieczeństwa żegluga m.in. Maritime Situational Awareness (MSA) [2, s.2], jednak stosunkowo szybko dostrzeżono ogromną wartość tego typu informacji dla optymalizacji procesów w łańdżach morskich łańcuchach logistycznych i rozpoczęto dynamiczną jej eksploatację na tym obszarze.

Gwałtowny rozwój systemów kontroli i kierowania ruchem żeglugowym nastąpił w wyniku regulacji IMO i rozwoju technik sensorycznych do zbierania informacji z całego procesu transportu morskiego. Po początkowym okresie nieskoordynowanego tworzenia różnorodnych systemów o zróżnicowanej architekturze, przeznaczeniu i „uzbrojeniu” sensorycznym, pojawiły się tendencje do unifikacji i koordynacji przedsięwzięć z tego zakresu, w wyniku czego pojawiły się trzy podstawowe typy systemów [10, s.216]:

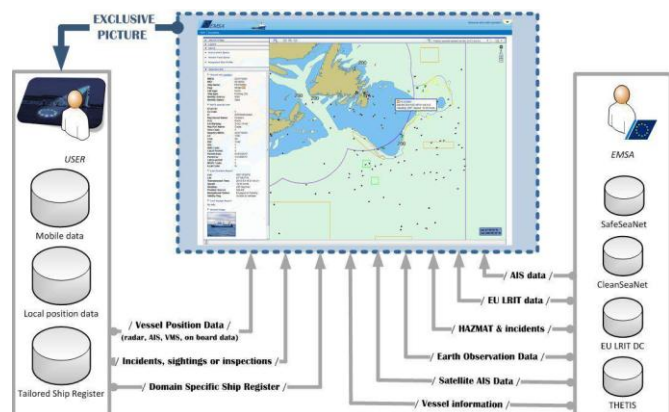
- systemy klasy VT-MIS (Vessel Traffic Monitoring and Information System) na poziomie narodowym i regionalnym (UE);
- częściowo zintegrowane (semizintegrowane) systemy narzędziowe nowych koncepcji bezpieczeństwa morskiego i ochrony żegluga (np. SWIBŻ w Polsce, BRITE w koncepcji MSA w NATO, IMDatE w Europie);
- komercyjne systemy wsparcia operatorów transportu morskiego w łańdżach logistycznych (jako pochodna implementacji zunifikowanych standardów).

Jednym z najdynamiczniej rozwijanych w ramach europejskiej doktryny zintegrowanego nadzoru morskiego [6, s. 2-6] Common Information Sharing Environment (CISE) jest semizintegrowany system monitoringu żegluga morskiej oparty o koncepcję Integrated Maritime Data Environment IMDatE stanowiącą platformę i narzędzie informatyczne wymiany danych bezpieczeństwa żegluga morskiej na akwenach europejskich [5, s. 2].

W strategii zwiększenia potencjału bezpieczeństwa transportu morskiego UE głównym celem jest uzyskanie obrazu sytuacji w zakresie działań na morzu, które mają znaczenie dla bezpieczeństwa morskiego i na morzu, ochrony żegluga, kontroli granicznej, środowiska morskiego i jego zanieczyszczenia, kontroli rybołówstwa, egzekwowania prawa w ogólnym zakresie i dla obronności, a także dla całokształtu interesów gospodarczych Unii Europejskiej.

Wymiana informacji powinna odbywać się na podstawie zapotrzebowania na informacje i prawnego obowiązku ich udostępniania, co w pierwszej kolejności wymusza ustanowienie i zaakceptowanie odpowiednich legislacji obowiązujących kraje UE.

Mimo, iż CISE i IMDatE są we wczesnej fazie implementacji i stanowią na chwilę obecną wciąż rozwiązania eksperymentalne oparte na pilotażowych projektach cząstkowych to można już dostrzec logikę całej koncepcji [9, s.123]. Uporządkowane przepływy informacji i tworzenie wartości dodanej z integracji strumieni danych przedstawione zostały na rysunku 1.



Rys. 1. Koncepcja zintegrowanego obrazu bezpieczeństwa morskiego UE w mechanizmie CISE IMDatE [11, s.16-19].

Koncepcja IMDatE będzie w konsekwencji prowadzić do generacyjnej zmiany w podejściu do problematyki bezpieczeństwa transportu morskiego od istniejących niezintegrowanych systemów, poprzez ich integrację i stworzenie centrum monitoringu aż do selektywnego dostępu do zintegrowanego strumienia danych i ich analiz uzyskiwanego przez właściwe podmioty krajów członkowskich UE odpowiadające za bezpieczeństwo morskie [8, s.7]. Rozwinięciem tak rozumianego trendu jest koncepcyjny model zintegrowanego systemu monitoringu bezpieczeństwa transportu morskiego (ZSMBTM), w której z definicji powinny zostać zaimplementowane rozwiązania analityczno-decyzyjne (w ramach podsystemów eksperckich) wykorzystujące m.in. funkcjonalności sieci Petriego do modelowania procesów bezpieczeństwa.

