

PODEJMOWANIE DECYZJI PRZEZ KOORDYNATORA AKCJI RATOWNICZEJ NA PODSTAWIE NIEZAWODNOŚCI OBIEKTU POSZUKIWANEGO

W artykule przedstawiono model niezawodności tratw ratunkowych oraz wyznaczone parametry niezawodnościowe dla tratw ratunkowych 6-, 10- i 20-osobowych z dryfkotwą i bez dryfkotwy dla 10% i 100% obsadzenia tratwy, dla prędkości wiatru 52 węzły. Przedstawione parametry niezawodnościowe zastosowano przy podejmowaniu decyzji przez koordynatora akcji SAR.

WSTĘP

Znajomość charakterystyk niezawodnościowych środków ratunkowych przez koordynatora akcji SAR pozwala na zwiększenie skuteczności akcji, umożliwia dokonanie wyboru kolejności przeszukania wyznaczonych obszarów, z wyłączeniem obszaru dla człowieka w wodzie PIW (ang. *Person in the Water*), na podstawie najmniejszej niezawodności. Decyzja o przeszukaniu w pierwszej kolejności obszaru, w którym znajduje się obiekt charakteryzujący się niskim poziomem niezawodności (funkcja bezpieczeństwa), powinna uwzględniać również pewność znajdowania się obiektu w tym obszarze.

Różnorodność stanów eksploatacyjnych tratw ratunkowych (liczba osób w tratwie, wykorzystanie dryfkotwy itp.) powoduje powstawanie różnych znosów wiatrowych. W wyniku tego obszary poszukiwania określone dla tych obiektów znajdują się w różnej odległości od ostatniej znanej pozycji LKP (ang. *Last Known Position*). Przykład takich obszarów mogą stanowić:

- obszary tratwy ratunkowej bez dryfkotwy, obsadzonej rozbitkami (nieznana liczba osób),
- obszary tratwy ratunkowej z dryfkotwą, obsadzonej rozbitkami (nieznana liczba osób),
- obszar PIW.

Na rysunku 1 przedstawiono parametry techniczno-eksploatacyjne powodujące zakłócenia w kierunku i prędkości znosu wiatrowego.



Rys. 1. Parametry techniczno-eksploatacyjne powodujące zakłócenia w kierunku i prędkości znosu wiatrowego [2]

Na rysunku 2 przedstawiono widok tratwy ratunkowej z namiotem, dryfkotwą i systemem balastowym.



Rys. 2. Widok tratwy ratunkowej z namiotem, dryfkotwą i systemem balastowym [2, 3]

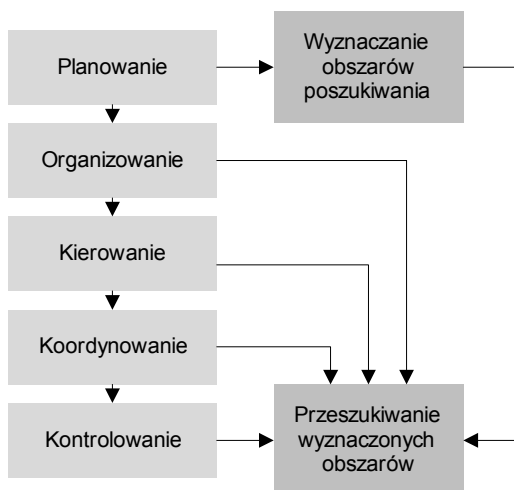
Do przeszukania wyznaczonych obszarów koordynator wykorzysta jednostkę znajdującą się w pobliżu miejsca zagrożenia. Powinien to być obszar obiektu poszukiwanego (tratwy ratunkowej, rozbitka w wodzie), który charakteryzuje się niskim poziomem niezawodności.

1. KOORDYNACJA AKCJI RATOWNICZEJ

Koordynacja jest to harmonijne powiązanie, funkcjonowanie wielu elementów systemu [9], w przypadku akcji SAR – elementów systemu akcji ratowniczej, którymi są:

- koordynator akcji,
- nawodne i lotnicze jednostki ratownicze,
- jednostki nieratownicze, np. zarekwirowane statki handlowe,
- jednostka będąca w zagrożeniu,
- obiekty poszukiwania,
- obszar poszukiwania.

Koordinowanie akcją SAR jest jedną z funkcji zarządzania akcją ratowniczą.



