

Jarosław Soliwoda
Akademia Morska w Gdyni

WPŁYW DECYZJI KOORDYNATORA AKCJI SAR NA JEJ SKUTECZNOŚĆ

Streszczenie: Akcje ratownicze prowadzone na morzu wymagają szybkiego i dokładnego planowania. Popęlnienie błędów lub opóźnienie decyzji powoduje zmniejszenie szans uratowania rozbitków. Osobą decydującą w procesie planowania akcji SAR jest jej koordynator. W artykule są przedstawione używane metody oceny skuteczności akcji ratowniczych. Artykuł zawiera również analizę wpływu podejmowanych przez koordynatora decyzji na skuteczność akcji SAR.

Słowa kluczowe: skuteczność, ratownictwo, podejmowanie decyzji

1. WPROWADZENIE

Akcje ratownicze na morzu są działaniami występującymi sporadycznie z dużym zakresem niepowtarzalności. O skuteczności akcji decyduje wiele nieprzewidywalnych czynników. Dlatego też posługiwanie się metodami statystycznymi w badaniach systemu ratownictwa nie pozwala poznać rzeczywistych parametrów efektywności i skuteczności jego elementów. Połączenie metod statystycznych i danych otrzymanych z badań heurystycznych pozwala na otrzymanie bliższych rzeczywistości wskaźników skuteczności systemu ratownictwa morskiego.

System ratownictwa morskiego jest zbiorem elementów technicznych wchodzących w jego skład jak również zbiorem działań podjętych przez ludzi na elementach technicznych. Sukces akcji SAR zależy od szybkości przeprowadzania kolejnych etapów operacji ratowniczych. Szybka i dokładna analiza informacji o wypadku pozwala na dobranie odpowiednich parametrów akcji i tym samym efektywne jej przeprowadzenie. System ratownictwa w okresach pomiędzy akcjami znajduje się w fazie oczekiwania. Jednostki ratownicze oraz Centrum Koordynacyjne znajdują się w stałym pogotowiu.

W skład systemu ratownictwa wchodzi jednostki pływające i lotnicze środki ratownicze zajmujące się ratownictwem bezpośrednim, oraz Centra Koordynacyjne zajmujące się organizowaniem i prowadzeniem akcji ratowniczych. Centra Koordynacyjne decydują we współczesnych systemach ratownictwa o planie akcji ratowniczej natomiast jednostki

poszukujące i ratujące decydują o jego realizacji. Bezpośrednia odpowiedzialność za przygotowanie i prowadzenie akcji ratowniczej spoczywa na koordynatorze akcji ratowniczej (SMC - SAR Mission Coordinator). Przygotowaniem poszczególnych elementów akcji zajmuje się zespół operacyjny, natomiast decyzje podejmuje osobiście koordynator.

2. SKUTECZNOŚĆ AKCJI SAR

Skuteczność systemu ratowniczego jest prawdopodobieństwem wykonanie zadania poszukiwania, odnalezienia i ratowania ludzi będących w zagrożeniu życia na morzu. Do oceny akcji ratowniczej stosowane są różne miary. Miarą zalecaną przez poradnik IAMSAR jest efektywność akcji SAR. Jest ona odniesiona do ratowania życia ludzkiego oraz ratowania mienia. Obie przedstawione miary są wyznaczane po zakończeniu i analizie przeprowadzonej akcji SAR. [3] Pierwszym parametrem jest efektywność ratowania życia ludzkiego wyrażona formułą:

$$EFF(L) = \frac{LS}{LS + LLA} \quad (1)$$

gdzie: LS - liczba uratowanych rozbitków,
 LLA - liczba nieuratowanych rozbitków po zainicjowaniu akcji SAR.

Drugim parametrem jest efektywność ratowania mienia wyrażona formułą:

$$EFP(L) = \frac{PLP}{PLP + PL} \quad (2)$$

gdzie: PLP - wartość mienia uratowanego,
 PL - wartość mienia utraconego po zainicjowaniu akcji SAR.

