

**Arkadiusz ŁUKASZEWICZ**

Akademia Morska  
Katedra Eksploatacji Statku  
81 – 225 Gdynia, ul. Aleja Jana Pawła II 3  
arekluka@am.gdynia.pl

## **SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI PODCZAS AKCJI RATOWNICZEJ „CZŁOWIEK ZA BURTĄ” Z ZASTOSOWANIEM SIECI BAYESOWSKICH**

### **Streszczenie:**

W artykule omówiono wykorzystanie sieci bayesowskiej do tworzenia systemu wspomaganie decyzji podczas akcji ratowniczej „człowiek za burtą”. Obecnie na statkach stosuje się różne systemy wspomaganie decyzji kapitana i oficerów, jednak brakuje narzędzi, które w prosty i szybki sposób pozwolą na ocenę sytuacji podczas akcji ratowniczej, gdzie elementem determinującym jest czas.

Słowa kluczowe: sieci bayesowskie, ratownictwo, manewrowanie, systemy wspomaganie decyzji

### **WPROWADZENIE**

Systemy wspomaganie decyzji DSS (Decision Support Systems) pojawiły się w wielu dziedzinach życia w różnych formach kilkadziesiąt lat temu. Stosuje się je w medycynie, energetyce jądrowej, strefie bezpieczeństwa państwowego, ale również i w transporcie morskim. Jeszcze kilkanaście lat temu system DSS składał się prawie wyłącznie ze zbioru dokumentów, które trzeba było otworzyć na odpowiednich stronach i wypełnić w celu otrzymania wyniku. Dziś, w wyniku gwałtownego rozwoju technologii informatycznych systemy komputerowe pełnią główną rolę w procesach decyzyjnych tworząc systemy wspomaganie decyzji, szczególnie tam, gdzie występuje duża ilość danych lub wymagane jest stosowanie skomplikowanych obliczeniowo modeli. Te najbardziej zaawansowane systemy noszą nazwę Intelligent Decision Support Systems (IDSS) i wykorzystują techniki sztucznej inteligencji.

Na statkach morskich również wykorzystuje się systemy wspomaganie decyzji dla wielu sytuacji, które pojawiają się na morzu, zarówno tych awaryjnych, jak i rutynowych. Badania, które obecnie są prowadzone w większości skupiają się na systemach zapewniających szeroko rozumiane bezpieczeństwo statku. Obecnie najbardziej znanym systemem DSS stosowanym na mostku nawigacyjnym jest system ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), który stosowany jest w sytuacjach antykolizyjnych. Prowadzone są także prace nad nowymi systemami antykolizyjnymi wspomagającymi decyzje nawigatora takimi jak Fuzzy Collision Threat Parameters Area (FCPA) [1] lub bardziej zaawansowane, oparte również na logice rozmytej, które wykorzystują dane z wielu urządzeń nawigacyjnych [2]. Oprócz systemów antykolizyjnych wykorzystuje się także systemy wspomaganie decyzji w sytuacjach awaryjnych takich jak wejście na mieliznę czy kolizjanp. Onboard - NAPA Decision Support System [3].

