

Mr. sc. **Julije Skenderović**
Visoka pomorska škola
Rijeka, Studentska 2

Prethodno priopćenje
UDK 519.85:629.5.051.53:656.61.052

FUZZY-KONCEPT IZBJEGAVANJA SUDARA NA MORU

Sudari na moru nisu rijetkost. Praksa je pokazala da se propisima rizik sudara ne može bitno smanjiti. Nastojanja kojima bi se taj rizik smanjio idu u smjeru izgradnje modela izbjegavanja sudara na moru, koji se zasnivaju na empiričkim podacima, matematičkom modelu i na rezultatima dobivenim simulatorom. Jedan je od matematičkih modela fuzzy-model izgrađen na viševalentnoj logici – fuzzy-logici. Odlučivanje o karakteru manevara koji će se poduzeti s ciljem izbjegavanja sudara, ovisi o mnogim parametrima. U ovom radu prikazani su dosadašnji rezultati istraživanja vremenskog faktora i predloženo je jedno poboljšanje funkcije odlučivanja o početku i trajanju manevara koji se poduzimaju s ciljem izbjegavanja sudara

Ključne riječi: izbjegavanje sudara na moru; fuzzy; vrijeme.

1. UVOD

Sudari brodova na moru u 75 – 90% slučajeva uzrokovani su ljudskim faktorom (Lloyd's List 1992.) i to većinom zbog neodlučnosti u ponašanju pomoraca, a manje zbog pogreške. Provođena su mnoga promatranja susreta brodova i bilježena ponašanja i akcije pomoraca u tim situacijama, međutim, baza tih podataka nikada neće biti dovoljna da bi se izgradio model koji bi samo na toj empirijskoj bazi potpuno uklonio rizik sudara. Da bi se došlo do optimalnog modela potrebno je, uz postojeću navedenu bazu podataka, izgraditi i odgovarajući matematički model. Kvantificiranje parametara koji se javljaju pri susretu dvaju ili više brodova (udaljenost najbližih točaka susreta – DCPA, područje broda, brzine, relativne brzine, trenutak poduzimanja akcije za izbjegavanje sudara i njezino trajanje itd.) zbog navedene neodlučnosti dobiva fuzzy-karakter [8]. U ovom je radu iznesen pregled dosadašnjih nastojanja na izgradnji fuzzy-modela izbjegavanja sudara na moru i predloženo je poboljšanje jedne od funkcija odlučivanja koja se odnosi na vremenski faktor.

2. FUZZY-SKUP ACD

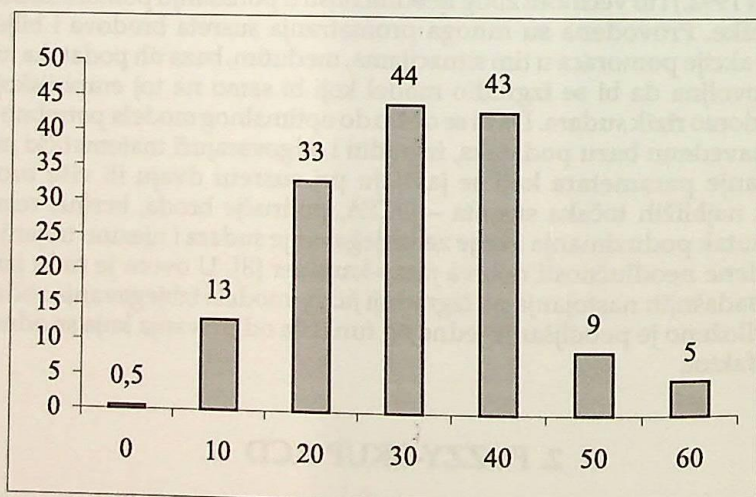
Matematički model odlučivanja pri susretu dvaju brodova od kojih jedan miruje, a drugi mu plovi u susret, zasnovan na fuzzy-logici opisao je M. K. James (1986.) [5]. Poslije je taj model proširen i na druge 'geometrije' susreta. E. M. Goodwin još je

1975. uvela koncept *područja broda*, koji su P. V. Davis i drugi poslije dopunili proučavajući udaljenosti do drugih brodova na kojima pomorci započinju akciju izbjegavanja sudara [2]. Oni su područje broda i tu udaljenost ujedini u jedan pojam: *arena*. B. A. Colley i drugi 1983. ispituju vezu arene i relativne brzine [1]. Tek 1989. J. S. Habberley i D. H. Taylor objavljuju rezultate dobivene simulatorom [3]. K. Hara 1993. koristi fuzzy-logiku da bi definirao *subjektivnu prosudbu stupnja rizika* [4]. 'Timingom' manevara, što je i tema ovoga članka, bavili su se M. K. James i M. Parker [6].

Zakonski propis koji regulira susrete brodova na moru (International Regulations of Collision Prevention at Sea – COLLREG – 1972.) samo su načelnog karaktera. Tako što se tiče poduzimanja manevara pri susretu brodova, propisuju da brodovi moraju 'na vrijeme' poduzeti manevre. (t. 8.16.19.)! To u praksi znači sljedeće: s jedne strane se od pomoraca, prema propisima, očekuje 'rano' poduzimanje manevara, a s druge ih pomorci nerado poduzimaju; poduzimaju ih tek kada na osnovi *subjektivne prosudbe stupnja rizika* (Hara) [4] zaključe da nemaju drugoga izbora. U takvu slučaju manevar se poduzima negdje 'između' dva fuzzy-cilja: *rana akcija* (utjecaj COLLREG-a) i *voljna akcija* (psihološki aspekt).