Obie proponowane miary efektywności obarczone są niedokładnością wynikającą z trudności określenia strat przed rozpoczęciem akcji i po jej rozpoczęciu. W przypadku nieuratowania żadnych rozbitków, brak jest informacji o katastrofie i jej bezpośrednich ofiarach, które zaistniały przed rozpoczęciem akcji. W takiej sytuacji efektywność akcji wynosi zero pomimo poprawnie przeprowadzonej akcji SAR. Obie miary mogą być używane jedynie w celach weryfikacyjnych działania systemu SAR i mogą służyć do planowania zmian w samym systemie jak i organizacji akcji SAR. Dla usprawnienia wyliczeń wprowadzane są niekiedy ekonomiczne miary życia ludzkiego oparte o kwotę maksymalnego ubezpieczenia.

Miarą odzwierciedlającą w lepszym stopniu działanie systemu ratownictwa jest jego skuteczność do zaplanowania, przeprowadzenia poszukiwań i uratowania rozbitków. Skuteczność teoretyczna planu akcji jest definiowana prawdopodobieństwem sukcesu (POS), który określony jest prawdopodobieństwem wykrycia rozbitków pod warunkiem znajdowania się ich w obszarze poszukiwań. Przy założeniu zdarzeń: A - znajdowania się

obiekt poszukiwań w wyznaczonym rejonie poszukiwań oraz B - wykrycia poszukiwanego obiektu otrzymujemy wyrażenie definiowane jako prawdopodobieństwo sukcesu (POS – Probability of Success):

$$P(A \cap B) = P(A) \times P(B|A) \quad (3)$$

gdzie: $P(A)$ - prawdopodobieństwo znajdowania się rozbitków w obszarze poszukiwań, (POC - Probability of Containment),
 $P(B|A)$ - prawdopodobieństwo wykrycia rozbitków pod warunkiem znajdowania się w wyznaczonym obszarze poszukiwań, (POD - Probability of Detection).

W praktyce dochodzi jeszcze szansa bezpośredniego ratowania rozbitków: podjęcia ich z wody, utrzymania przy życiu do chwili dotarcia na ląd (POR - Probability of Rescue)[4]. Skuteczność całkowitą akcji SAR można, więc określić jako prawdopodobieństwo wyratowania rozbitków pod warunkiem znalezienia ich żywych. Standardowy tryb optymalizacji akcji bazuje na maksymalizowaniu prawdopodobieństwa znalezienia rozbitków.

Prawdopodobieństwo sukcesu jest teoretyczną miarą skuteczności akcji wyznaczaną w fazie jej planowania. POS nie pozwala na ocenę wpływu decyzji koordynatora na rzeczywistą skuteczność akcji SAR. Dopiero zestawienie obu typów wskaźników efektywności (a posteriori) i prawdopodobieństwa sukcesu (a priori) pozwala ocenić wpływ decyzji koordynatora.

Całkowitą odpowiedzialność za wyznaczenie obszaru poszukiwań i tym samym prawdopodobieństwie POC spoczywa na koordynatorze. Natomiast prawdopodobieństwo detekcji jest zależne od koordynatora, który przydziela jednostki poszukujące do odpowiednich podobszarów i planuje wzory poszukiwań oraz od realizacji poszukiwań przez jednostki poszukujące.

Bezpośrednimi czynnikami decydującymi o skuteczności akcji SAR są:

- informacje o katastrofie: pozycji, ilości i stanie rozbitków, użytych środkach ratunkowych,
- informacje o warunkach hydrometeorologicznych panujących na akwenie oraz dokładność prognoz na czas akcji SAR,
- informacje o dostępnych jednostkach ratowniczych i sposobie ich użycia,
- możliwości poprawnego i szybkiego planowania akcji,
- aktywna kontrola chwilowych stanów i rezultatów akcji,

Poprawne zaimplementowanie każdego z wymienionych czynników do akcji SAR jest warunkowane pracą koordynatora (SMC) oraz zespołu operacyjnego.

3. WPLYW DECYZJI KOORDYNATORA NA SKUTECZNOŚĆ AKCJI

Koordynator akcji (SMC) jest osobą odpowiedzialną za przygotowanie planu akcji SAR oraz jej nadzór w czasie realizacji. W praktyce wszystkie czynności są wykonywane przez

zespół operacyjny, natomiast decyzje dotyczące planowania akcji oraz zmian w czasie jej realizacji są podejmowane bezpośrednio przez koordynatora.