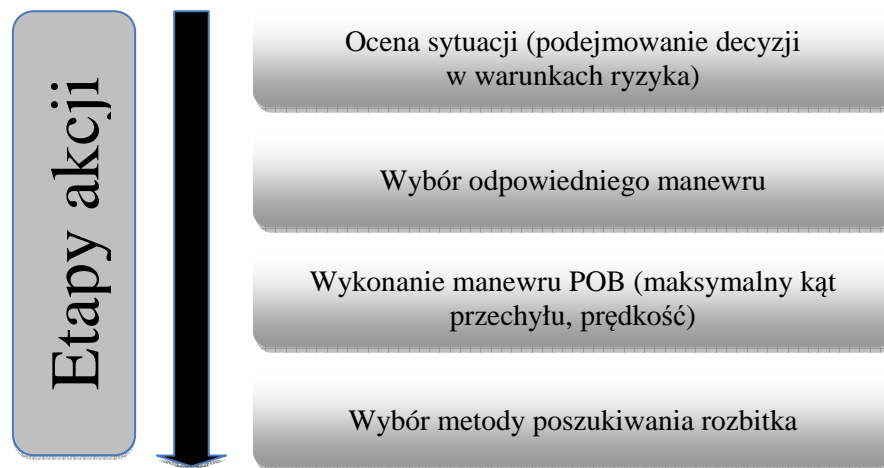
W sytuacjach gdzie występuje potrzeba reprezentacji niepewnych baz wiedzy opartych na systemach eksperckich od pewnego czasu wykorzystuje się sieci bayesowskie. Takie podejście można znaleźć w pracach nad systemami oceny sytuacji nawigacyjnej [4] jednak ciągle brakuje podobnych badań nad sytuacjami awaryjnymi pojawiającymi się na statku.

Sytuacji awaryjnych na statku jest bardzo wiele, rozpoczynając od pożaru poprzez awarie sterowania, a na kolizji kończąc. Również zaginięcie człowieka należy do tej grupy i staje się coraz częściej pojawiającym się problemem w czasach burzliwego rozwoju statków pasażerskich i związanej z tym liczby przewożonych pasażerów; największe obecnie statki na świecie przewożą ponad 8 tysięcy osób (Allure of the Seas, Oasis of the Seas). Niestety w takich sytuacjach można mówić o braku komputerowych systemów wspomaganie decyzji. Wykorzystuje tutaj się jedynie listy kontrolne (checklists), które pozwalają w głównej mierze na monitorowanie i kontrolowanie procedur w sytuacji POB (Person Overboard), a w niewielkim stopniu wspomagają proces decyzyjny.

W artykule autor przedstawia wykorzystanie sieci bayesowskich, które potrafią radzić sobie z niekompletnymi danymi oraz pozwalają na łatwą reprezentację rzeczywistych powiązań do budowy systemu wspomaganie decyzji podczas akcji POB. Taki system mógłby być wykorzystany szczególnie na promach oraz statkach pasażerskich, gdzie zaginięcia ludzi zdarzają się coraz częściej, a szybkość podejmowania prawidłowych decyzji determinuje końcowy sukces akcji.

## 1. ETAPY AKCJI RATOWNICZEJ CZŁOWIEK ZA BURTĄ

Zaginięcie człowieka na statku jest sytuacją złożoną, która wymaga podjęcia odpowiedniego działania. Działanie to ma na celu określenie czy należy podejmować akcje ratowniczą, czy może informacja jest fałszywa, a jeśli rozpoczyna się akcja, to jakie działania podjąć, żeby wykonać odpowiednie manewry i znaleźć człowieka w wodzie. Złożoność sytuacji POB wymaga więc podziału jej na kilka etapów, które przedstawione są poniżej:



Rys. 1. Etapy akcji ratowniczej POB.

Źródło: opracowanie własne.

Etap pierwszy jest bardzo ważny, ponieważ waży się tutaj losy całej akcji. Jeśli wypadnięcie człowieka zostało zauważone z mostka nawigacyjnego przechodzi się automatycznie do drugiego etapu. Kiedy natomiast informacja, która dociera na mostek nawigacyjny pochodzi z „drugiej ręki”, a dodatkowo bardzo często jest to wiadomość niepewna i niekompletna, to należy taką sytuację przeanalizować. Trzeba pamiętać, że

zainicjowanie akcji wiąże się z ryzykiem narażenia ludzi na niebezpieczeństwo utraty zdrowia lub życia, straty finansowych spowodowanych nie dotarciem do miejsca przeznaczenia w określonym czasie, czy uszkodzeniem statku lub ładunku.

Podczas drugiego etapu następuje wybór odpowiedniego manewru z trzech rekomendowanych przez Międzynarodowy Poradnik Poszukiwania i Ratowania dla Samolotów i Statków IAMSAR (International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual), który ma na celu doprowadzić do statek do miejsca zaginięcia człowieka w jak najkrótszym czasie [5].