Rys. 3. Zarządzanie jako sekwencja postępowania – wyznaczanie obszarów poszukiwania i przeszukiwanie wyznaczonych obszarów (oprac. na podst. [9])

Zarządzanie systemem akcji SAR zazwyczaj przebiega przy niepełnej i niepewnej informacji. Wskazując na informacyjny charakter przyczyn powstania ryzyka, E. Kreim definiuje: „ryzyko oznacza, że na skutek niepełnej informacji są podejmowane decyzje, które nie są optymalne z punktu widzenia przyjętego celu” [11].

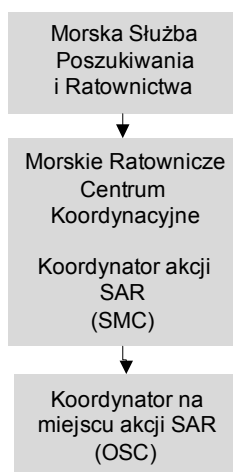
Czynnikiem stabilizującym działanie organizacji i większych systemów w warunkach nasilającej się niepewności może być przywództwo. Im więcej niepewności w otoczeniu i wewnątrz organizacji, tym więcej konieczności kompromisów [6]. Decyzje strategiczne podejmuje naczelne kierownictwo w warunkach ograniczonego dostępu do informacji. W tworzeniu strategii najbardziej się liczy perspektywa prezesa firmy „głównego stratega” lub szerzej – naczelnego kierownictwa [7].

Zaprezentowane powyżej definicje odnoszące się do zarządzania ryzykiem w pełni przystają do zarządzania systemem akcji ratowniczej – koordynacji akcji SAR.

Według Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie szczegółowych zasad i sposobu wykonywania zadań poszukiwania i ratowania życia na morzu oraz uprawnień członków ochotniczych drużyn ratowniczych [8]:

„§ 4. Działaniami ratowniczymi kierują:

- 1) kierownik akcji,
- 2) kierujący akcją na miejscu jej prowadzenia albo koordynator nawodnych poszukiwań”.



Rys. 4. Ogólny schemat organizacji koordynacji akcji SAR [5]

2. NIEZAWODNOŚĆ OBIEKTU POSZUKIWANEGO

Niezawodność operacyjna tratwy ratunkowej to właściwość mówiąca o tym, czy poprawnie spełnia ona zadane funkcje przez wymagany czas (czas do wykrycia/odnalezienia) w określonych warunkach hydrometeorologicznych [2].

Niezawodnością eksploatacyjną tratwy ratunkowej określa się stan, który zapewni bezpieczeństwo przebywania ludzi znajdujących się w niej – będzie to nieprzekroczenie stanów bezpiecznej eksploatacji [2].

$$R(x) = P_r \{Z_{tr} > x\} \quad (1)$$

gdzie:

$R(x)$ – niezawodność tratwy ratunkowej,
 Z_{tr} – prędkość tratwy (znos wiatrowy) – wartość maksymalna,
 x – prędkość wiatru.

Zależności prędkości tratw ratunkowych (znos wiatrowy) od prędkości wiatru przedstawione w [3] stanowiły podstawę budowy modelu, który umożliwił znalezienie funkcji niezawodności tratwy – jako funkcji prędkości wiatru.

Krzywe – znosy wiatrowe tratwy przedstawione w [3] sugerują, że w pewnym przedziale $[x_1, x_2]$ można je traktować jako wykresy funkcji danej wzorem:

$$y = -a x^3 + b x^2 + c, \quad x \in [0, x_1], \quad a > 0, \quad b > 0, \quad c > 0 \quad (2)$$

gdzie:

x – prędkość wiatru,
 y – liczbowa prędkość tratwy (znos wiatrowy),
 a, b – wartości przeciętne niezależnych nieujemnych zmiennych losowych A, B .

Funkcja:

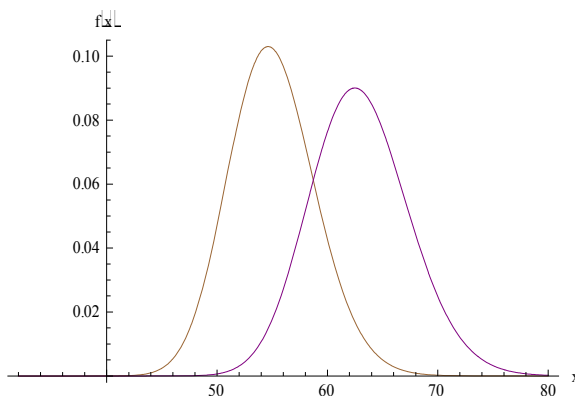
$$\begin{aligned}
 R(x) &= P(Z_{tr} > x) = 1 - \int_0^x f_Z(z) dz = \\
 &= 1 - \frac{\lambda_1^{\alpha_1} \lambda_2^{\alpha_2}}{3^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} B(\alpha_1, \alpha_2)} \int_0^x \frac{z^{\alpha_2-1}}{\left(\frac{\lambda_1}{3} + \frac{\lambda_2}{2} z\right)^{\alpha_1+\alpha_2}} dz \quad z > 0
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

jest funkcją bezpieczeństwa (niezawodności działania) trawy ratunkowej [1, 2, 4].

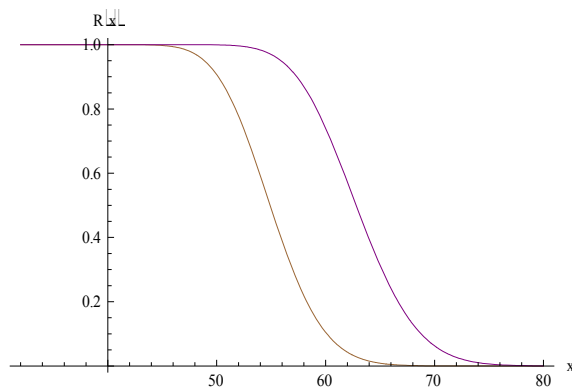
Wartość oczekiwana zmiennej losowej Z wyraża się wzorem:

$$E(Z_{tr}) = \frac{\lambda_1^{\alpha_1} \lambda_2^{\alpha_2}}{3^{\alpha_1} 2^{\alpha_2} B(\alpha_1, \alpha_2)} \int_0^{\infty} \frac{z^{\alpha_2}}{\left(\frac{\lambda_1}{3} + \frac{\lambda_2}{2} z\right)^{\alpha_1+\alpha_2}} dz
 \tag{4}$$

Przykładową gęstość rozkładu zmiennej losowej Z oraz funkcję niezawodności dla 6-osobowej trawy ratunkowej przedstawiono na rysunkach 5 i 6.



Rys. 5. Gęstość rozkładu zmiennej losowej Z_{tr} dla trawy 6-osobowej bez dryfkotwy obsadzonej przez 1 osobę (brąz) i 6 osób (purpurowy) [2]



Rys. 6. Wykres funkcji niezawodności $R(tr)$ dla trawy 6-osobowej bez dryfkotwy obsadzonej przez 1 osobę (brąz) i 6 osób (purpurowy) [2]

Tabela 1

Przykładowe wartości funkcji niezawodności $R(tr)$ dla 6-, 10- i 20-osobowej tratwy ratunkowej bez dryfkotwy dla prędkości wiatru 52 węzły [1, 2, 4]

Prędkość wiatru x [węzły]	Tratwa ratunkowa 6-1	Tratwa ratunkowa 6-6	Tratwa ratunkowa 10-1	Tratwa ratunkowa 10-10	Tratwa ratunkowa 20-2	Tratwa ratunkowa 20-20
	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$
52	0.7785	0.9962	0.9864	0.9980	0.1417	0.3092

Tabela 2

Przykładowe wartości funkcji niezawodności $R(tr)$ dla 6-, 10- i 20-osobowej tratwy ratunkowej z dryfkotwą [1, 2, 4]

Prędkość wiatru x [węzły]	Tratwa ratunkowa 6-1	Tratwa ratunkowa 6-6	Tratwa ratunkowa 10-1	Tratwa ratunkowa 10-10	Tratwa ratunkowa 20-2	Tratwa ratunkowa 20-20
	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$	$R(x)$
52	0.7122	0.9943	0.9469	0.9964	0.1417	0.2994

Na podstawie wyżej przedstawionych wyników można stwierdzić, że niezawodność tratwy ratunkowej zależy nie tylko od prędkości wiatru, ale również od:

- obciążenia tratwy (liczby osób na jej pokładzie),
- wielkości tratwy.