W celu wypracowania optymalnej decyzji gromadzone są informacje dotyczące: obiektów poszukiwanych, warunków hydrometeorologicznych i ich prognoz oraz dostępnych jednostkach poszukujących,

Po zgromadzeniu odpowiednich informacji koordynator podejmuje decyzje dotyczące:

- implementowania zgromadzonych informacji do planu akcji
- wyznaczenia obszaru poszukiwań
- przydzielenia zadań, desygnowanie akwenu poszukiwań, wzorów przeszukiwania dla każdej z jednostek ratowniczych,
- nadzoru nad realizacją zaplanowanej akcji,
- modyfikacji akcji w odniesieniu do aktualnych danych.

Przeprowadzenie skutecznej akcji SAR wymaga wprowadzenia kryteriów optymalizacyjnych do podejmowanych decyzji. Według ważności kryterium są to:

- uratowanie jak największej ilości rozbitków,
- minimalizowanie strat wśród ratowników,
- minimalizowanie czasu przebywania ludzi w sytuacji zagrożenia życia,
- minimalizowanie zaangażowania środków ratowniczych,
- minimalizowanie odpowiedzialności moralnej i prawnej,

Decyzje koordynatora akcji można podzielić według stopnia ryzyka na decyzje podejmowane w warunkach pewności, gdy znane są konsekwencje ich podjęcia, decyzje podejmowane w warunkach ryzyka, gdy każda z podjętych decyzji pociąga za sobą więcej niż jedną konsekwencję, ale jednocześnie znany jest zbiór wszystkich konsekwencji i prawdopodobieństw ich zaistnienia oraz decyzje podejmowane w warunkach niepewności, gdy nie znane są konsekwencje podjętych decyzji.

W procesie planowania i realizacji akcji SAR sporadycznie podejmowane są decyzje w warunkach pewności, znacznie częściej podejmowane są one w warunkach ryzyka i niepewności. [2] W sytuacjach, w których istnieje niepewność zajścia zdarzeń konieczne jest wprowadzenie kryteriów decyzji. Niepewność oznacza często sytuację, w której koordynator zna możliwe konsekwencje podjętych działań nie zna jednak prawdopodobieństw ich zajścia. Koordynator rozważa różne potencjalne scenariusze, nie jest jednak w stanie określić jakie jest prawdopodobieństwo ich zajścia. W takim przypadku stosowane są różne kryteria podejmowania decyzji [6]:

- kryterium Walda - wybierana jest decyzja, która pozwala uzyskać największą skuteczność przy największych stratach przy jak największym, w akcjach ratowniczych oznacza to wybór decyzji znalezienie jak najmniejszej liczby martwych rozbitków lub ich nieodnalezienie, dotyczy to również strat wśród ratowników i jednostek poszukujących,
- kryterium Hurwicza - wybierana jest decyzja, która maksymalizuje skuteczność akcji SAR, co oznacza wybór decyzji zakładającej znalezienie jak największej liczby żywych rozbitków, przy założonym poziomie optymizmu co do realizacji akcji,

- kryterium Laplace'a - wybierana jest decyzja, która maksymalizuje użyteczność akcji uwzględniając jednocześnie szanse realizacji, w akcjach SAR oznacza to maksymalizację liczby uratowanych rozbitków w danych warunkach,
- kryterium Savage'a - wybierana jest decyzja, która pozwala uzyskać najniższą z maksymalnych strat.

