

Ireneusz Miciuła¹**INTELIgENTNE SYSTEMY TRANSPORTOWE
NA PRZYKŁADZIE KONCEPCJI NAWIGACYJNEGO SYSTEMU
AUTOMATYCZNEJ IDENTYFIKACJI NIEBEZPIECZEŃSTW (SAIN)
DLA ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ****Streszczenie**

Artykuł przedstawia autorską koncepcję systemu automatycznej identyfikacji niebezpieczeństw (SAIN) w żegludze śródlądowej. System opiera się na dwóch równoległych działających metodach, a mianowicie na deterministycznym modelu matematycznym i systemie ekspertowym z logiką rozmytą. Tak zbudowany system wspomaganie decyzji poza matematycznymi miarami uwzględnia również decyzje (zachowania) ekspertów, czyli nawigatorów żeglugi śródlądowej. Pozwala to na zwiększenie bezpieczeństwa pracy oraz wzrost efektywności i wydajności wykorzystania torów wodnych. W artykule przedstawiono problematykę integracji informacji pobranych ze specjalistycznych urzędzeń tworzących system oraz metodykę działania samego systemu. Koncepcję autorskiego hybrydowego systemu wspomaganie decyzji umieszczono w kontekście aktualnie rozwijanych systemów informacji rzecznej (RIS), co dodatkowo wskazuje na miejsce działania opracowanego systemu oraz jego praktyczne zastosowanie. W artykule omówiono podstawowe mechanizmy inteligentnych systemów transportowych, które przyczyniają się do wymiernych korzyści w zakresie ekonomiki transportu i bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: inteligentne systemy transportowe, wizualizacja informacji, systemy wspomaganie decyzji.

¹ Dr inż. Ireneusz Miciuła, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, e-mail: irekmic@wp.pl.

Wstęp

W coraz większej liczbie rozwijających się państw powstają poważne problemy związane z organizacją transportu. Nieustanny rozwój w zakresie informatyki, telekomunikacji i multimedii oraz ciągły postęp w dziedzinie zarządzania ruchem pozwala na sięganie po najnowocześniejsze technologie w celu rozwiązywania problemów transportowych i dążenie do zrównoważonego rozwoju transportu. Inteligentne systemy transportowe stanowią połączenie różnych technologii (informatycznych, telekomunikacyjnych, automatycznych i pomiarowych) z infrastrukturą transportową i pojazdami w celu poprawy bezpieczeństwa, zwiększenia efektywności procesów transportowych oraz ochrony środowiska naturalnego. Sprawny system transportowy ma bezpośredni wpływ na mniejszą liczbę wypadków, skrócenie czasu podróży i redukcję spalin emitowanych do atmosfery. Zaś inteligentne systemy transportowe należą do najbardziej efektywnych instrumentów podnoszenia sprawności i jakości systemu transportowego. Pojęcie „inteligentne systemy transportowe” obejmuje nowoczesne oraz innowacyjne rozwiązania technologiczne i organizacyjne w transporcie. Zaliczają się do nich:

- innowacyjne metody zarządzania ruchem drogowym, kolejowym, lotniczym i statków,
- systemy wspomagające zarządzanie flotą i transportem ładunków,
- zaawansowane systemy wspomagania kierowania pojazdem,
- automatyczne systemy kontroli przestrzegania przepisów,
- systemy dynamicznego informowania użytkowników.

Komisja Europejska w dniu 16 grudnia 2008 roku opublikowała Komunikat „Plan wdrożenia inteligentnych systemów transportowych w Europie, COM(2008)886”. Dokumentem towarzyszącym Komunikatowi jest propozycja Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ramy dla wdrożenia inteligentnych systemów transportowych w obszarze transportu drogowego i powiązania ich z innymi gałęziami transportu. Głównym celem polityki transportowej UE jest dążenie do zrównoważonego rozwoju transportu. Równowaga ta opiera się na takim ukształtowaniu zapotrzebowania na transport i takim podziale środków, aby – z jednej strony – nie powstawały utrudnienia w dostępie, a z drugiej – aby nie występowały stany zatłoczenia oraz nadmierne uciążliwości dla otoczenia. Dotyczy to przede wszystkim ograniczenia przewożenia ładunków transportem samochodowym na rzecz przewozów kolejną, żegluga śródlądową i morską oraz rozwiązań multimodalnych. Znowelizowana w 2011 roku *Biała Księga* (dotycząca transportu) nawiązuje do tych wytycznych, a nawet wyznacza jeszcze bardziej

ambitne cele, które mają być osiągnięte do roku 2050². Realizacja głównego celu transportowego w perspektywie 2020 r. – i dalszej – wiąże się z realizacją pięciu celów szczegółowych, właściwych dla każdej z gałęzi transportu. Chodzi o³:

- stworzenie nowoczesnej i spójnej sieci infrastruktury transportowej,
- poprawę sposobu organizacji i zarządzania systemem transportowym,
- współpracę różnych gałęzi transportu,
- poprawę bezpieczeństwa użytkowników ruchu oraz przewożonych towarów,
- ograniczanie negatywnego wpływu transportu na środowisko,
- zbudowanie racjonalnego modelu finansowania inwestycji infrastrukturalnych.