2. FUNKCJONALNOŚCI SIECI PETRIEGO W MODELOWANIU PROCESÓW TRANSPORTU MORSKIEGO

Sieci Petriego (ang. Petri-Net) stanowią wygodny sposób opisu różnych rodzajów systemów [13, s.78-84]. Szczególnie wiele zastosowań znalazły w inżynierii systemów, gdzie stosuje się je zwłaszcza do opisu i analizy systemów współbieżnych [14, s. 43].

Podstawą do budowania sieci Petriego jest graf dwudzielny Berge'a zawierający dwa rozłączne zbiory wierzchołków zwanych miejscami i tranzycjami. Łuki w takim grafie są skierowane i jednokrotne a charakterystyczną cechą grafu stosowanego w sieciach Petriego jest fakt, że łuki muszą łączyć różne typy wierzchołków [12, s. 47]. Do podstawowych sieci Petriego (od najbardziej niskiego do wysokiego poziomu) należą [13, s. 71]:

- uogólniona sieć Petriego,
- znakowana sieć Petriego,
- sieć Petriego miejsc i przejść,
- czasowa sieć Petriego,
- kolorowana sieć Petriego,
- kolorowana, czasowa sieć Petriego,

Aby wykorzystać sieć Petriego do modelowania procesów (w tym ruchowych w transporcie morskim) należy dokonać podziału jej elementów na [1, s. 29]:

- elementy pasywne: zapamiętują, magazynują (informacje, elementy materialne), są reprezentowane w sieciach przez miejsca;
- elementy aktywne: wytwarzają, przetwarzają, transportują np. dostawca, odbiorca, użytkownik; są reprezentowane w sieciach przez tranzycje;
- łuki: przedstawiają powiązania (abstrakcyjne) pomiędzy elementami aktywnymi i pasywnymi, np. powiązanie logiczne, prawa dostępu; służą do definiowania zasad sterowania w sieci.

Modelowanie sieciami Petriego umożliwia także uporządkowane przejście od modelowania statycznego (kanały, instancje) do modelowania systemu dynamicznego, gdzie [1, 30]:

- pojawiają się znaczniki sieci, mające postać konkretnych obiektów np. zgłoszenie wejścia statku do portu, konosament, lista pasażerów; znacznik w niektórych sieciach jest bezimienny, np. kropka, nazwany (indywidualny), kolorowany (coloured); dynamika sieci jest modelowana przez przenoszenie znaczników pomiędzy miejscami w następstwie wykonywania łączących je tranzycji;
- sieć opisuje reguły postępowania z obiektami (znacznikami) w tranzycjach np. wydanie dokumentów przewozowych, wydanie zgody na wejście do portu, tym samym siecią można bardzo szczegółowo opisać funkcjonowanie systemu;
- sieć opisuje reguły decyzyjne wpływające na zachowanie się systemu;

– sieć może opisać zachowanie się całego systemu.

W rozważaniach nad wykorzystaniem sieci Petriego do modelowania procesów w koncepcji zintegrowanego systemu monitoringu bezpieczeństwa transportu morskiego (ZSMBTM) sieć Petriego jest opisana krótką:

$$CPN = (\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I) \quad (1)$$

gdzie:

Σ – skończony niepusty zbiór typów znaczników, zwany zbiorem kolorów;

P – zbiór (skończony) miejsc;

T – zbiór (skończony) tranzycji;

A – skończony zbiór łuków, taki że: $P \cap T = P \cap A = T \cap A = \emptyset$;

N – funkcja wierzchołków, $N : A \rightarrow P \times T \cup T \times P$;

C – funkcja kolorów, $C : P \rightarrow \Sigma$;

G – funkcja dozorów, $G : T \rightarrow EB$, gdzie EB jest zbiorem wyrażeń o wartościach boole'owskich, spełniających warunek $\forall_{t \in T} Type(G(t)) = B \wedge Type(Var(G(t))) \subseteq \Sigma$;

E – funkcja wyrażeń łuków, $E : A \rightarrow EC$, gdzie EC jest zbiorem wyrażeń o wartościach w wielozbiorach kolorów, spełniających warunek

$$\forall_{a \in A} Type(E(a)) = C(p(a))_{MS} \wedge Type(Var(E(a))) \subseteq \Sigma,$$

gdzie p(a) jest miejscem łuku N(a);

I – funkcja inicjalizacji, $I : P \rightarrow ECP$, gdzie ECP jest zbiorem wyrażeń, spełniających warunek $\forall_{p \in P} Type(I(p)) = C(p)_{MS}$.