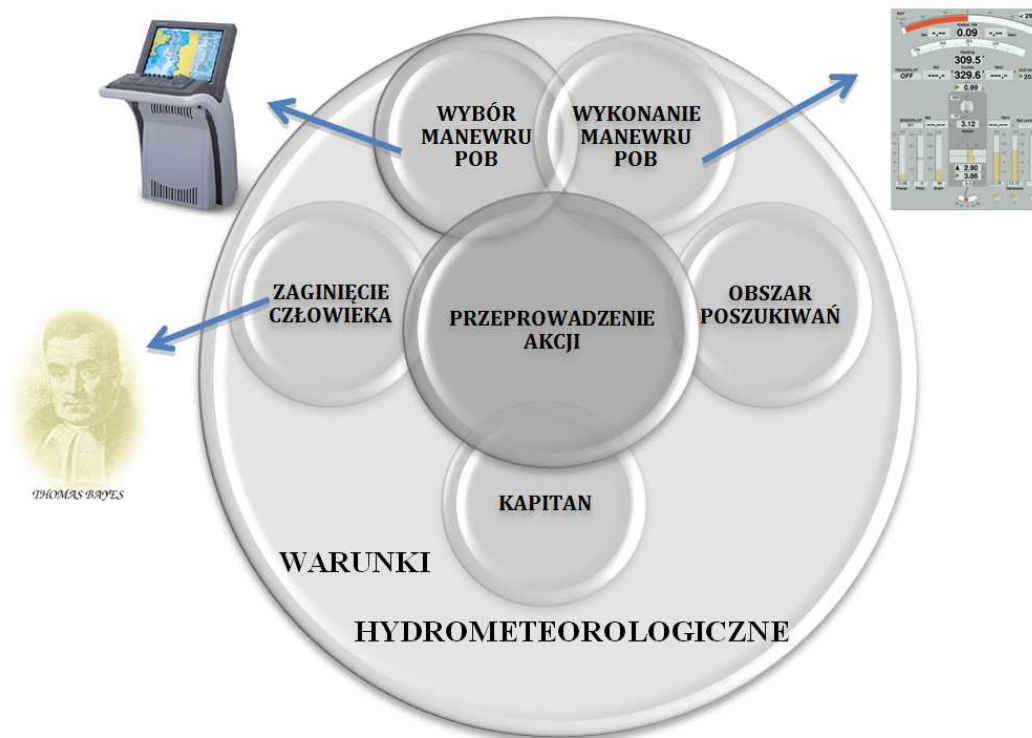
Etap trzeci to bezpieczne wykonanie manewru POB w określonej przestrzeni manewrowej z uwzględnieniem parametrów granicznych takich jak maksymalny kąt przechyłu statku, prędkość, czy zdolności manewrowe.

Na etapie czwartym następuje wybór odpowiedniej metody poszukiwania rozbitka oraz przeszukanie obszaru, w którym może znajdować się człowiek.

## 2. SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI PODCZAS AKCJI RATOWNICZEJ POB

System wspomaganie decyzji podczas akcji człowiek za burtą powinien być prosty i czytelny. Z tego względu został on podzielony na mniejsze segmenty reprezentujące poszczególne etapy akcji w następujący sposób (rys. 2.):

- Moduł oceny sytuacji pozwalający na określenie prawdopodobieństwa zaginięcia człowieka.
- Moduł graficzny wykorzystujący mapę elektroniczną, na której zostanie wykreślony manewr POB w dostępnej przestrzeni manewrowej ze zbioru manewrów zalecanych przez IAMSAR z uwzględnieniem ograniczeń danej jednostki (maksymalny przechył, prędkość).



Rys. 2. Zintegrowany system DSS akcji POB.

Źródło: opracowanie własne.