Obecnie istniejąca infrastruktura jest oparta głównie na transporcie drogowym, który już nie zapewnia wystarczającej przepustowości. Transport drogowy nie należy do najbardziej ekologicznych, a co ważniejsze – i najbardziej ekonomicznych środków transportu. Wykazano także wyższość innych środków transportu w aspektach bezpieczeństwa oraz ochrony zdrowia i życia ludzkiego. W tabeli 1 przedstawiono porównanie kosztów transportu towarów środkami drogowymi, kolejowymi oraz statkami śródlądowymi, a także porównano inne czynniki, które mają wpływ na ochronę środowiska oraz poziom bezpieczeństwa przewozów.

Tabela 1

Przeciętne koszty zewnętrzne w ujęciu gałęziowym (Euro/1000 tkm) – porównanie

Rodzaj transportu Miara porównania	Transport drogowy	Transport kolejowy	Żegluga śródlądowa i bliskiego zasięgu
Poziom hałasu	2,138	3,45	0
Infrastruktura	2,45	2,9	1,0
Wypadki	5,44	1,46	0
Zanieczyszczenie	7,85	3,8	3,0
Koszty klimatyczne	0,79	0,5	nieistotne
Koszty kongestii	5,45	0,235	nieistotne
Σ	24,12	12,35	5,0
Różnica kosztów do transportu drogowego		11,8 EUR na 1000 tkm	19 EUR na 1000 tkm

Źródło: *Biała Księga. Europejska polityka transportowa 2010*, "Annex II – Commission calculation of the external cost savings award according to Article 5(3) of the draft regulation", Program Marco Polo, 2008.

² *Europa 2020: Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającemu włączeniu społecznemu*, Komisja Europejska, Bruksela marzec 2010, COM(2010) 2020.

³ Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, *Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)*, Warszawa, 22 stycznia 2013.

W konsekwencji powyższych zalet, polityka krajów Unii Europejskiej skupia się na promowaniu zrównoważonego rozwoju transportu, w ramach stosowania różnych środków transportu, co przyczyni się do tworzenia intermodalnych korytarzy transportowych⁴. Wybór rodzaju środka transportu będzie podyktowany wieloma czynnikami, które warunkują ekonomiczną, ekologiczną i pragmatyczną sferę decyzji.

Celem artykułu jest ukazanie zasadności tworzenia inteligentnych systemów transportowych na przykładzie żeglugi śródlądowej oraz przedstawienie autorskiej koncepcji nawigacyjnego systemu automatycznej identyfikacji niebezpieczeństw (SAIN). System ten umożliwi automatyczną identyfikację i ocenę sytuacji nawigacyjnej, a przez to zwiększy bezpieczeństwo i wydajność ruchu poprzez możliwość planowania ruchu i ostrzegania o zagrożeniach. Wprowadzenie systemu informacyjnego wymaga objęcia pełnym nadzorem wszystkich etapów przemieszczania się jednostek pływających. Możliwości i profity, jakie oferuje transport śródlądowy, nie są obecnie w pełni wykorzystane. Dla podkreślenia znaczenia tej problematyki przytoczyć można słowa określające pozytywny wynik wprowadzenia inteligentnych systemów transportowych w żegludze śródlądowej: „Implikuje to kompletną rekonfigurację kontynentalnego systemu wymiany towarowej i transportowej”⁵.

1. Miejsce SAIN w inteligentnych systemach transportowych

Tworzenie inteligentnych systemów transportowych należy do skomplikowanych procesów, w ramach których należy zapewnić bezpieczeństwo ruchu i dostęp do aktualnych informacji. Dla zrealizowania tego zadania dąży się do wykorzystania informacji uzyskanych z nowoczesnych urządzeń i produktów technologii informatycznej. Celem tych działań jest podwyższenie poziomu bezpieczeństwa poprzez opracowanie systemów wspomagania decyzji w zakresie planowania manewrów i unikania kolizji. Systemy te stanowiłyby uzupełnienie i rozszerzenie eksploatowanych obecnie na statkach systemów antykolizyjnych, takich jak radary ARPA czy AIS (*Automatic Identification System*) w strefie żeglugi śródlądowej. Wyniki działania systemu i ostrzeżenia przed zagrożeniami będą zobrazowane w systemie ECDIS (*Electronic Chart Display and Information System*).

⁴ J. Burnewicz, *Nowoczesna wizja transportu*, KPZK PAN, Warszawa 2008.

⁵ EU Vice-President Loyola de Palacio: „Trans-European networks – the way ahead” – 2004.

