

CEPOWSKI Tomasz¹

MODELOWANIE WŁAŚCIWOŚCI MORSKICH ZA POMOCĄ ZMIENNYCH LINGWISTYCZNYCH NA ETAPIE WSTĘPNEGO PROJEKTOWANIA STATKU

W artykule przedstawiono metodę modelowania właściwości morskich przedstawionych za pomocą zmiennych lingwistycznych. W artykule przeprowadzono przykładowe modelowanie zalewania pokładu kontenerowca. Funkcję aproksymującą zalewanie pokładu w postaci zmiennej lingwistycznej opracowano za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Na tej podstawie opracowano zalecenia do projektowania wstępnego kontenerowców uwzględniające zalewania pokładu. Powyższe zalecenie można stosować w szerokim zakresie kształtów i wymiarów tych statków.

MODELING OF SEAKEEPING QUALITIES OF THE SHIP USING LINGUISTIC VARIABLES IN THE PRELIMINARY DESIGN STAGE

The paper presents a method of modeling the seakeeping qualities of the ship presented by linguistic variables. The article carried a sample container ship modeling green water phenomena. Approximation function of the green water in the form of linguistic variable was developed using artificial neural networks. On this basis, recommendations for designing the green water container take into account the above recommendation can be used in a wide range of shapes and dimensions of these vessels.

1. WSTĘP

W klasycznej logice każde zdanie przyjmuje dokładnie jedną spośród dwóch wartości logicznych: „prawda” lub „fałsz”. Z uwagi na to, że takie podejście nie uwzględnia stanów pośrednich, powstały pewne alternatywne systemy logiczne. Do takich systemów można zaliczyć np. stworzoną przez polskiego uczonego Jana Łukasiewicza logikę trójwartościową lub tzw. logikę rozmytą opracowaną przez profesora Lofti A. Zadeha przedstawioną w [7][8].

Logika rozmyta jest w pewnym sensie uogólnieniem logiki klasycznej. Modeluje ona zjawiska wieloznaczne, nieprecyzyjne i czasami sprzeczne. W logice rozmytej między stanem 0 (fałsz) a stanem 1 (prawda) rozciąga się szereg wartości pośrednich, które określają stopień przynależności elementu do zbioru. Do wnioskowania rozmytego wykorzystuje się zmiennie lingwistyczne, którym przyporządkowuje się pewne zbiory rozmyte. Zmiennie lingwistyczne to takie zmienne, które przyjmują, jako swoje wartości

¹Akademia Morska w Szczecinie, Wały Chrobrego ½, 70-500 Szczecin

słowa lub zdania wypowiedziane w języku naturalnym. Przykładem może być stwierdzenie „mała prędkość”.

Logika rozmyta jest wykorzystywana w okrętownictwie. Przykładowo w publikacji [5] wykorzystano zmienne lingwistyczne do opisu zachowania się statku na wodzie spokojnej. W pracy [6] wykorzystano logikę rozmytą do określania położenia środka ciężkości promu ro-ro. W publikacjach [1][3] przedstawiono właściwości morskie w postaci zmiennych lingwistycznych opisujących intensywność kołysań i towarzyszących im zjawisk, natomiast w publikacji [2] wykorzystano elementy logiki rozmytej do wyboru optymalnego kształtu promu ro-ro.

2. MODELOWANIE WŁAŚCIWOŚCI MORSKICH STATKU ZA POMOCĄ ZMIENNYCH LINGWISTYCZNYCH

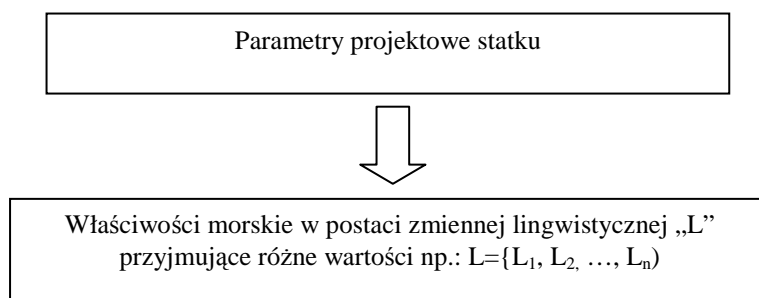
Ocena właściwości morskich ma zwykle charakter opisowy, uznaniowy i nie zawsze jest ścisła. W praktyce eksploatacyjnej często formułuje się stwierdzenie, że dany statek ma „dobre” lub „złe” właściwości morskie. Podobne problemy związane są z opisem czynników, które wpływają na właściwości morskie. Wykorzystując systemy ekspertowe można przedstawić czynniki wpływające na właściwości morskie i właściwości morskie za pomocą zmiennych lingwistycznych. Stosując logikę rozmytą można opracować bazę reguł wnioskowania rozmytego i na tej podstawie prognozować właściwości morskich wyrażone w postaci lingwistycznej.