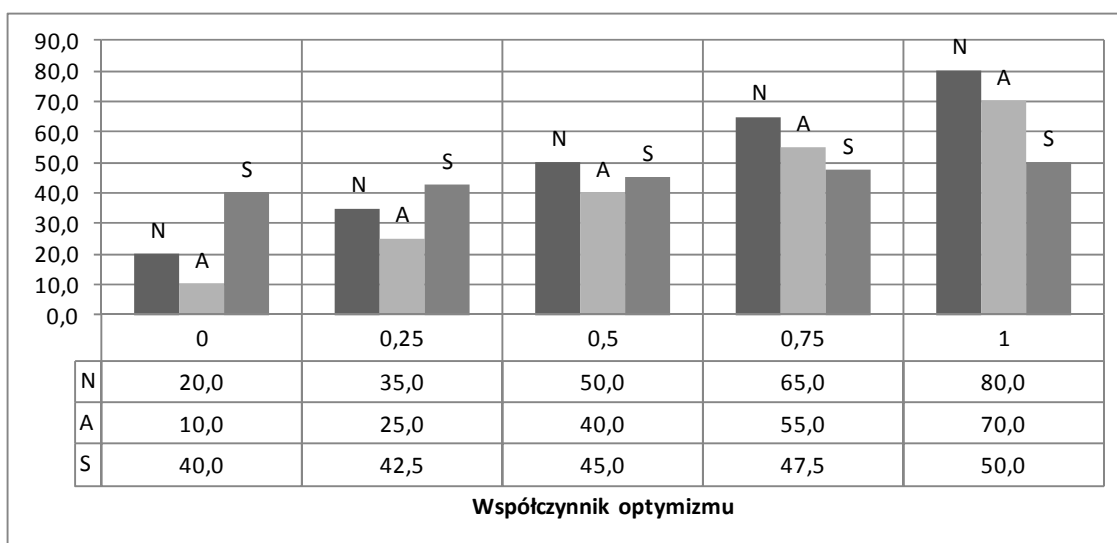
Problem podjęcia decyzji przez koordynatora akcji dotyczy czasu jej podjęcia oraz bezbłędności. Koordynator w sytuacji niepewności informacji lub jej braku podejmuje decyzję o jej poszukiwaniu lub weryfikacji, bądź też wybiera kontynuowanie akcji z realnie istniejącą szansą popełnienia błędu. Natomiast zbyt długi proces weryfikacji informacji prowadzi do opóźnień w akcji ratowniczej i tym samym prowadzi do zmniejszenia szans uratowania rozbitków.

Zastosowanie powyższych kryteriów w akcjach ratowniczych może mieć decydujące znaczenie dla sukcesu w akcjach ratowniczych prowadzonych w różnych warunkach. Analizując podejmowanie decyzji przez koordynatora w odniesieniu do ryzyka można wyróżnić trzy stany: awersja, neutralność i skłonność do ryzyka. Przyjmując, że koordynator w czasie całej akcji stosuje stałe podejście do ryzyka do oceny decyzji można na bazie teorii gier zastosować macierz wypłat (szans uratowania rozbitków).

Tab. 1.

Tabela wypłat

Podejście koordynatora do ryzyka (decyzji)	Stany akcji SAR			
	S1	S2	S3	S4
Neutralność	80	30	40	20
Awersja	70	20	40	10
Skłonność	50	50	40	40



Rys. 1. Ocena podejmowania decyzji - Kryterium Hurwicza [opracowanie własne]

Dla potrzeb analizy stany akcji SAR zostały podzielone na cztery grupy:

- S1 - akcja prowadzona w dobrych warunkach pogodowych, duża szansa przetrwania rozbitków,
- S2 - akcja prowadzona w dobrych warunkach pogodowych, mała szansa przetrwania rozbitków,
- S3 - akcja prowadzona w ciężkich warunkach pogodowych, duża szansa przetrwania rozbitków,
- S4 - akcja prowadzona w ciężkich warunkach pogodowych, mała szansa przetrwania rozbitków.

Kryterium Hurwicza - dla wysokich wartości współczynnika optymizmu najlepsze decyzje będzie podejmował koordynator neutralny wobec ryzyka, natomiast przy niskich wartościach współczynnika koordynator o skłonnościach do ryzyka.