Problem, który z wyznaczonych obszarów przeszukać w pierwszej kolejności (w zależności od stanu eksploatacyjnego tratwy ratunkowej może być wyznaczonych 5 obszarów, np. 5 – dla PIW, dla tratwy z dryfkotwą i bez dryfkotwy, które są obsadzone w pełni lub nie), gdy realizacja akcji odbywa się w dużej odległości od stacjonowania ratowniczych jednostek lotniczych i nawodnych, a w pobliżu znajduje się jednostka handlowa, powinien być rozwiązany poprzez przyjęcie miar niezawodności – funkcji bezpieczeństwa tratw ratunkowych przez koordynatora akcji ratowniczej.

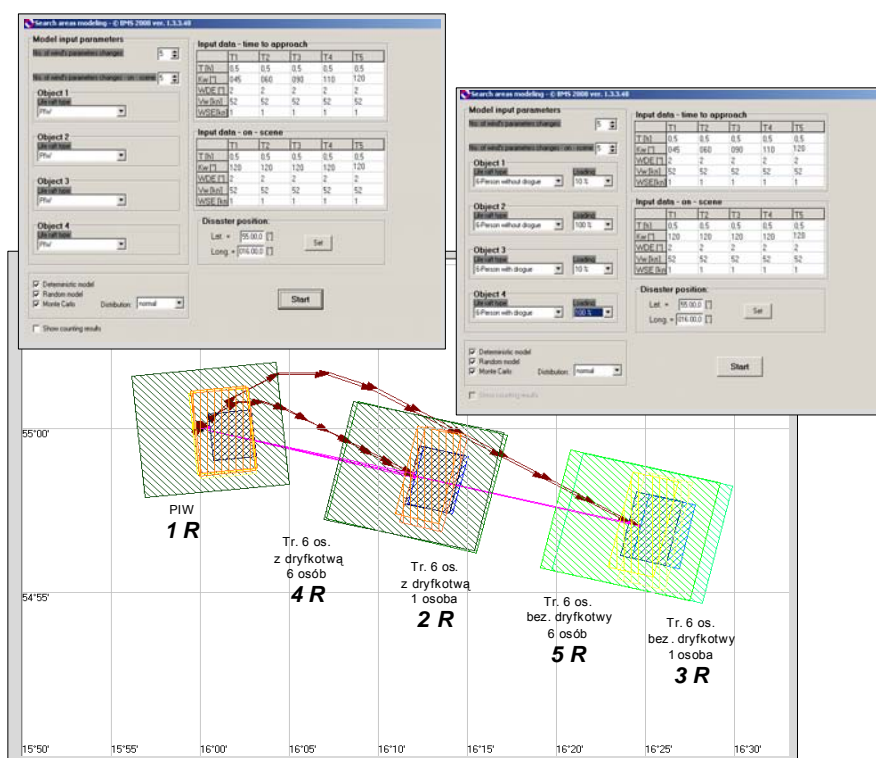
3. KOLEJNOŚĆ PRZESZUKANIA WYZNACZONYCH OBSZARÓW NA PODSTAWIE NIEZAWODNOŚCI OBIEKTU POSZUKIWANEGO

Realizacja akcji ratowniczej – poszukiwanie tratw ratunkowych 6-osobowych z uwzględnieniem niezawodności: wyznaczona niezawodność działania tratwy ratunkowej dla prędkości wiatru 52 węzłów ($10^{\circ}B$), czas: 5 godz., temperatura wody: $10^{\circ}C$.

Tabela 3

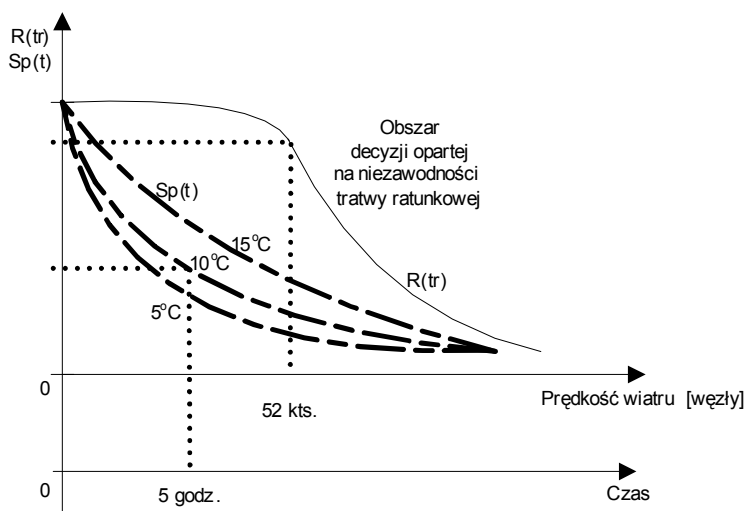
Funkcja bezpieczeństwa – niezawodności wybranych tratw ratunkowych [2]

