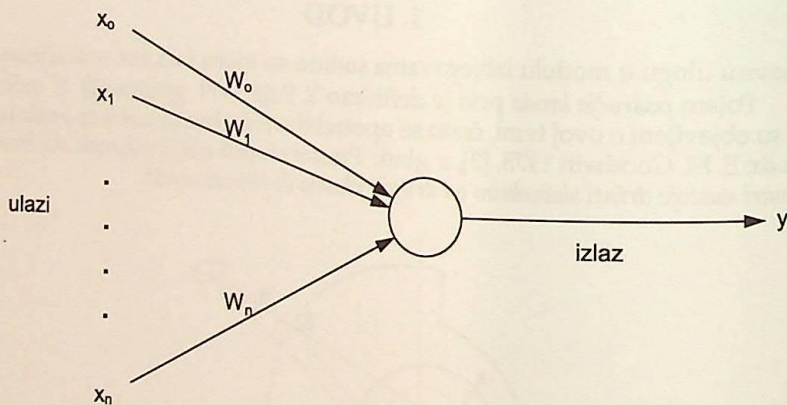


Oblik i navedene numeričke vrijednosti *područja broda* ovise o mnogim faktorima: da li se radi o susretu u uskim kanalima, ili na otvorenome moru, relativnoj brzini pri susretu dva ploveća objekta, da li jedan od objekata u susretu miruje ili se oba gibaju, manevarska sposobnost broda, dimenzije brodova u miruje ili se oba gibaju, manevarska sposobnost broda, dimenzije brodova u susretu, vidljivost, vjetar i drugo. Na *područje broda* znatan utjecaj imaju i pravni propisi u COLREG-u [1]. Posebno treba istaknuti utjecaj psihološkog faktora mornara [6]. Iz definicije *područja broda* slijedi da je taj pojam subjektivnoga karaktera. S druge strane, model do kojega je došla dr. Goodwin, rezultat je promatranja velikoga broja brodova u situaciji susreta, što daje tom pojmu i objektivni karakter. Jer, jedno je što mornari žele ostvariti poradi sigurne plovidbe, a drugo je ono što u konkretnim situacijama ostvaruju. Zbog tih su razloga, a da bi se dobio što objektivniji model izbjegavanje sudara, najčešće korištene dvije metode: *fuzzy*-metoda i metoda *neuronskih mreža*. U ovom radu opisan je model izbjegavanja sudara na moru s pomoću metode neuronskih mreža.

2. UMJETNE NEURONSKE MREŽE

Razvoj umjetnih neuronskih mreža inspiriran je funkcioniranjem ljudskoga mozga. Biološki neuron sastoji se od *tijela*, *aksona* i mnoštva *dendrita*. Razmak između završetka aksona prethodnog neurona i dendrita sljedećeg neurona, naziva se *sinapsa*. Impulsi neurona putuju kroz akson do sinapsi, odakle se signali šalju kroz dendrite na tijelo drugih neurona. Neuroni su u ljudskom mozgu povezani u mrežu i računa se da ih ima oko 100 milijardi. Umjetni neuron sastoji se od *sumatora* (tijelo biološkog neurona), *ulaza* (dendriti) i *izlaza* (akson), slika 2.

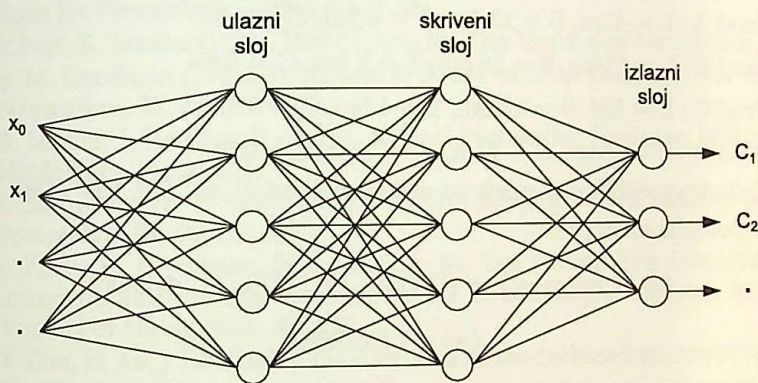


Slika 2.