Proces nawigacji można rozpatrywać jako proces sterowania wieloetapowego. Liczba etapów jest uzależniona od złożoności sytuacji i możliwości zastosowania urządzeń, metod i systemów wspomagających decyzje, które są niezbędne ze względu na ograniczenia percepcyjne decydenta. Zwiększająca się ilość dostępnych informacji oraz wzrost złożoności stosowanych systemów technicznych sprawiają, że zarządzanie informacją oraz podejmowanie na tej podstawie decyzji – zwłaszcza w sytuacjach złożonych, np. awaryjnych – może przerastać możliwości decydentów. Jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest tworzenie systemów wspomaganie decyzji⁶. Rozwiązania stosowane w dotychczas funkcjonujących systemach wspomaganie decyzji złożonych procesów potwierdzają trafność przyjmowanych rozwiązań oraz potrzebę ich dalszego rozwoju. W pracy przedstawiono miejsce i zadania tych systemów, które stanowią znaczący element w koncepcji inteligentnego systemu transportowego. Jednym z najważniejszych, a zarazem najtrudniejszych zadań, jakie są podejmowane w złożonym procesie konstruowania informatycznego systemu wspomaganie decyzji, jest tworzenie praw i reguł rządzących opisywanym problemem świata rzeczywistego. Podstawą do realizacji tego typu systemów jest analiza procesów decyzyjnych w sterowaniu statkiem realizowanych przez nawigatorów.

Ochrona ludności i przewożonych towarów przed różnego rodzaju zagrożeniami w żegludze śródlądowej wymaga obecnie podejmowania zdecydowanych i skutecznych działań. Powstające zaawansowane technologicznie narzędzia z dziedziny technologii informacyjnych i komunikacyjnych coraz skuteczniej pomagają przewidywać możliwość wystąpienia zagrożeń oraz wspomagają podejmowanie działań, które pozwolą na ich unikanie lub minimalizację ich ewentualnych skutków. Aby w pełni wykorzystać analizowany rodzaj transportu, jak dzieje się to w państwach Europy Zachodniej, należy stworzyć ku temu odpowiednie warunki. W związku z potrzebą podniesienia stanu bezpieczeństwa żeglugi śródlądowej powstała idea zbudowania systemu RIS (*River Information Service*) – poprzez integrację istniejącej mapy numerycznej terenu z nowoczesnymi środkami cyfrowej łączności, satelitarnym systemem pozycjonowania DGPS oraz systemem video monitoringu⁷.

⁶ A.M. Kwiatkowska, *Systemy wspomaganie decyzji*, Mikom, b.m., 2007.

⁷ A. Stateczny, I. Miciuła, *Developing Information Fusion in a Decision-Supporting System of a RIS (River Information System) Operator*, "Polish Journal of Environmental Studies" Vol. 17, No. 8B, 2008.

W kontekście utworzenia systemu RIS wartościową pomocą są wszelkiego rodzaju, oparte na zaawansowanych technologiach, narzędzia do szczegółowego monitorowania aktualnych zagrożeń, analizowania i przewidywania sytuacji oraz szybkiego (efektywnego) udostępniania otrzymywanych wyników odpowiednim jednostkom śródlądowym. Zadania takie spełniają systemy wspomaganie decyzji, które dzięki posiadanym funkcjom odpowiadają za bezpieczeństwo ruchu na torze wodnym. Aby systemy te odpowiednio realizowały swoje zadania, niezbędnym ich elementem jest moduł bazy wiedzy, określający procesy decyzyjne, czyli wnioski z analizowanej aktualnie sytuacji nawigacyjnej panującej na akwenie. Dlatego w celu zbudowania systemu wspomaganie decyzji niezbędne jest w pierwszej kolejności ustalenie zasad analizy, pomiaru i oceny zaistniałej sytuacji, która w ciągły sposób ulega zmianie. W artykule zasady oceny sytuacji geoprzestrzennej oparto na koncepcji dynamicznej, czyli zmiennej w czasie domeny trójwymiarowej. Na jej podstawie określono metody identyfikacji zagrożenia dla jednostki śródlądowej manewrującej na akwenie ograniczonym w trzech wymiarach.

Szybki postęp technologiczny w dziedzinie automatyki, elektroniki i informatyki, a zwłaszcza osiągnięcia w zakresie gromadzenia, przesyłania i prezentacji informacji – spowodowały odbywającą się aktualnie rewolucję informacyjno-technologiczną⁸. Technologia systemów informacji geograficznej GIS (*Geographical Information System*) otworzyła przed nami nowe możliwości poznania złożonych relacji pomiędzy zjawiskami i procesami zachodzącymi pomiędzy różnymi elementami naszej rzeczywistości. Zastosowanie technologii GIS w nawigacji statkami stworzyło podstawy systemów obrazowania elektronicznych map i informacji nawigacyjnych, czyli ECDIS, które nadają żegludze nowy wymiar. Tego typu systemy ułatwiają, usprawniają i podnoszą bezpieczeństwo żeglugi, ze względu na możliwość przedstawienia na jednym ekranie obrazu sytuacji nawodnej uzyskanej za pomocą radaru, sytuacji topograficznej i batymetrycznej zawartej na mapie oraz informacji pozycyjnej pochodzącej z nawigacyjnych systemów pozycyjnych⁹. Potrzeba przystępnej prezentacji informacji (w sposób graficzny) dotyczącej treści mapy, pozycji, parametrów statku i głębokości doprowadziła do

⁸ J. Kisielnicki, H. Sroka, *Systemy informacyjne – metody projektowania i wdrażania systemów*, Agencja wydawnicza „Placet”, b.m., 1999.