W publikacji [1] przeprowadzono analizę porównawczą dokładności aproksymacji właściwości morskich do postaci lingwistycznej i wymiernej. W celu porównania wyników wartości wymierne zamieniono na zmienne lingwistyczne stosując dwie metody:

1. aproksymacja właściwości morskich w postaci wymiernej i zamiana na postać lingwistyczną,
2. aproksymacja właściwości morskich do postaci lingwistycznej.

Wyniki badań wskazują, że drugie podejście przynosi dokładniejsze rozwiązania niż podejście nr 1.

Na rys. 1 przedstawiono podejście polegające na aproksymacji właściwości morskich bezpośrednio do postaci lingwistycznej L.



Rys. 1 Aproksymacja właściwości morskich do postaci lingwistycznej

W tym algorytmie aproksymacja właściwości morskich statku w postaci lingwistycznej przebiega zgodnie z zależnością:

$$L = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

gdzie:

f – funkcja aproksymująca właściwości morskie,

X_1, X_2, \dots, X_n – parametry projektowe statku,

L – zmienna przyjmująca wartości lingwistyczne: $\{L_1, L_2, \dots, L_n\}$.

3. MODELOWANIE ZALEWANIA POKŁADU KONTENEROWCA ZA POMOCĄ ZMIENNYCH LINGWISTYCZNYCH NA WSTĘPNYM ETAPIE PROJEKTOWANIA

Celem badań było opracowanie wskazówek projektowych do projektowania kontenerowców uwzględniających zalewania pokładu. Modelowanie właściwości morskich przeprowadzono korzystając z algorytmu przedstawionego na rys. 1 i opisanego zależnością (1).

W badaniach zasymulowano zalewanie pokładu na drodze obliczeń numerycznych. Takie podejście pozwoliło przeprowadzić eksperyment bez konieczności prowadzenia drogich i czasochłonnych badań w skali rzeczywistej. Numeryczne badania przeprowadzono dla serii kontenerowców o następujących parametrach:

- długość pomiędzy pionami: $L_{pp} = 99 \div 277$ m,
- szerokość konstrukcyjna $B = 16 \div 37$ m,
- zanurzenie konstrukcyjne $d = 4,3 \div 12,81$ m,
- wysokość wolnej burty $f_B = 0 \div 10$ m,
- współczynnik pełnotliwości:
 - podwodzia $CB = 0,53 \div 0,7$,
 - wodnicy $CWL = 0,66 \div 0,85$,
 - owręza $CM = 0,92 \div 0,98$.

Do badań wykorzystano dane uzyskane na drodze obliczeń numerycznych częstości zalewania pokładu uzyskane za pomocą programu SEAWAY. Uzyskane rozwiązania pozwoliły na wyselekcjonowanie statków charakteryzujących się dużym i małym zalewaniem pokładu. Do oceny tego zjawiska wykorzystano kryteria operacyjno-ograniczające przedstawione w [4]. W badaniach zmienna lingwistyczna Ω_{zp} opisująca częstość zalewania pokładu przyjmowała następujące wartości:

- małe zalewanie pokładu,
- duże zalewanie pokładu.

Funkcję aproksymującą zalewanie pokładu w zależności od parametrów projektowych statku, wg zależności (1), przedstawiono w postaci perceptrona wielowarstwowego o strukturze 3x5x1:

$$\Omega_{zp} = \frac{1}{1 + e^{-((CB, CM, f_B] \times S + P) \times A - B}} \times C + 8,05 \quad (2)$$

gdzie:

Ω_{zp} - dwustanowa zmienna nominalna opisująca prawdopodobieństwo zalewania pokładu:

„1” – zalewanie pokładu przekraczające niebezpieczny próg,

„2” – zalewanie pokładu nie przekraczające niebezpiecznego progu,

CB – współczynnik pełnotliwości podwodzia,

CM – współczynnik pełnotliwości owręża,

f_B – wolna burta [m] obliczona wg zależności:

$$f_B = H - d, \quad (3)$$

gdzie:

H – wysokość boczna [m],

d – zanurzenie statku [m],

A – macierz wartości wag:

$$\begin{bmatrix} -39,58 & -1,21 & 10,60 & -14,17 & 12,74 \\ 10,11 & 19,23 & -35,83 & -14,03 & -9,04 \\ 1,14 & -7,33 & 4,06 & 16,92 & 7,06 \end{bmatrix}$$

S – macierz współczynników:

$$\begin{bmatrix} 6,22 & 0 & 0 \\ 0 & 18,08 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1 \end{bmatrix}$$

B – wektor wartości progowych: [-1,30 -4,17 -25,79 -11,76 0,58],

C – wektor kolumnowy wartości wag: [-28,67 -14,37 -21,59 34,0 12,24],

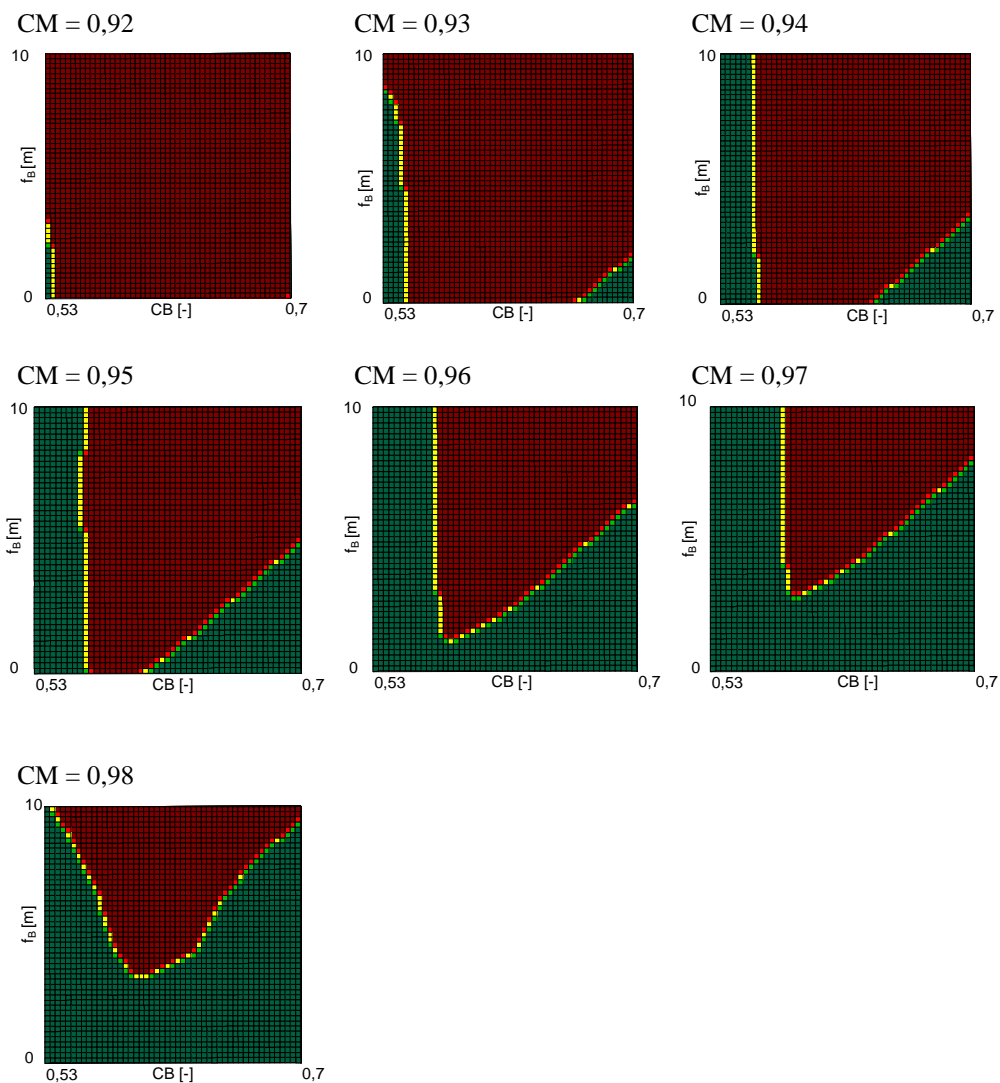
P – wektor wartości przesunięć: [-3,34 -16,75 0].

Przedstawione w tabeli 1 statystyki klasyfikacyjne wskazują na bardzo wysoką zdolność przewidywania tej sieci. Wartości wag wskazują że współczynniki pełnotliwości kadłuba mają istotny wpływ na rozpoznawanie zalewania pokładu.