Rysunek 2 przedstawia reprezentację graficzną przykładowych właściwości modeli skonstruowanych w terminach sieci Petriego. Miejsca zostały oznaczone jako P0, P1, P2,...,P12, natomiast tranzycje jako T0, T1, T2,..., T6.

Sieci Petriego mogą więc znaleźć zastosowanie przy modelowaniu zagadnień związanych z transportem morskim, szczególnie zaś procesów ruchowych związanych z bezpieczeństwem [3, s. 25-27]. Celem wskazania praktyczności takiego wykorzystania sieci Petriego można przedstawić model rozwiązujący problem pozyskiwania zintegrowanego zobrazowania żeglugi typu Integrated Maritime Picture (IMAP) wykorzystywany w IMDatE oraz ZSMBTM [9, s.124].

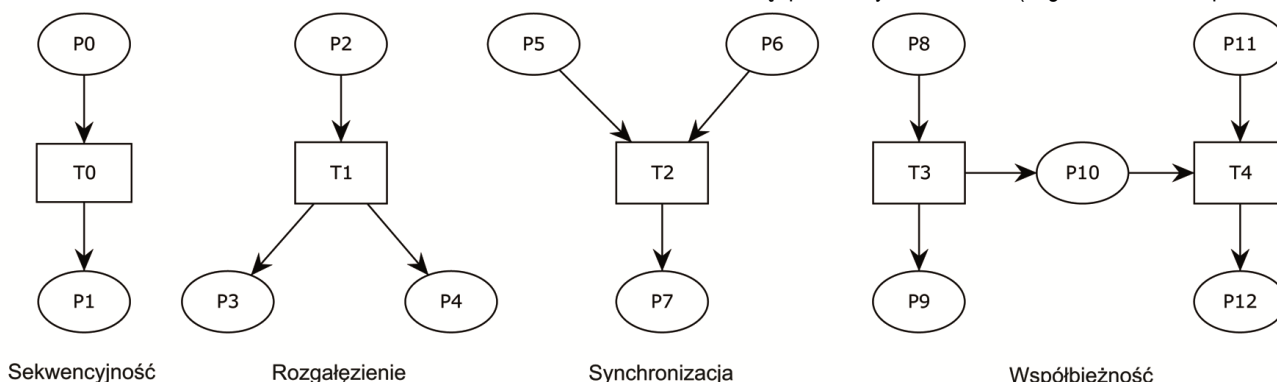
Proces uzyskania zintegrowanego zobrazowania żeglugi typu IMAP powinien z definicji wykorzystywać praktycznie wszystkie dostępne elementy sensoryczne, efektem powinien być wielowarstwowy obraz (monitoring) żeglugi na wybranym akwenu. IMAP powinien stanowić punkt wyjścia do systemowych analiz oraz implementacji (efektorowej) rozwiązań operacyjnych zmniejszających

poziom ryzyka bezpieczeństwa żeglugi morskiej na monitorowanym akwenu [10, s. 14-16]. Wyzwaniem, które pojawiło się w tym momencie przed autorami niniejszego artykułu, jest zbudowanie modelu umożliwiającego analizę reprezentatywnych procesów z zakresu budowy i interpretacji IMAP oraz ich zapis w optymalnej z punktu widzenia dalszych badań nad systemami eksperckimi, notacji.

3. IDENTYFIKACJA GŁÓWNYCH ZAŁOŻEŃ KONCEPCJI BADAŃ

Przykładem takiego procesu w zintegrowanym systemie monitoringu bezpieczeństwa transportu morskiego (ZSMBTM) dla IMAP (w relacji pozyskanie informacji – analiza – działania efektorowe) może stać się procedura związana z wykryciem anomalii dotyczącej zaplanowanych parametrów ruchu danej jednostki (np. jednostka zmniejsza prędkość, zmienia kurs bez wyraźnego związku z panującymi warunkami nautycznymi). Standardowe zobrazowanie typu IMAP powinno być efektem działania oraz integracji informacji pozycjonującej wszystkie jednostki na wybranym akwenu ze wszystkich dostępnych sensorów (AIS, AIS-S, LRIT, VMS), każdy ze statków ma przypisany plan rejsu (wg tzw. waypoints – pozycja zwrotu i przewidywany czas jej osiągnięcia) i system powinien automatycznie w tle porównywać aktualną pozycję obserwowaną na IMAP z planem rejsu. W przypadku wykrycia anomalii (wielkość krytycznego parametru uruchamiającego ALERT powinna być ustalona w standardowej procedurze, dla kursu (KR) w zależności od charakterystyki akwenu – otwarte morze czy rejon ścieśniony powinno być to ok. 30° przez okres od kilku do 30 min., a dla prędkości (v) jej znaczący spadek przez inercję do dryfu obserwowany w zadanym okresie czasu) system musi wywołać funkcję alarmu ekranowego w centrum monitorowania tak, aby zwrócić uwagę operatora na potencjalne zagrożenie oraz automatycznie (tzw. trigger'y) rozpocząć procedurę analizy dostępnych (także w innych podsystemach) danych takich jak:

1. Czy statek rozpoczął nadawanie sygnału np. GMDSS DISTRESS o niebezpieczeństwie na morzu (jeżeli TAK to sygnał należy przekazać odpowiednim służbom ratowniczym SAR, Ratownictwa Okrętowego, służbom SECURITY w ramach innego podsystemu, jeżeli NIE to należy podjąć próbę nawiązania łączności ze statkiem np. IMMARSAT);
2. Czy statek nawiązał łączność z systemami zarządzania bezpieczeństwem i /lub armatorem (czy statek odpowiada na wezwania), jeżeli TAK to czy wyjaśnienia są wiarygodne a sytuacja pod kontrolą załogi, (czy nie jest to np. utrata manewrowości zagrażająca bezpieczeństwu nautycznemu, pożar, wybuch, inne zagrożenia życia załogi oraz bezpieczeństwa statku i ładunku), jeżeli statek nie odpowiada należy rozpocząć procedury SECURITY (zagrożenie aktem piractwa bądź

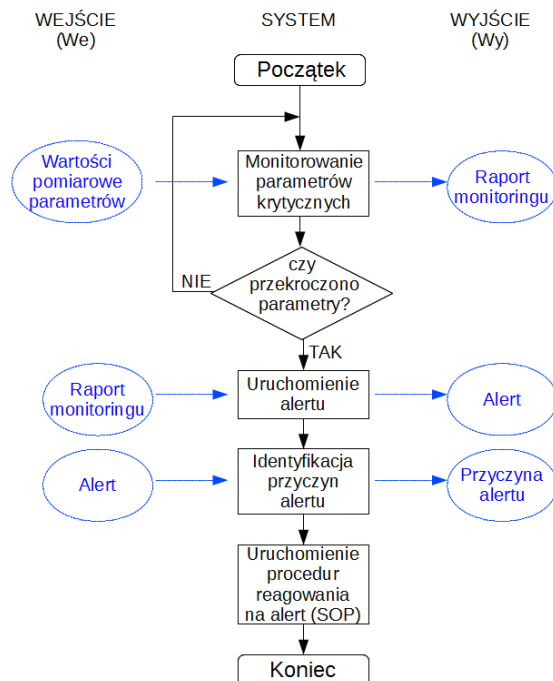


Rys. 2. Przykładowe właściwości modelowane w terminach sieci Petriego (sekwencyjność, rozgałęzienie, synchronizacja, współbieżność) [3, s. 4]

- terroru);
3. Czy statek miał kolizję z inną jednostką pływającą (analiza historyczna nakresu manewrowego danej jednostki) (jeżeli TAK to należy sygnał przekazać służbom ratowniczym, jeżeli NIE to dalsza procedura sprawdzania);
 4. Czy wszystkie systemy nawigacyjne AtoN pracują poprawnie (jeżeli TAK to procedury dalszego sprawdzania, jeżeli NIE to czy usterka systemów nawigacyjnych jest główną przyczyną anomalii a załoga jest tego świadoma);
 5. Czy wszystkie systemy napędowe i energetyczne na statku zapewniające ruch są sprawne (jeżeli TAK to procedury dalszego sprawdzania, jeżeli NIE to czy awaria np. napędu jest główną przyczyną anomalii a załoga jest tego świadoma);
 6. Czy statek mógł doznać awarii wskutek bardzo trudnych warunków hydro-meteorologicznych (np. uszkodzenie, przełamanie kadłuba w wyniku silnego sztormu i falowania) (jeżeli TAK to należy powiadomić odpowiednie służby ratownictwa, jeżeli NIE to dalsze procedury sprawdzania);
 7. Czy systemy monitorowania parametrów transportowych ładunku raportują sytuację niebezpieczną (np. naruszenie integralności kontenera z materiałami niebezpiecznymi, podwyższenie temperatury w ładowni – wybuch, zapłon itp.) (jeżeli TAK to czy jest to główną przyczyną anomalii i jakie służby powinny zająć się akcją ratowniczą – np. klasy ładunku wg IMDG code, jeżeli NIE to dalsze procedury sprawdzania);
 8. Czy załoga pozostaje na statku (sprawdzenie położenia dokumentów biometrycznych względem struktury statku) (jeżeli NIE to przekazanie informacji do służb ratowniczych, jeżeli TAK to dalsze procedury sprawdzania);
 9. Czy na liście pasażerów znajdowały się osoby podejrzane o wspieranie terroryzmu, piractwa, notowane za przestępstwa rozboju itp. (jeżeli TAK to czy zaistniało prawdopodobieństwo porwania statku – kalkulacja ryzyka oparta o dane historyczne dot. wejść do portów, kontaktów załogi itd., jeżeli NIE – dalsze procedury sprawdzania);
 10. Czy w najbliższej odległości od statku z detekcją anomalii znajdują się inne jednostki a sytuacja w rejonie anomalii zagraża bezpieczeństwu ich ruchu (jeżeli TAK to przekazanie informacji do służb NHZ i wydanie ostrzeżenia nawigacyjnego, jeżeli NIE to dalsze procedury sprawdzania);
 11. Czy z analizy danych historycznych ruchu jednostki z detekcją anomalii i wszystkich innych jednostek w promieniu 30 mil morskich (z użyciem techniki zdjęć satelitarnych wynika, że mogło dojść do świadomego działania o charakterze przestępczym np. stanięcie w dryfie celem podjęcia/zdania nielegalnego ładunku typu kontrabanda, narkotyki, broń lub członków grup przestępczych itp. na pokład szybkiej łodzi motorowej) (jeżeli TAK to należy podjąć akcję typu SECURITY, jeżeli NIE to dalsze procedury sprawdzania);