⁹ A. Weintrit, P. Dziuła, W. Morgaś, *Obsługa i wykorzystanie systemu ECDIS – przewodnik do ćwiczeń na symulatorze*, Wydawnictwo AM w Gdyni, Gdynia 2004.

rozwoju map elektronicznych ECDIS¹⁰. Taki system może stanowić niezależny układ, będący uzupełnieniem i rozszerzeniem okrętowego systemu antykolizyjnego lub też stanowiący moduł zintegrowanego systemu nawigacyjnego. Zasadniczą zaletą tych map jest możliwość prezentowania nawigatorowi na wspólnym ekranie zarówno statycznych elementów mapy, jak i ruchomych obiektów śledzonych przez radar. Rozwój elektronicznych map nawigacyjnych jest naturalnym następstwem procesu automatyzacji i komputeryzacji prac hydrograficznych oraz kartograficznych, co umożliwiło tworzenie i aktualizowanie nawigacyjno-hydrograficznych baz danych.

2. Zasadność rozwoju inteligentnych systemów transportowych

Dotychczas stosowane klasyczne metody analitycznego porównywania zapisanych obrazów radarowych i map opierają się na skomplikowanych i czasochłonnych algorytmach obliczeniowych, które wymagają dużej pamięci komputera. Zaś obecnie, w warunkach śródlądowych, wymaga się, aby metody były szybkie i w miarę odporne na występowanie zakłóceń. Umożliwi to określenie takich parametrów, jak:

- możliwości transportowe (intensywność zmian poziomu wody),
- czasy przejścia obiektów w newralgicznych (strategicznych dla planowania ruchu) punktach toru wodnego, np. pod mostem (punkt kontrolny w łańcuchu ruchu),
- wpływ rozkładu i natężenia ruchu na funkcjonowanie systemu,
- wpływ typów jednostek (rodzaje zestawów barkowych, statków) na ruch (jego możliwości, natężenie, itp.),
- wpływ parametrów ograniczających, np. głębokości czy wysokości prześwitu pod mostami w zależności od zmieniającego się poziomu wody, na możliwości ruchu.

Zastosowanie interfejsu graficznego umożliwia szybki dostęp do wielu pomocnych opcji. Jedną z ważniejszych jest możliwość planowania podróży. Kapitan jednostki ma możliwość wcześniejszego zaznajomienia się z danym odcinkiem rzeki, czyli takimi danymi, jak jej przebieg, oznaczenia nawigacyjne oraz odpowiednie głębokości. W trakcie podróży otrzymujemy wszystkie potrzebne informacje do prowadzenia bezpiecznej żeglugi. Uzyskujemy dane dotyczące naszego

¹⁰ R. Klaus, *Intelligent Embedded Systems of Environment Monitoring for River Information Service*, "Polish Journal of Environmental Studies" Vol. 16, No. 6B, 2007.

otoczenia żeglugowego z możliwością dokładnej informacji o każdym pojedynczym obiekcie poprzez zaznaczenie go kursorem. Prezentacja informacji na monitorze zapewnia:

- kontrolę antykolizyjną,
- rozpoznanie sytuacji ruchu wokół jednostki,
- planowanie podróży,
- monitorowanie podróży,
- szybki i łatwy dostęp do parametrów pracy statku i źródeł alarmów.

Dzięki widocznej pozycji ruchu statku własnego oraz pozostałych użytkowników torów wodnych znajdujących się w pobliżu mamy dostęp do zobrazowanych sytuacji, które umożliwią zapobieganie kolizji. Ułatwia to prowadzenie nawigacji i podejmowanie decyzji, które znacznie podnoszą bezpieczeństwo żeglugi. Jest to możliwe dzięki integracji informacji, które pochodzą z różnych źródeł, co stanowi podstawę do integracji urządzeń i systemów na mostku nawigacyjnym. Takie podejście znacznie upraszcza nawigację, gdyż pozwala na jej prowadzenie z jednego stanowiska, bez konieczności rozpraszania uwagi nawigatora spowodowanej koniecznością skupiania jej na różnych stanowiskach.

Wprowadzenie systemu SAIN, który automatyzuje wiele obliczeń i funkcji, powoduje spadek dotychczasowego obciążenia, jakie wpływało do tej pory na pracę nawigatora statku. Spowoduje to podniesienie znaczenia kontroli w pracy nawigatora i umożliwi poświęcenie więcej czasu na prowadzenie obserwacji, która ma kolosalne znaczenie dla bezpieczeństwa żeglugi, szczególnie śródlądowej, w której napotyka się często niewielkie i kręte obszary manewrowe.