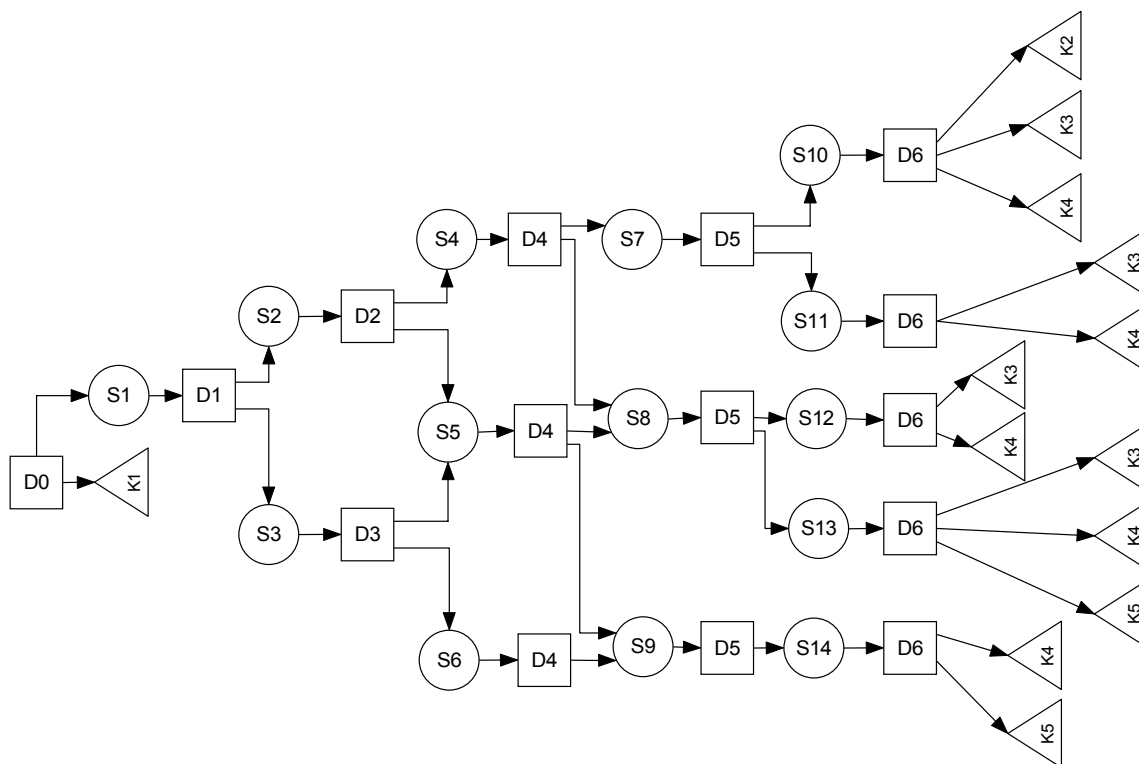
Tab. 2.

Wyniki kryteriów oceny decyzji koordynatora

Kryterium	Rezultat					Predyspozycje koordynatora do prowadzenia akcji
Walda		N	30			Neutralność
		A	10			
		S	20			
Laplace'a		N	50,00			Neutralność
		A	43,33			
		S	46,67			
Savage'a		S1	S2	S3	S4	Neutralność
	N	0	20	0	20	
	A	10	30	0	30	
	S	30	0	0	0	

[opracowanie własne]

Szczegółowe określenie wpływu decyzji koordynatora na skuteczność akcji SAR wymaga zastosowania drzewa decyzyjnego wraz z określeniem prawdopodobieństwa znalezienia się w założonych stanach. W tym modelu skuteczność akcji SAR jest zdefiniowana zakresem i wartościami konsekwencji.



Rys. 2. Drzewo decyzyjne koordynatora akcji SAR. [opracowanie własne]

Decyzje podejmowane przez koordynatora

Tab. 3..

D0	rozpoczęcie akcji SAR
D1	poszukiwanie i weryfikacja informacji
D2	określenie pozycji katastrofy
D3	oszacowanie pozycji katastrofy
D4	określenie obszaru poszukiwań
D5	wybór jednostek poszukujących i przydzielenie zadań
D6	zakończenie akcji

Stany akcji SAR

Tab. 4.

S1	Zainicjowane działanie systemu SAR
S2	Zgromadzono odpowiedni zakres danych, dane pewne
S3	Zgromadzono ograniczoną ilość danych, dane niepewne
S4	Wyznaczono dokładną pozycję odniesienia
S5	Wyznaczono niedokładną, niepewną pozycję odniesienia
S6	Wyznaczono błędną pozycję odniesienia
S7	Wyznaczono prawidłowy obszar poszukiwań
S8	Wyznaczono niepewny obszar poszukiwań
S9	Wyznaczono błędny obszar poszukiwań
S10	Wybrano odpowiednią ilość i rodzaj jednostek poszukujących do prawidłowego obszaru poszukiwań
S11	Wybrano zbyt małą liczbę jednostek poszukujących lub nieprawidłowo przydzielono zadania do właściwego obszaru poszukiwań

S12	Wybrano odpowiednie jednostki i prawidłowo przydzielono im zadania w niepewnym obszarze poszukiwań
S13	Wybrano zbyt małą liczbę jednostek poszukujących lub nieprawidłowo przydzielono zadania
S14	Przydzielono jednostki do błędnego obszaru poszukiwań

Konsekwencje akcji SAR

Tab.5.