Systemy efektorowe powinny w sposób automatyczny (przy założeniu, że wszyscy interesariusze posiadają dostęp do odpowiedniej warstwy zobrazowania i części analitycznej) reagować na wynik analiz wprowadzając kolejne standardowe procedury oraz realizując uprzednio przygotowany i zaprogramowany CONTYNGENCY PLAN [8, s. 39-42].

Istota tak rozumianego procesu opiera się na algorytmie przedstawionym na rysunku 3.

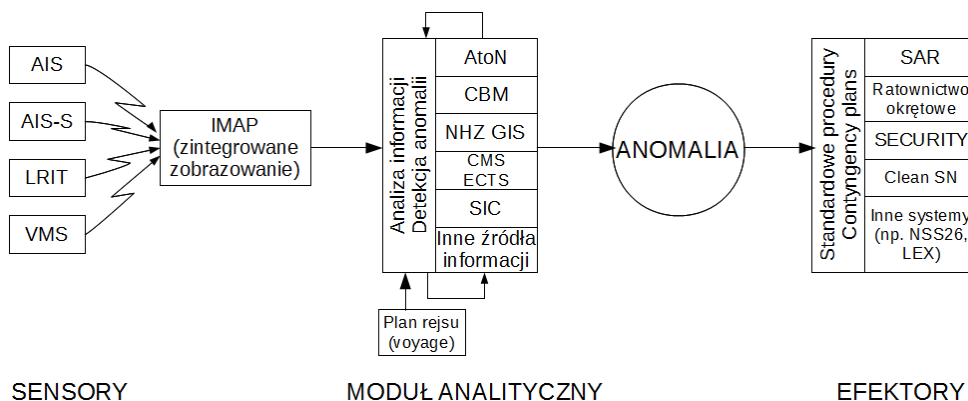


Rys. 3. Podstawowy algorytm procesów monitoringu parametrów krytycznych i wzbudzenia funkcji Alert w analizie zobrazowania typu IMAP w systemach monitoringu bezpieczeństwa żeglugi [$\Delta KR > 30^\circ$; $v(t) \rightarrow v_{min}(t)$]

W przyjętej metodyce badawczej powyższy proces w ramach IMAP zostanie ukazany za pomocą schematu blokowego, w postaci algorytmizowanej i końcowo w modelowaniu za pomocą sieci Petriego.

4. WYNIKI BADAŃ

Opisany proces pozyskiwania i analizy zintegrowanego zobrazowania żeglugi typu IMAP dla zdefiniowanej anomalii nautycznej można przedstawić graficznie w postaci schematu blokowego przedstawionego na rysunku 4.