- Moduł graficzny wykorzystujący zintegrowany system nawigacyjny np. NACOS, określający dynamicznie maksymalną prędkość kątową podczas wykonywania manewru POB w określonych warunkach hydrometeorologicznych.
- Moduł wyznaczania obszaru poszukiwań w danych warunkach hydrometeorologicznych [6].

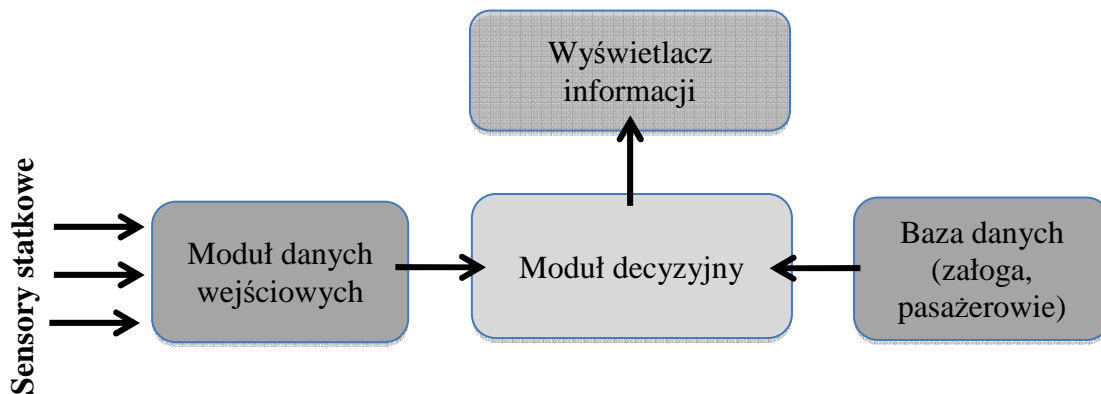
Wszystkie z wymienionych wyżej modułów są zintegrowane w jeden system, który pozwoli w oparciu o sieć bayesowską na określenie prawdopodobieństwa prawidłowego przeprowadzenia akcji POB (znalezienia człowieka w wodzie). W dalszym etapie badań będzie można opisać ryzyko przeprowadzenia takiej akcji.

### 3. PODEJMOWANIE DECYZJI PODCZAS PIERWSZEGO ETAPU AKCJI

Sytuacja zaginięcia człowieka na statku jest sytuacją problemową (problem decyzyjny), szczególnie na statkach gdzie przewozi się dużą ilość pasażerów (statki pasażerskie, promy, wycieczkowce). Kapitan jako decydent staje przed koniecznością podjęcia jednej decyzji z przynajmniej dwóch wariantów, gdzie zbiór możliwych konsekwencji i prawdopodobieństwa ich wystąpienia jest znany.

System wspomaganie decyzji, który posłuży kapitanowi na wstępną ocenę sytuacji i podjęcie w pierwszym etapie akcji składa się z następujących modułów:

- Moduł danych wejściowych odbierających informacje hydrometeorologiczne (kierunek i prędkość wiatru, kurs i prędkość statku, czas, data) z sensorów statkowych.
- Moduł decyzyjny oparty na sieci bayesowskiej (rys. 4.).
- Moduł informacji o załodze oraz pasażerach.
- Interfejs komunikacji w postaci wyświetlacza informacji.



Rys. 3. System wspomaganie decyzji podczas pierwszego etapu akcji POB.