Korzystając z zależności (2) opracowano aproksymacje zalewania pokładu w pełnym zakresie wartości współczynnika pełnotliwości podwodzia CB, współczynnika pełnotliwości owręża CM i wysokości wolnej burty f_B . Wyniki przedstawiono na rys. 2.

Tab. 1 Statystyki dla problemów klasyfikacyjnych sztucznej sieci neuronowej przewidującej wartości funkcji Ω_{zp}

| Liczba przypadków | Zbiór uczący | | Zbiór walidacyjny | | Zbiór testowy | |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $\Omega_{zp}=1$ | $\Omega_{zp}=2$ | $\Omega_{zp}=1$ | $\Omega_{zp}=2$ | $\Omega_{zp}=1$ | $\Omega_{zp}=2$ |
| Razem | 11429 | 7571 | 4468 | 2928 | 4494 | 2902 |
| Poprawnie | 10802 | 7024 | 4207 | 2725 | 4235 | 2696 |
| Błędnie | 627 | 547 | 261 | 203 | 259 | 206 |
| Błędnie [%] | 5,5 | 7,2 | 5,8 | 6,9 | 5,8 | 7,1 |



Rys. 2 Zalecenie projektowe dotyczące zalewania pokładu kontenerowców ,
 gdzie: CB – współczynnik pełnotliwości podwodzia, CM – współczynnik pełnotliwości
 owręża, f_B – wysokość wolnej burty, kolor czerwony – zalewanie pokładu przekraczające
 niebezpieczny próg, kolor zielony – zalewanie pokładu nie przekraczające niebezpiecznego
 progu

4. WNIOSKI

Modelowanie właściwości morskich w postaci zmiennych lingwistycznych pozwoliło na opracowanie wskazówek do projektowania wstępnego kontenerowców. Powyższe wskazówki można wykorzystać, jako ograniczenia projektowe uwzględniające właściwości morskich kontenerowca. Takie podejście może zostać wykorzystane m.in. w metodach optymalizacyjnych opartych na algorytmach genetycznych.

Opracowane wskazówki projektowe uwzględniają wpływ:

- kształtu kadłuba przedstawionego za pomocą współczynnika pełnotliwości podwodzia i współczynnika pełnotliwości owręza,
- wysokości wolnej burty,

na zalewanie pokładu przedstawione w postaci dwustanowej zmiennej lingwistycznej:

- zalewanie pokładu przekraczające niebezpieczny próg,
- zalewanie pokładu przekraczające niebezpiecznego progę,

Wskazówki projektowe można wykorzystać do modelowania kontenerowców w szerokim zakresie kształtów i wymiarów kadłuba, tj.:

- długość pomiędzy pionami: $L_{pp} = 99 \div 277$ m,
- szerokość konstrukcyjna $B = 16 \div 37$ m,
- zanurzenie konstrukcyjne $d = 4,3 \div 12,81$ m,
- wysokość wolnej burty $f_B = 0 \div 10$ m,
- współczynnik pełnotliwości:
 - podwodzia $CB = 0,53 \div 0,7$,
 - wodnicy $CWL = 0,66 \div 0,85$,
 - owręza $CM = 0,92 \div 0,98$.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cepowski T.: *Application of artificial neural networks to approximation and identification of sea-keeping performance of a bulk carrier in ballast loading condition*, *Polish Maritime Research*, No 4(54), Vol 14, 2007.
- [2] Cepowski T.: *Determination of optimum Hull form for passenger car ferry with regard to its sea-keeping qualities and additional resistance in waves*, *Polish Maritime Research*, No 2(56) 2008.
- [3] Cepowski T.: *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do przewidywania slammingu*, *Napędy i sterowanie*, Nr 2 / 2009.
- [4] Karppinen T.: *Criteria for Seakeeping Performance Predictions*, ESPOO, 1987.
- [5] Ogawa Y.: *An examination for the numerical simulation of parametric roll in head and bow seas*, *Proceedings of the 9th International Ship Stability Workshop*, Germanischer Lloyd Operating 24/7, Hamburg 2007.
- [6] Szozda Z.: "Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do oceny stateczności statku", [praca doktorska], Politechnika Gdańska, 2000
- [7] Zadeh L.A.: *Fuzzy sets*, *Information and Control*, vol. 8, 1965.
- [8] Zadeh L.A.: *Outline of A New Approach to the Analysis of of Complex Systems and Decision Processes*, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-3 (1973), 1973.