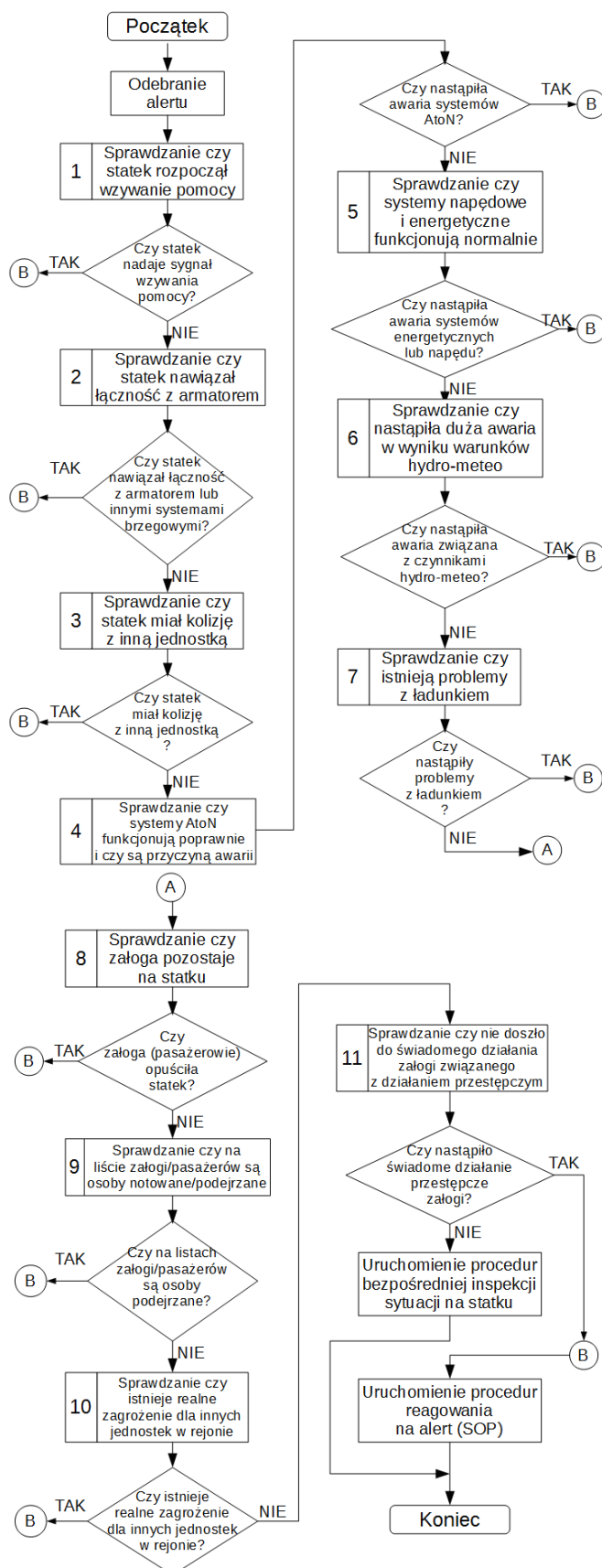


Rys. 4. Proces sensoryczno-analityczno-efektorowy dla zdefiniowanej anomalii typu nautycznego w ramach IMAP.

Legenda:

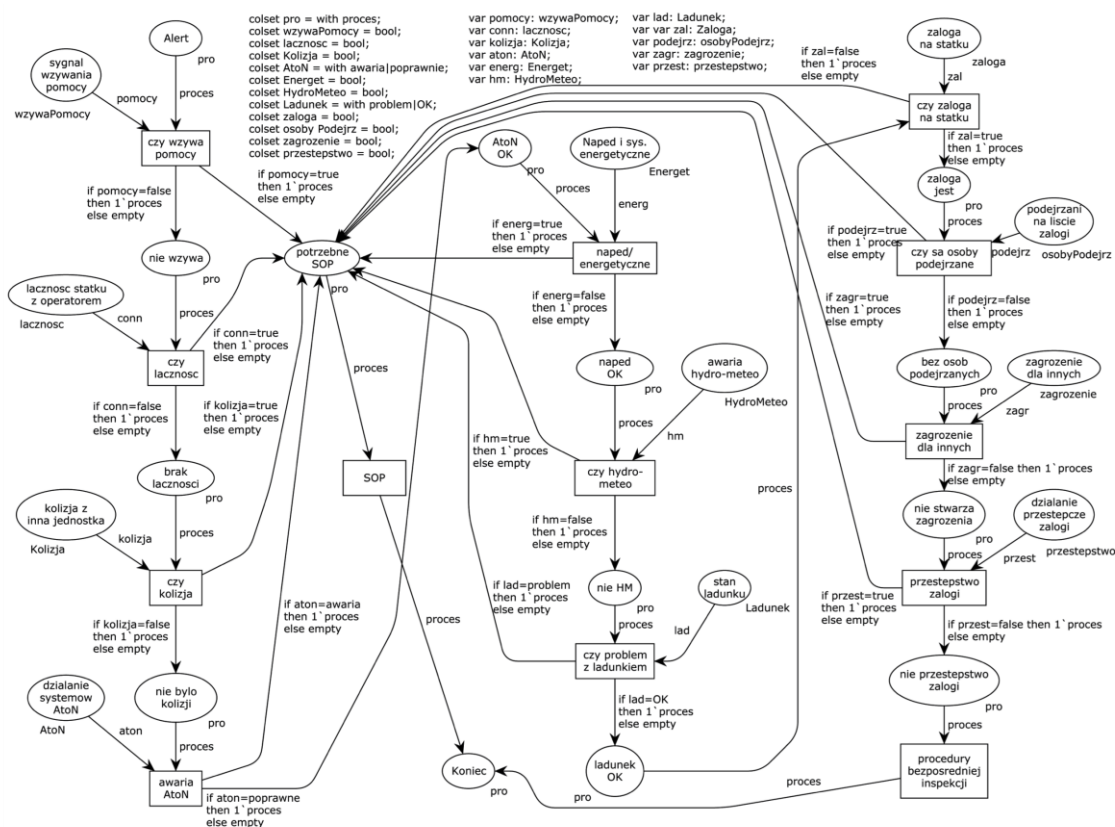
- AIS - Automatic Identification System (horyzontalny system automatycznej identyfikacji statków używany w monitoringu żeglugi)
- AIS-S - Automatic Identification System – Satellite (satelitarny system automatycznej identyfikacji statków używany w monitoringu żeglugi)
- LRIT – Long Range Identification and Tacking (system monitoringu statków morskich dalekiego zasięgu) VMS
- AtoN – Aid to Navigation (systemy zabezpieczenia hydrograficzno-nawigacyjnego pływania)
- CBM - Condition-based monitoring
- NHZ GIS - Geographic Information System (system bazodanowy wykorzystywany w inteligentnych systemach telematyki morskiej, dla NHZ – nawigacyjno-hydrograficzne zabezpieczenie pływania)
- CMS - Cargo Monitoring System
- ECTS - Electronic Container Tracking Service
- SIC - Seafarer Identification Card (moduł monitoringu załóg w rejsie i w porcie w aspekcie pełnienia wacht - aktywne dokumenty biometryczne w modelu ZSMBTM)
- SAR – Search and Rescue – System poszukiwania i ratownictwa morskiego
- SECURITY- służby odpowiedzialne za monitoring sytuacji zagrożeń bezpieczeństwa morskiego typu security
- CleanSN (CSN) - CleanSeaNet (system monitoringu zagrożeń ekologicznych w transporcie morskim)
- NSS2S - National Shipping Security and Safety Systems (moduł integracji narodowych systemów bezpieczeństwa z wykorzystaniem informacji własnej oraz generowanej przez system zintegrowany - włączenie N-SSN do obiegu informacji SSN w modelu ZSMBTM)
- LEX- służby oraz instytucje odpowiedzialne za system prawny bezpieczeństwa morskiego (np. za tzw. ROE – Rules of Engagement – zasady użycia sił i środków do akcji)

Powyższy proces można przedstawić również za pomocą algorytmu z rysunku 5, zwracając szczególną uwagę na przepływy informacji.



Rys. 5. Zalgorytmizowany proces sensoryczno-analityczno-efektorowy dla zdefiniowanej anomalii typu nautycznego dla IMAP.

Przedstawiony schemat blokowy i algorytm procesu sensoryczno-analityczno-efektorowy dla zdefiniowanej anomalii typu nautycznego dla IMAP można zobrazować również za pomocą kolorowanej sieci Petriego pokazanej na rysunku 6.



Rys. 6. Kolorowana sieć Petriego procesu sensoryczno-analityczno-efektorowego dla zdefiniowanej anomalii typu nautycznego w proponowanym modelu zintegrowanego systemu monitoringu bezpieczeństwa żeglugi w podsystemie PS₁ SAFETY dla IMAP

Biorąc pod uwagę rangę problemu jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa w transporcie morskim oraz progres dokonywany w obszarze integracji istniejących systemów monitoringu żeglugi i operacji portowych, implementacja koncepcji CISE, IMDatE oraz ZSMBTM staje się wyzwaniem najbliższych lat. Zatem przeprowadzone badania nad wykorzystaniem teorii systemów i jej narzędzi w pragmatyce monitoringu bezpieczeństwa transportu morskiego ukazujące możliwość wykorzystania sieci Petriego do modelowania procesów z tego obszaru stanowią przyczynek do prac nad systemami eksperckimi, które muszą towarzyszyć implementacji nowoczesnych rozwiązań systemowych w tej dziedzinie.

WNIOSKI

- W ramach przeprowadzonych badań Autorzy udowodnili konieczność modelowania procesów bezpieczeństwa transportu morskiego w ramach systemów analityczno-decyzyjnych będących częścią systemowych rozwiązań z zakresu monitoringu bezpieczeństwa transportu morskiego.
- Modelowanie może być realizowane za pomocą metod i narzędzi teorii systemów z wykorzystaniem przesłanek systemowych i paradygmatu cybernetycznego.
- Istnieje możliwość innowacyjnego wykorzystania sieci Petriego do modelowania procesów bezpieczeństwa transportu morskiego, co zostało udowodnione w niniejszym artykule dla procesu IMAP w ZSMBTM.
- Nowe notacje dla zapisu modelowanych procesów mogą umożliwić dalsze badania nad stworzeniem systemów eksperckich do analizy bezpieczeństwa transportu morskiego.
- W ramach prac nad systemami eksperckimi przedstawione za pomocą sieci Petriego algorytmy mogą być analizowane formalnie pod kątem ich istotnych właściwości i własności, np. brak

zakleszczeń czy jednoznaczność uzyskiwanego wyniku niezależnie od przeplotu w realizacji współbieżnych obliczeń.