Typ obiektu		Niezawodność $R(52)$	Kolejność przeszukania
Tratwa 6-osobowa b/dryfkotwy, 1 osoba	–	0,7785	3
Tratwa 6-osobowa b/dryfkotwy, 6 osób	–	0,9962	5
Tratwa 6-osobowa z dryfkotwą 1 osoba	–	0,7122	2
Tratwa 6-osobowa z dryfkotwą 6 osób	–	0,9943	4
PIW (rozbiłek w wodzie)	–	0,480	1



Rys. 7. Wyznaczone obszary poszukiwania dla tratwy 6-osobowej z dryfkotwą i bez dryfkotwy oraz rozbiłka w wodzie¹, z zaszerzowaniem kolejności przeszukania obszaru na podstawie niezawodności tratwy ratunkowej [2]

¹ Informatyczny system wspomagający akcję ratowania życia ludzkiego na morzu (*Search and Rescue Computer Aided System – SARCAS 2000*). Projekt celowy nr 2288/C.T12-9/98 dofinansowany przez KBN. Kierownik projektu Zbigniew Burciu.



Rys. 8. Obszary podjęcia decyzji opartej na niezawodności tratw ratunkowych $R(tr)$; podany czas na osi x dotyczy „niezawodności” przetrwania obiektu w wodzie $Sp(t)$ [2]

WNIOSKI

Zaproponowane rozwiązanie wykorzystujące model niezawodności – funkcję bezpieczeństwa obiektu poszukiwanego umożliwi koordynatorowi podjęcie decyzji o wyborze przeszukania w pierwszej kolejności obszaru, w którym znajduje się obiekt o niskim poziomie niezawodności (najmniejszej wartości funkcji bezpieczeństwa), natomiast zastosowanie teorii Dempstera-Shafera pozwala na wyznaczenie prawdopodobieństwa wystąpienia obiektu poszukiwanego w określonym stanie eksploatacji w wyznaczonym obszarze poszukiwania.

LITERATURA

1. Burciu Z., *Bayesian methods in reliability of search and rescue action*, Polish Maritime Research, 2010, nr 4(67), vol. 17.
2. Burciu Z., *Bezpieczeństwo w transporcie morskim. Poszukiwanie i ratowanie SAR*, monografia (przygotowywana do druku).
3. Burciu Z., *Modelowanie obszarów poszukiwania w aspekcie bezpieczeństwa transportu ludzi na morzu*, Prace Naukowe Transport, z. 50, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
4. Burciu Z., Grabski F., *The experimental and theoretical study on the reliability of life rafts*, Reliability Engineering and System Safety, DOI information: 10.1016/j.res.2011.06.001.
5. IAMSAR, *Manual International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual, Volume II, Mission Co-Ordination*, (incorporating 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 and 2007 amendments) IMO/ICAO London/Montreal, 2008.

6. Koźmiński A.K., *Zarządzanie w warunkach niepewności*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
7. Oblój K., *Strategia organizacji. W poszukiwaniu trwałej przewagi konkurencyjnej*, PWE, Warszawa 2001 (<http://www.anonimus.com.pl/index32.html>).
8. Plan Akcji Poszukiwawczych i Ratowniczych na Morzu, zatwierdzony przez MTiGM 09.02.2000.
9. Reber A. S., *Słownik psychologii*, SCHOLAR, Warszawa 2000.
10. Rozporządzenie Rady Ministrów z 25.09.2001 r. w sprawie szczegółowych zasad i sposobu wykonywania zadań poszukiwania i ratowania życia na morzu oraz uprawnień członków ochotniczych drużyn ratowniczych.
11. Tomaszewski J., *Zarządzanie ryzykiem finansowym w przedsiębiorstwie*, wykład I, *Ryzyko – zagadnienia podstawowe* (forma elektroniczna).

SAR ACTION COORDINATOR DECISION MAKING BASED ON RELIABILITY PARAMETERS OF SEARCH OBJECTS

Summary

The papers presents the reliability models allowing determination of reliability parameters of 6, 10 and 20 persons life rafts with and without drogue. The reliability parameters which can be used to support decision making by the Coordinator of SAR action with respect to the area to be searched at first step are proposed.