K1	akcja zakończona bez strat
K2	akcja zakończona sukcesem, uratowani wszyscy rozbitkowie
K3	akcja zakończona częściowym sukcesem, uratowana część rozbitków bez strat ratowników
K4	straty ratowników
K5	akcja zakończona niepowodzeniem

Ważnym czynnikiem decydującym o skuteczności akcji jest identyfikacja wpływu poszczególnych decyzji na wynik akcji ratowniczej. Poznanie tego wpływu pozwala na hierarchizację decyzji i poznanie parametrów krytycznych.

4. WNIOSKI

Zdefiniowanie skuteczności akcji poszukiwawczo ratowniczej jest problematyczne. Z jednej strony za akcje kończącą się sukcesem można by uznać taką, która kończy się uratowaniem jak największej liczby rozbitków. Jednakże jeśli uwzględnimy wszelkie niepewności dotyczące informacji i sposobów działania jednostek poszukujących w odniesieniu do warunków meteorologicznych oraz posiadanych środków to najlepiej zorganizowana i przeprowadzona akcja ratownicza może nie prowadzić do uratowania rozbitków. Natomiast akcja kończąca się uratowaniem rozbitków może być praktycznie implementacją chaosu decyzyjnego. Dodatkowym problemem są straty ratowników. W praktyce nie można uznać za całkowicie skuteczną akcję, w wyniku której giną ratownicy pomimo uratowania rozbitków. W poradniku IAMSAR skuteczność akcji SAR definiuje się prawdopodobieństwem sukcesu, który jest zależny od prawdopodobieństwa wyznaczenia obszaru poszukiwania i prawdopodobieństwa detekcji rozbitka. W tak przyjętej mierze zakłada się całkowitą pewność i trafność decyzji podejmowanych akcji SAR. W praktyce można zauważyć iż duża niepowtarzalność akcji ratowniczych skutkuje dużym zakresem podejmowania decyzji bezpośrednio wpływających na sukces akcji SAR. Oznacza to, że czynnikiem silnie warunkującym sukces akcji będą decyzje koordynatora akcji. Poznanie wpływu decyzji koordynatora na skuteczność akcji SAR jest konieczne w celu zwiększenia szans uratowania rozbitków i zmniejszenia strat wśród ratowników. Przedstawione metody decyzji koordynatora pozwalają na dobór predyspozycji psychologicznych koordynatorów akcji SAR. W akcjach ratowniczych prowadzonych w ciężkich warunkach pogodowych podjęcie ryzykownych decyzji przez koordynatora może zwiększyć skuteczność akcji, natomiast w dobrych warunkach taki tryb podejmowania decyzji skutkuje zmniejszeniem skuteczności (rys. 1).

Bibliografia

1. Burciu Z, Soliwoda, J., The influence of the coordinator attitude on SAR action effectiveness, *Zeszyty Naukowe, Akademia Morska w Szczecinie* 14(86), 2009,
2. Jajuga K., *Zarządzanie ryzykiem*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2007.
3. *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*. IMO/ICAO, London/Montreal, 2008
4. Soliwoda J., *Efektywność systemu ratownictwa*, XXXV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk 2007
5. Soliwoda J., *Metody oceny ryzyka i skutków awarii morskich statków handlowych* XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk 2005,
6. Watson J. *Strategia Wprowadzenie do teorii gier*, Wydawnictwo WNT, 2005

INFLUENCE OF SAR MISSION COORDINATOR DECISION ON SAR ACTION EFFECTIVENESS

Abstract: Sea search and rescue actions requires fast and detail planning. Mistakes and decision delays reduce probability of survive. The person in charge, responsible for planning process in SAR action is Sar Mission Coordinator. The methods used in SAR action efficiency estimating are described in the paper. The article contains also analysis of coordinator decisions on action efficiency.

Keywords: effectiveness, rescue, decision taking