Veze između umjetnih neurona ostvaruju se *težinskim faktorima* i *pragom* (sinapsa). Osnovne funkcije neuronskih mreža jesu:

- *klasifikacija*
- *grupiranje*
- *asocijativna memorija*
- *modeliranje ili regresija*
- *vremensko predviđanje i odlučivanje.*

Neuronske mreže u funkciji *vremenskog predviđanja i odlučivanja* pokazale su se kao dobar model izbjegavanja sudara na moru. Postoje razne topologije mreža umjetnih neurona. Za potrebe rješavanja problema izbjegavanja sudara na moru, upotrebljava se mreža zvana višeslojni perceptron, a sastoji se od tri sloja: *ulazni sloj LA*, *skriveni sloj LB* i *izlazni sloj LC*. Svaki se sloj sastoji od određenog broja neurona. Pretpostavimo da ulazni sloj LA ima n elemenata, skriveni LB n_1 elemenata, a izlazni LC m elemenata. Težine i pragove između slojeva označimo sa $[w_{ij}]$ i $[\theta_{ij}]$ između LA i LB, odnosno s $[w'_{ij}]$ i $[\theta'_{ij}]$ između LB i LC. Označimo vektor inputa s $(x_0, x_1, \dots, x_{n-1})^T$, što je ujedno i vektor outputa sloja LA, a vektor outputa sloja LB označimo s $(x'_0, x'_1, \dots, x'_{n_1-1})^T$. Vektor outputa sloja LC označimo sa (y_0, y_1, \dots, y_m) . Svaki neuron u ulaznom sloju povezan je sa svakim neuronom u skrivenom sloju, a svaki neuron u skrivenom sloju sa svakim neuronom u izlaznom sloju (sl. 3.).



Slika 3.

Za ilustraciju zamislimo da je svaka od tih veza električni vodič koji ima drukčiji električni otpor, što će u svakom neuronu u skrivenom sloju dati karakterističan sumarni naboj – sumator. Taj se naboj prenosi prema izlazu i na isti način u neuronima u izlaznom sloju generira sumarni naboj. Općenito, svaki neuron u mreži računa težinsku sumu svih ulaza oduzima *preg* i predaje dobivenu vrijednost *izvršnoj* funkciji koja kod *višeslojnog perceptrona* i u skrivenom i u izlaznom sloju ima oblik sigmoidne funkcije:

gdje je $y = f(w_i x_i - \theta)$, $f(x) = 1/(1 + e^{-x})$ a w_i je težina.

Neuronske su mreže 'učeci' sustavi. Najuobičajenija je metoda učenja – treniranja – *back-propagation* (BP). Izlazne vrijednosti vezama se šalju natrag pokazujući veličinu pogreške – razlike između dobivene i željene vrijednosti. Mijenjajući težine i pragove, podaci se ponovno šalju preko skrivenog sloja prema izlazu. To se ponavlja sve dok se ne dobije zadovoljavajući rezultat. Kada je treniranje završeno, mreža je spremna za testiranje uzoraka.

3. PRIMJER MODELA UMJETNE NEURONSKE MREŽE

Xiaolin Zhu i drugi istraživali su utjecaj manevarske sposobnosti i vidljivosti na područje broda.

Prema [7] geometrijski parametri koji određuju manevarsku sposobnost broda jesu:

- omjer dužine i širine L/B
- omjer širine i gaza B/T
- blok koeficijent C_b
- područje kormila A_r .

U istraživanja su uvršteni i kutovi Φ vidljivosti.

Istraživanja su obavljali za 4 broda čije su manevarske karakteristike:

Brod A : $L = 82\text{m}$, $B = 12.5\text{m}$, $T = 4.2\text{m}$, $C_b = 0.49$.