Wprowadzenie idei tych systemów pozwoli zastosować nowoczesne metody automatycznej aktualizacji nawigacyjnych baz danych, między innymi drogą radiową oraz z wykorzystaniem sztucznych satelitów Ziemi. Doprowadzi to do dalszej, niemal pełnej automatyzacji procesu prowadzenia nawigacji. Jednak dopiero po stworzeniu szczegółowego numerycznego modelu wszystkich akwenów żeglugowych, czyli ogólnoświatowej bazy danych map elektronicznych WEND (*Worldwide Electronic Nautical Chart Database*), da się w pełni skorzystać z opisanych możliwości¹¹. System powinien umożliwiać nawigatorowi

¹¹ www.euro-compris.org (15.06.2014).

wykonanie w prosty sposób i w odpowiednim czasie wszelkich zadań związanych z procesem nawigacji¹². Do zadań tych zaliczamy:

- planowanie drogi, czyli planowanie punktów zwrotu, kursów, prędkości statku oraz innych zadań, które będą niezbędne dla realizacji danego rejsu,
- określanie pozycji i kursu statków,
- kontrolę ruchu – stały nadzór ruchu statków w stosunku do zaplanowanej drogi własnego statku,
- kontrolę drogi, czyli zaistniałych niebezpieczeństw nawigacyjnych oraz panujących warunków i aktualnej sytuacji,
- manewrowanie w celu unikania kolizji,
- alarmowanie w sytuacjach niebezpiecznych.

Wiadomo, że przyjęcie nowego systemu nawigacyjnego w światowej żegludze nie może zostać zrealizowane natychmiast i jednocześnie przez wszystkie państwa uprawiające żeglugę. Wprowadzenie w życie wszystkich aspektów nowego systemu wymaga bowiem wprowadzenia wielu zmian, które są czasochłonne i kosztowne. Chodzi tu przede wszystkim o zmiany w wyposażeniu technicznym statków, biur hydrograficznych i utworzenie pełnej, ogólnoswiatowej bazy danych na potrzeby systemu.

Wprowadzenie do eksploatacji inteligentnych systemów transportowych przysparza wielu korzyści i jest uważane za doniosły krok w kierunku dalszego podnoszenia bezpieczeństwa żeglugi. Integracja systemów nawigacji, komunikacji oraz przepływu informacji wpłynie na:

- 1) poprawę bezpieczeństwa żeglugi poprzez:
 - wykorzystanie możliwości określania pozycji, kursu i prędkości jednostek śródlądowych, co pozwala na dokonywanie odpowiednich korekt trajektorii ruchu,
 - zastosowanie wyświetlaczy informacji pozwalających na otrzymywanie ważnych informacji, ostrzeżeń i alarmów w czasie rzeczywistym,
- 2) odciążenie pracy nawigatora związanej z kierowaniem jednostką oraz prowadzeniem uważnej obserwacji i komunikacji z innymi uczestnikami ruchu poprzez:
 - integrację informacji pozwalającej na zautomatyzowanie wielu zadań,

¹² Z. Pietrzykowski, *Bezpieczeństwo nawigacji na akwenu ograniczonym – domena rozmyta statków różnej wielkości*, „Zeszyty Naukowe” Akademii Morskiej w Szczecinie, 2006, nr 11 (83).

- ergonomiczną budowę mostka statku i takie rozmieszczenie urządzeń, które pozwoli na łatwy dostęp do narzędzi egzekucji poleceń i wizualizację potrzebnych informacji,
- 3) poprawę zabezpieczenia logistycznego i zwiększenia zysków poprzez:
- integrację informacji pozwalającej na optymalizację kosztów, czasu i wypracowania korzystniejszego rachunku ekonomicznego,
 - wydajniejsze kierowanie zapleczem logistycznym.

3. Metodyka działania systemu automatycznej identyfikacji niebezpieczeństw (SAIN)

Koncepcja SWD (systemu wspomagania decyzji) polega przede wszystkim na obliczeniach numerycznych oraz na analizie informacji i ich prezentacji na monitorze. W systemie tym komputer jest udostępniony decydentowi dla rozpoznania i zrozumienia problemu oraz wykorzystania analitycznych porad do oceny wariantów rozwiązań i podjęcia na tej podstawie decyzji. Podstawą do realizacji SWD jest analiza procesów decyzyjnych realizowanych w sterowaniu jednostką. Na ich podstawie moduł pozyskiwania wiedzy będzie tworzył reguły, na których będzie oparty system wspomagania decyzji. Wprowadzenie systemu automatycznej identyfikacji niebezpieczeństw (SAIN) ma za zadanie informować o występującym zagrożeniu w odpowiednim momencie (SAIN w czasie rzeczywistym monitoruje i kontroluje informacje o warunkach panujących na torze wodnym), co znacząco wpłynie na poprawę bezpieczeństwa ruchu jednostek śródlądowych. Wiąże się to z uwzględnieniem czynników zewnętrznych (ograniczeń ruchu) i wewnętrznych (parametrów statku), które wyznaczą bezpieczną przestrzeń manewrową. Biorąc pod uwagę czynniki wewnętrzne, należy dla konkretnej jednostki wyznaczyć minimalną odległość rozpoczęcia wykonania manewru, a także wartość wychylenia płetwy steru wymaganą do odchylenia, czyli zmiany kursu dla uniknięcia pojawiającego się zagrożenia. Drzewo zdarzeń dla wykonania określonych działań przedstawia istotny problem, jakim jest ocena odległości rozpoczęcia manewru. Przekroczenie odległości krytycznej, decyzja podjęta z opóźnieniem – są równoznaczne z niewykonaniem manewru antykolizyjnego. Każde działanie podjęte po osiągnięciu tej wartości zakończy się zderzeniem z obiektem obcym. Określenie tej dopuszczalnej odległości pozwala nawigatorowi na podjęcie decyzji o wykonaniu poprawnego i przede wszystkim skutecznego manewru