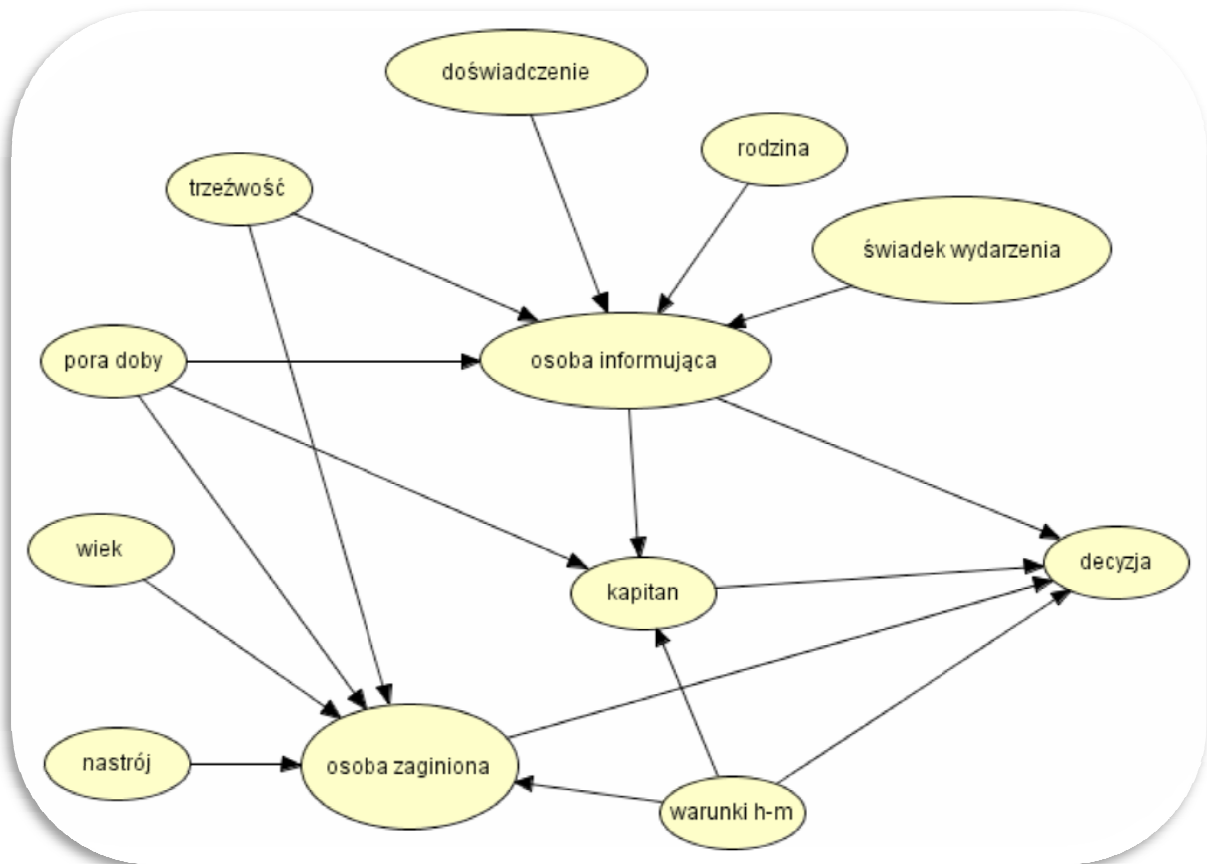
Źródło: opracowanie własne, na podstawie Bąk A., „The process of creating a knowledge base of the Bayesian model of navigational situation assessment”, *Zeszyty Naukowe AM, Szczecin 2011*.

Moduł danych wejściowych ma za zadanie odbieranie informacji z sensorów statkowych i przekazywanie ich dalej do modułu decyzyjnego, który na podstawie sieci bayesowskiej oblicza prawdopodobieństwo zaginięcia człowieka na statku. Do budowy sieci i obliczeń w module decyzyjnym wykorzystano program HUGIN 7.3, posiadający interfejs graficzny, kompilator oraz system przeznaczony do budowy i wykorzystywania bazy wiedzy opartej na sieci bayesowskiej. Do tego modułu również są przekazywane informacje o osobie zaginionej, osobie informującej oraz kapitanie z bazy danych załogi i pasażerów. Baza taka jest aktualizowana w momencie zamustrowania nowego członka załogi lub pasażera.

Informacja o prawdopodobieństwie zaginięcia człowieka pojawia się na wyświetlaczu wraz z dodatkowymi parametrami wykorzystanymi do obliczeń w module decyzyjnym.