M. K. James [7] proučavao je vrijeme kao faktor rizika indirektno, preko udaljenosti od drugoga broda, na kojoj se počinju poduzimati manevri za izbjegavanje sudara: alter-course-distance, skraćeno ACD. James je došao do numeričkih rezultata proučavajući susret dva broda od kojih jedan miruje, a drugi plovi. Označimo ACD sa x .

J. Zhao i drugi objavljuju 1994. statističke rezultate istraživanja ACD udaljenosti dobivene na bazi uzorka od 153 slučaja. Distribucija ACD udaljenosti prikazana je na slici 1.



Slika 1. Distribucija ACD udaljenosti u n.m.

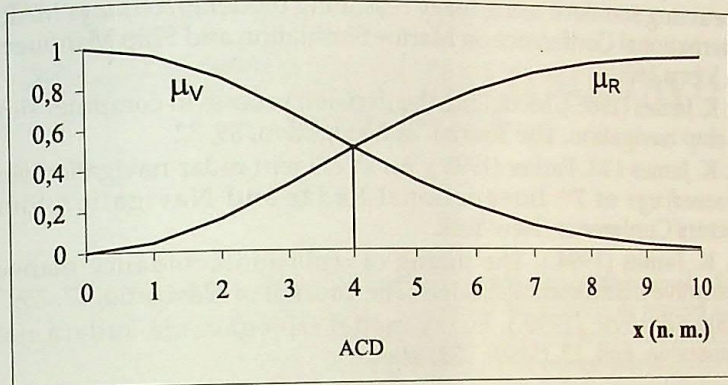
Funkcija pripadanja fuzzy-skupu RANA AKCIJA je

$$\mu_R(x) = 1 - e^{(-\lambda x^2)}.$$

Funkcija pripadanja fuzzy-skupu VOLJNA AKCIJA je

$$\mu_V(x) = e^{(-\lambda x^2)}.$$

Grafovi ovih funkcija prikazani su na slici 2.



Slika 2. Fuzzy-logika odlučivanja ACD

Rezultirajući ACD dobiva se rješavanjem jednadžbe (slika 1).

$$1 - e^{(-\lambda x^2)} = e^{(-\lambda x^2)}.$$

Ako se x izrazi u n.m., srednja vrijednost za parametar do koje je u opisanoj situaciji došao James je

$$\bar{\lambda} = 0.046.$$

3. ZAKLJUČAK

Jamesov fuzzy-model tek djelomice uvažava vremenski faktor jer će manevar biti poduzet na vrijeme ako je relativna brzina u slučaju da oba broda plove, odnosno jedan miruje, dovoljno mala. Habberley i Taylor [3] objavljuju 1989. rezultate prema kojima je očito da oko 50% pomoraca počinju manevre na manjoj udaljenosti ako je brzina veća.

Neka (t_i, Δ_i) je ureden par gdje t_i označava početak poduzimanja manevara, a Δ_i vremenski interval od trenutka poduzimanje manevara s ciljem izbjegavanja sudara do trenutka ostvarenja najbližih točaka susreta. Skup $\{(t_i, \Delta_i)\}$ je fuzzy-skup. Odlučivanje o početku poduzimanja manevara na bazi fuzzy-skupa T uvažavalo bi i brzine zbog čega bi rizik sudara bio manji.

LITERATURA

- [1] B. A. Colley, R. G. Curtis, i C. T. Stockel (1983.), Manouvering times, domains and arenas. *The Journal of avigation*, 36, 324.
- [2] P. V. Davis, M. J. Dove i C. T. Stockel (1980.), A computer simulation of marine traffic using domains and arenas. *The Journal of Navigation*, 33, 215.
- [3] J. S. Habberley i D. H. Taylor (1989.), Simulated collision avoidance manoeuvres: a parametric study. *The Yournal of Navigation*, 42, 248.
- [4] K. Hara (1993.), A safe way of collision avoidance manoeuvre based on manoeuvring standard using fuzzy reasoning model. *Proceedings MARSIM'93: International Conference on Marine Simulation and Ship Manoevrability*, St. Johns. 163.
- [5] M. K. James (1986.), Modelling the decision process in computer simulation of ship navigation. *The Yournal of Navigation*, 39, 32.
- [6] M. K. James i M. Parker (1992.), An intelligent radar navigation simulator. *Proceedings of 7th Integnational Radar and Navigation Simulator Lecturs' Conference*, New-York.
- [7] M. K. James (1994.), The timing of collision avoidance manoeuvres: desriptive mathematical models. *The Yournal of Navigatio*, 47, 259.
- [8] J. Skenderović (1999.), Fuzzy-model izbjegavanja sudara na moru, *Pomorstvo*, god. 13. (1999), 237, Rijeka.

Summary

FUZZY CONCEPT OF AVOIDING COLLISIONS AT SEA

Collisions at sea are not rare. Practical experience has proved that regulations do not reduce the risk of collisions. In attempting to reduce this risk, models of avoiding collisions at sea, based on empiric data, mathematical model and results obtained by simulation, have been created. One of the mathematical models is the fuzzy model, based on a multivalency logic – the fuzzy logic. To determine which of the manoeuvres is to be used in order to avoid collisions, depends on many parameters. The paper aims at presenting the results obtained so far from time factor researches and at suggesting an improvement in the decision making for the start and duration of the manoeuvres to be taken in order to avoid collisions at sea.

Key words: collision avoidance at sea; fuzzy; timing.