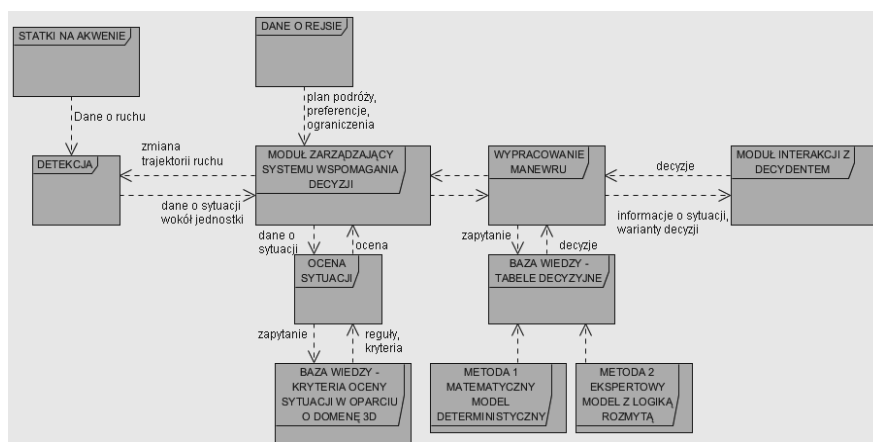
antykolizyjnego. Można wyróżnić następujące stany występujące w kolejnych przedziałach czasowych:

- T1 – czas przebywania systemu w stanie ciągłego monitoringu, analiza sytuacji i ocena przez system, czy występuje zdarzenie „sytuacja kolizyjna”,
- T2 – okres (przedział czasowy) od wystąpienia zdarzenia „możliwość kolizji” do podjęcia manewru,
- T3 – czas realizacji manewru mającego na celu uniknięcie kolizji.

Dla poprawy możliwości wykonywania manewrów antykolizyjnych stosuje się nowoczesne urządzenia nawigacyjne i system informatyczne, w tym systemy wspomagania decyzji, które poprawiają lub zwiększają możliwości percepcyjne, dające niezbędny czas na podjęcie prawidłowych decyzji. System wspomagania decyzji będzie opierał się na dwóch osobno działających metodach. Pierwszą stanowi deterministyczny model matematyczny, wyznaczający odległości w przestrzeni trójwymiarowej, których przekroczenie spowoduje alarm o zagrożeniu. Druga metoda w SWD opiera się o wiedzę nawigatorów (ekspertów) z wykorzystaniem logiki rozmytej. Proces wnioskowania oparty o logikę rozmytą pozwoli wyznaczyć różne poziomy bezpieczeństwa i stosować je według potrzeb (np. zachować wyższy poziom bezpieczeństwa dla jednostki przewożącej materiały niebezpieczne). Domena może mieć granicę „ostrą”, tzn. jednostopniową, której przekroczenie spowoduje zmianę stanu sytuacji z bezpiecznej na niebezpieczną. Może mieć jednak także granice wielostopniowe, których wielkość i kształt uzależnione są od przyjętego poziomu bezpieczeństwa i specyfiki problemu do rozwiązania. Domenę tę, wykorzystującą prawa logiki rozmytej, nazywa się rozmytą domeną statku. Na podstawie praw logiki rozmytej można ustalić strefy, którym odpowiadają różne poziomy bezpieczeństwa. W takiej sytuacji nawigator będzie dysponował dodatkowo informacją o aktualnym poziomie bezpieczeństwa i tendencji jego zmiany. Stosowanie stref bezpieczeństwa w zintegrowanych systemach i ośrodkach kontroli ruchu niewątpliwie podniesie poziom bezpieczeństwa żegluga. Ruch statku, szczególnie na akwenu ograniczonym, obarczony jest ryzykiem ze względu na ograniczenia przestrzeni, natężenie ruchu oraz zjawiska meteorologiczne i hydrodynamiczne. Pozyskanie wiedzy eksperckiej i określenie na jej podstawie wielkości domeny oraz metody wyliczania odległości dają możliwość wyznaczania tabel decyzyjnych, które będą określały manewry sterem i/lub napędem w celu zachowania „czystej” domeny statku. Daje to możliwość tworzenia baz wiedzy. Wystarczy, że jedna z metod uzna sytuację za zagrożenie, aby system alarmował o sytuacji kolizyjnej. Ostateczną decyzję o ewentualnych

ruchach antykolizyjnych podejmuje decydent na statku, a odpowiednio wcześniejsze alarmowanie wpływa na bezpieczeństwo jednostki i większe możliwości wyboru manewrów.