Przykładowy moduł decyzyjny może opierać się na:

- Wiarygodności osoby informującej, na którą wpływają: trzeźwość, doświadczenie, spokrewnienie z zaginioną osobą, naoczny świadek;
- Doświadczenie kapitana podejmującego decyzje;
- Wiarygodność osoby zaginionej, na którą wpływa: trzeźwość, wiek, nastrój, pora doby, warunki hydrometeorologiczne.



Rys. 4. Moduł decyzyjny oparty na sieci bayesowskiej.

Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystując system oparty na sieci bayesowskiej, do której wprowadzane są automatycznie lub półautomatycznie wymagane do obliczeń parametry, kapitan statku w bardzo krótkim czasie dostaje informacje o prawdopodobieństwie zaginięcia człowieka i może na tej podstawie podjąć decyzje o rozpoczęciu akcji POB.

## WNIOSKI

Dynamiczny wzrost żeglugi pasażerskiej oraz promowej niesie ze sobą ryzyko zaginięcia ludzi na morzu. Czas podejmowanie decyzji w takiej sytuacji ma ogromne znaczenie, ponieważ prawdopodobieństwo przetrwania człowieka w wodzie o różnej temperaturze maleje w funkcji czasu; po 3 godzinach w wodzie o temperaturze 3°C wynosi już tylko 50% [5].

Opracowanie odpowiedniego inteligentnego systemu wspomaganie decyzji podczas pierwszej fazy akcji zaginięcia człowieka pozwoli na analizę i ocenę sytuacji skróci czas potrzebny do podjęcia decyzji o rozpoczęciu działania. W dalszym etapie, kiedy system obejmie wszystkie fazy akcji POB możliwe będzie określenie ryzyka podjęcia odpowiedniego działania, wykorzystanie systemu jako narzędzia do szkoleń oraz analizy istniejących już wypadków na morzu.

Tworzony system IDSS pozwoli na zwiększenie efektywności akcji odnalezienia człowieka na morzu oraz pozwoli zmniejszyć straty ekonomiczne w sytuacji, kiedy informacja jest nieprawdziwa, co niestety coraz częściej obserwujemy na statkach przewożących dużą ilość pasażerów i załogi.

### LITERATURA

- [1] Szłapczyński R., „Fuzzy Collision Threat Parameters Area (FCTPA) – a new display proposal” VII Międzynarodowe Sympozjum Nawigacyjne, Gdynia, 2007.
- [2] Zbigniew P., “Fuzzy Control in Solving collision Situations at Sea”, Computational Intelligence: Methods and Applications, Eds. L. Rutkowski, R. Tadeusiewicz, L. A. Zadeh, J. Żurada, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2008, str. 103-111.
- [3] <http://www.napa.fi/Products-Services/Ship-Operation/Decision-Support>.
- [4] Bąk A., „The process of creating a knowledgebase of the Bayesian model of navigational situation assessment”, Zeszyty Naukowe AM, Szczecin 2011, str. 5-12.
- [5] Burciu Z. “Bezpieczeństwo w transporcie morskim. Poszukiwanie i ratowanie życia na morzu. Podejście systemowe” (monografia w przygotowaniu do druku).
- [6] International Maritime Organization. (IMO): IAMSAR Manual - International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual, Volume III, London 2003.

### DECISION SUPPORT SYSTEM DURING PERSON OVERBOARD SITUATION BASED ON BAYESIAN NETWORK

#### Abstract:

The paper presents Decision Support System based on Bayesian Network that can be used during Person Overboard situation on board modern cruise vessels or ferries. Nowadays there are some Intelligent Decision Support Systems assisting navigators to analyse traffic and to take correct decisions to avoid close quarter situations, but there is no automatic tools to support process of making a decisions while emergency situation POB occurs. During that situation time of finding person is the key to determine a successful action and IDSS could help to make action more efficient and in shorter time period.

Key words: Bayesian network, search and rescue, decision support systems, manoeuvring.