BIBLIOGRAFIA

1. Biniek Z., Elementy teorii systemów modelowania i symulacji, Wydawnictwo Internetowe INFOPLAN, dostęp: 24-03-2015
2. Grzybowski M., R. Miler, MSA as the Aspect of European Maritime Security, The Romanian Economic Journal, Bucharest, 25/2007
3. Hołowiński G., Modelowanie procesów wymiany informacji w środowisku portowym i z jego otoczeniem z zastosowaniem sieci PETRiego, [w:] Wpływ portów morskich na funkcjonowanie i rozwój otoczenia, publikacja on-line, dostęp 23-03-2015
4. Hołowiński G., Zastosowanie elektronicznej wymiany danych EDI w transporcie morskim na przykładzie Portu Szczecin-Świnoujście – analiza uwarunkowań i korzyści, Master of Business Administration, I Edycja, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2000
5. Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, Poprawa orientacji sytuacyjnej dzięki wzmocnionej współpracy między organami nadzoru morskiego: kolejne kroki w ramach wspólnego mechanizmu wymiany informacji dla obszaru morskiego UE, COM(2014) 451 final, Bruksela 2014
6. Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego w sprawie „Projektu planu działania na rzecz ustanowienia wspólnego mechanizmu wymiany informacji do celów nadzoru obszarów morskich UE”, KOM (2010) 584 wersja ostateczna, Bruksela 2010
7. Kościelski M., R. Miler, M. Zieliński, Maritime Situational Awareness (MSA), Zeszyty Naukowe AMW, Gdynia, nr 4 / 2007
8. Maritime Surveillance In Practice - Using Integrated Maritime Services, EMSA Publication, Lisbon 2014

9. Miler R. K., A. Bujak, The concept of the Integrated Maritime Data Environment (IMDatE) as a framework for European integrated and comprehensive shipping monitoring data exchange system, Springer, Berlin 2015
10. Miler R., Systemy zobrazowania żeglugi i aplikacje informatyczne transportu morskiego, [w:] J. Dąbrowski (red.), Wyzwania i problemy transportu morskiego, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2011
11. Mylly M., EMSA's Integrated Maritime Environment – A tool for Maritime Awareness, EMSA Publication, Lisbon 2014
12. Peterson J., Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice-Hall, USA, 1981
13. Skorupski J., Sieci Petriego jako narzędzie do modelowania procesów ruchowych w transporcie, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Z 78, Warszawa 2011
14. Szpyrka M., Sieci Petriego w modelowaniu i analizie systemów współbieżnych, WNT, Warszawa

PETRI NETS IN MODELLING OF MARITIME TRANSPORT SAFETY AND SECURITY PROCESSES

Abstract

Safety and security of maritime transport have become a significant element of recent global seaborne trade processes. The main aim of presented in this article research results is presentation of various notations that can be adopted for modelling of maritime transport security and safety processes. The main focus was on recognition of Petri nets as an innovative tool for modelling. Integrated Maritime Picture (IMAP) has been chosen for further detailed research as a representative process consists of monitoring (sensor process), analysis and reaction (effector process). As research methods a holistic analysis from cybernetic paradigm as well as modelling tools have been applied. Results come with presentation of the IMAP process with use of block schemes, algorithms and Petri nets. It may be further utilised in expert systems being the important part of already introduced integrated shipping monitoring systems. In this paper the working hypothesis stated that Petri nets are useful tool in maritime transport processes modelling has been proved.

Autorzy:

Miler Ryszard K. - Wyższa Szkoła Bankowa w Gdańsku, dyrektor Bałtyckiego Ośrodka Logistyki Stosowanej w Instytucie Zarządzania i Finansów, ul. Dolna Brama 8, 80-821 Gdańsk, e-mail: rmler@wsb.gda.pl, tel. (+48 58) 323 89 10, fax (+48 58) 323 89 25, kom.: +48 661 288 536

Piotrowicz Maciej - Politechnika Łódzka, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych, ul. Wólczańska 221/223 bud. B18, 90-924 Łódź, e-mail: piotrowi@dmcs.p.lodz.pl, tel. (+48 42) 631 26 91, fax. (+48 42) 636 03 27