Złożoność procesu prowadzenia nawigacji i konieczność zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa wymusza wprowadzenie systemu wspomaganie decyzji, który ograniczy występowanie błędów ludzkich podczas nawigacji. Do opisu wymagań funkcjonalnych stosuje się m.in. narzędzia UML w postaci diagramów, które opisują czynności i operacje wykonywane przez system. Wyróżniono podstawowe klasy obiektów i procesów, które są istotne dla realizacji celów systemu. Ze względu na specyfikę projektowanego systemu (system czasu rzeczywistego) wyodrębniono moduł zarządzający. Jego głównym zadaniem jest m.in. analiza zdarzeń, szeregowanie zadań i zarządzanie zasobami systemu (aktywacja zadań i przydzielanie zasobów systemu niezbędnych do ich realizacji). Architekturę systemu opracowano w języku UML (*Unified Modeling Language*). Pozwala on przedstawić projektowany system w różnych perspektywach, w sposób czytelny zarówno dla przyszłych użytkowników, jak i jego twórców.



Rys. 1. Architektura systemu wspomaganie decyzji w języku UML

Źródło: opracowanie własne.

Zadaniem systemu jest numeryczna obserwacja sytuacji na akwenu poprzez rejestrację, selekcję, przetwarzanie i weryfikację informacji. Rezultatem procesów przetwarzania będą prezentowane nawigatorowi informacje dotyczące iden-

tyfikacji i oceny sytuacji nawigacyjnej oraz proponowane rozwiązania (decyzje) zapewniające bezpieczną żeglugę.

Synergia i współdziałanie różnych metod pozwala na wykorzystanie ich zalet z jednoczesnym niwelowaniem ograniczeń i niedoskonałości. Metoda modelowania (konstrukcji) dynamicznej domeny 3D pozwoli na wyznaczanie w czasie rzeczywistym obszaru, który dla zachowania określonego stopnia bezpieczeństwa powinien zostać nienaruszony przez inne obiekty obce. Dzięki wykorzystaniu tej metody, na wyjściu deterministycznego modelu matematycznego uzyskuje się odległość od obiektu obcego lub mielizny oraz możliwość ciągłego ostrzegania o wystąpieniu ewentualnego zagrożenia. Dodatkowo, dla pewności wyników i wyznaczania odpowiedniego momentu informującego o zagrożeniu, zastosowano system ekspercki z logiką rozmytą, który umożliwi lepsze uwzględnienie niepewności i niejednoznaczności danych oraz skomplikowanych zjawisk zachodzących wokół jednostki występujących podczas ruchu.

Wnioski

System automatycznej identyfikacji niebezpieczeństw pozwala na monitorowanie w czasie rzeczywistym jednostek żeglugi śródlądowej oraz zmieniających się warunków na trasie, co przyczynia się do lepszego zarządzania flotą. Powoduje to optymalne rozmieszczenie personelu oraz floty w oparciu o aktualne informacje, które pozwalają na bardziej szczegółowe i efektywne planowanie rejsu. Informacje przekazywane w czasie rzeczywistym można wykorzystać do planowania rejsu już w trakcie dokonywania załadunku statków z uwzględnieniem bieżących warunków żeglugi. Koncepcja nawigacyjnego systemu SAIN spełnia potrzeby informacyjne współczesnego zarządzania łańcuchem dostaw, ponieważ umożliwia unikanie wszelkiego rodzaju zagrożeń oraz optymalne wykorzystanie możliwości dla elastycznego reagowania w przypadku jakiegokolwiek odchylenia od pierwotnego planu rejsu. Model identyfikacji zagrożeń w czasie rzeczywistym udostępnia aktualne informacje o warunkach panujących na torze wodnym, a także monitoruje i kontroluje zanurzenie jednostki, co ma szczególnie znaczenie na akwenach ograniczonych pod względem głębokości. Wprowadzenie SAIN znacząco wpłynie na poprawę:

- bezpieczeństwa ruchu jednostek śródlądowych,
- płynności ruchu jednostek śródlądowych,
- operatywności portu,

- ochrony środowiska,
- aspektu ekonomicznego realizacji zadania transportowego.

System ten pozwoli na realizację procedur zabezpieczania przed ewentualnymi zagrożeniami występującymi na torze wodnym oraz pozwoli na podejmowanie właściwych decyzji dotyczących regulacji ruchu podczas prowadzenia nawigacji i taktyki manewrowania na danym odcinku rzeki. Prezentowany system będzie stanowić cenne narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji oraz dostarczy wszystkich niezbędnych informacji do zarządzania ruchem jednostek śródlądowych. Koncepcja SAIN spełnia potrzeby informacyjne współczesnego zarządzania łańcuchem dostaw, ponieważ umożliwia unikanie wszelkiego rodzaju zagrożeń oraz optymalne wykorzystanie możliwości elastycznego reagowania w przypadku jakichkolwiek odchyień od pierwotnego planu rejsu.