Brod B : $L = 112\text{m}$, $B = 16.5\text{m}$, $T = 5.5\text{m}$, $C_b = 0.56$.

Brod C : $L = 134$, $B = 15.0\text{m}$, $T = 4.5\text{m}$, $C_b = 0.52$.

Brod D : $L = 154\text{m}$, $B = 21\text{m}$, $T = 7.8\text{m}$, $C_b = 0.58$.

Za kutove vidljivosti uzete su vrijednosti od 0° , 45° , 90° , 135° i 180° .

Topologija mreže je:

$$(x_0, x_1, x_2, x_3, x_4)^T = (D/D_{\max}, B/L, T/B, C_b, \Phi/180^\circ)^T$$

$$(y_0) = (D_d/30L)$$

gdje je D udaljenost vidljivosti, D_d je radijus područja, a za D_{\max} je odabrana vrijednost od 5 NM.

Za težine i pragove korišteno je:

$$x'_j = f(w_{ij} x_i), w_{nj} = \theta_j, x_n = -1.$$

$$y_0 = f(w'_{j0} x_j), w_{n1,0} = \theta'_0, x'_{n1} = -1.$$

Umjesto karakteristika L/B i B/T , u inputu su uzeti recipročne vrijednosti B/L i T/B čime su te vrijednosti brojevi iz intervala $[0,1]$ i čime se vrijeme treniranja smanjuje. Zbog istih se razloga koriste $\Phi/180^\circ$ i $D_d/30L$.

Navodimo neke rezultate; vrijednosti u tablici su radijusi područja D_d izraženi u NM.

Tablica 1.

Vidljivost	0°	45°	90°	135°	180°
Brod A	0.77	0.77	0.64	0.49	0.40
Brod B	0.93	0.67	0.55	0.57	0.53
Brod C	1.11	0.80	0.65	0.68	0.64
Brod D	1.47	1.47	1.52	1.22	1.04

4. ZAKLJUČAK

Umjetne neuronske mreže koje funkcioniraju slično ljudskome mozgu, 'uče' na uzorcima, a odluku donose podešavanjem težina i pragova dok se ne ostvari željeni cilj. Zbog toga je *područje broda* dobiveno s pomoću ovoga modela *subjektivno*. Prednost je ove metode što se arhitekturom mreže može postići uvažavanje velikoga broja parametara koji utječu na donošenje odluke, a izbjegavanje sudara na moru ovisi o puno parametara. Nedostatak je što ova metoda ima tendenciju previše se prilagoditi podacima.

LITERATURA

- [1] COLREG (1972), International Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea
- [2] Y. Fujii, K. Tanaka (1971), Traffic Capacity, The Journal of Navigation, 24, 543.
- [3] E. M. Goodwin (1972), A Statistical Study of Ship Domain, The Journal of Navigation, 28, 238.
- [4] B. Muller, J. Reinhardt (1990), Neural Networks, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [5] J. Skenderović (1999), Fuzzy-model izbjegavanja sudara na moru, Pomorstvo, Rijeka, 13, 237.
- [6] J. Zhao, W. G. Prince, P. A. Wilson, M. Tan (1994), The Uncertainty and uncoordination of mariner's behavior in collision avoidance at Sea, The Journal of Navigation, 48, 425.
- [7] X. Zhu, H. Xu, J. Lin (2000), Domain and its model based on neural networks, The Journal of Navigation, 54, 97.

Summary COLLISION AVOIDANCE AT SEA BASED ON NEURAL NETWORKS MODEL

Efficiency in avoiding collisions at sea depends on many parameters. This paper aims at presenting a method by means of which the influence of some of the parameters can be analysed. Some results, obtained by a group of Japanese researchers, of the influence of manoeuvrability and visibility on the ship domain are given too.

Key words: collision avoidance, ship domain, neural networks