Obecnie zauważa się, iż łączenie ze sobą różnych metod przetwarzania informacji, wnioskowania i poszukiwania wiedzy w jeden spójny hybrydowy system doradczy staje się kierunkiem rozwoju SWD w rozwiązywaniu złożonych problemów (procesów) świata rzeczywistego. Obie metody pracują równolegle, a synergia ich wyników daje lepsze efekty, które wpływają na wzrost bezpieczeństwa jednostki w ruchu. Teoria decyzji to wspólny obszar zainteresowań wielu różnych dziedzin nauki, obejmujący analizę i wspomaganie procesu podejmowania decyzji, który jest próbą wyznaczenia najlepszego rozwiązania przy danym zasobie wiedzy i informacji o możliwych konsekwencjach. Metody teorii decyzji wykorzystuje się wszędzie tam, gdzie podjęcie decyzji jest z pewnych powodów trudne, np. w warunkach skomplikowanej sytuacji decyzyjnej czy ryzyka. Rozwój technologii informatycznych spowodował, że systemy komputerowe zaczęły pełnić istotną rolę w procesach decyzyjnych, szczególnie tam, gdzie do podjęcia decyzji konieczne jest szybkie przetworzenie ogromnych ilości danych lub gdzie charakterystyka sytuacji decyzyjnej wymaga zastosowania skomplikowanych obliczeniowo modeli. SWD to systemy, które łączą w sobie możliwości gromadzenia i przetwarzania dużej ilości danych, wykorzystywania różnorodnych modeli i inteligentnego posługiwania się zgromadzonymi danymi oraz wiedzą. Dzięki temu możliwa jest analiza danych i wyciąganie wniosków w sposób bliiski sposobowi myślenia człowieka, przy wykorzystaniu systemu ekspertowego z zastosowaniem zbiorów rozmytych. Systemy wspomaganie decyzji znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach życia, szczególnie w rozwiązywaniu problemów, dla których konieczna jest analiza ogromnej ilości danych.

Bibliografia

- Biała Księga. Europejska polityka transportowa 2010*, “Annex II – Commission calculation of the external cost savings award according to Article 5(3) of the draft regulation”, Program Marco Polo, 2008.
- Burnewicz J., *Nowoczesna wizja transportu*, KPZK PAN, Warszawa 2008.
- DYREKTYWA 2005/44/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 7 września 2005 r. w sprawie zharmonizowanych usług informacji rzecznej (RIS) na śródlądowych drogach wodnych we Wspólnocie.
- Europa 2020: Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającemu włączeniu społecznemu*, Komisja Europejska, Bruksela, marzec 2010, COM(2010) 2020.
- Kisielnicki J., Sroka H., *Systemy informacyjne – metody projektowania i wdrażania systemów*, Agencja wydawnicza „Placet”, b.m., 1999.
- Klaus R., *Intelligent Embedded Systems of Environment Monitoring for River Information Service*, “Polish Journal of Environmental Studies” Vol. 16, No. 6B, 2007.
- Kwiatkowska A.M., *Systemy wspomagania decyzji*, Mikom, b.m., 2007.
- Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, *Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku)*, Warszawa, 22 stycznia 2013.
- Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, EXIT, Warszawa 2003.
- Pietrzykowski Z., *Bezpieczeństwo nawigacji na akwenie ograniczonym – domena rozmyta statków różnej wielkości*, „Zeszyty Naukowe” Akademii Morskiej w Szczecinie, 2006, nr 11 (83).
- Płodzień J., *Analiza i projektowanie systemów informatycznych*, Warszawa 2003.
- Radościński E., *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Wrocław 2001.
- Stateczny A., Miciuła I., *Developing Information Fusion in a Decision-Supporting System of a RIS (River Information System) Operator*, “Polish Journal of Environmental Studies” Vol. 17, No. 8B, 2008.
- Weintrit A., Dziuła P., Morgaś W., *Obsługa i wykorzystanie systemu ECDIS – przewodnik do ćwiczeń na symulatorze*, Wydawnictwo AM w Gdyni, Gdynia 2004.
- www.euro-compris.org.

**INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS FOR EXAMPLE THE CONCEPT
OF NAVIGATIONAL SYSTEM AUTOMATIC IDENTIFICATION DANGERS (SAID)
FOR INLAND WATERWAY**

Summary

The paper presents a concept of the navigation system, automatic identification of hazards (SAIN) for inland waterways. The system is based on two parallel operating methods, namely the deterministic mathematical model and expert system with fuzzy logic. So the decision support system built outside the mathematical measures also take into account the decisions (behavior) expert (navigators inland waterway). This increases safety and increase the effectiveness and efficiency of use of the fairway. The article presents the integration of information taken from the specialized equipment to operate the system and methodology of operation of the system itself. The concept of hybrid decision support system placed in the currently developed river information services (RIS), which indicates the site of action drawn up the system and its practical application. The article discusses the key mechanisms of intelligent transportation systems that contribute to measurable benefits in the area of transport economics and security.

Keywords: intelligent transport systems, information visualization, decision support systems

Translated by Ireneusz Miciuła