

## Ekspertni sistemi brodarstva

UDK 681.3.06:629.12

### Sažetak

*Ekspertni sistemi, kao računarski programi projektovani da organizovano uključe znanje posebne oblasti ljudske ekspertize i da simuliraju izvršenja eksperta u toj oblasti, sve više nalaze primjenu i u brodarstvu. Projektovanje, upravljanje i operisanje brodom su dijelovi brodarstva u kojima se najčešće koriste ovi sistemi. U ovom radu dat je opšti pristup primjene ekspertnih sistema, navedene oblasti mogućih primjena i opisani neki od postojećih ekspertnih sistema u brodarstvu.*

### Summary:

*Expert systems, as well as computer programs, designed to systematically include the knowledge of special field of human expertise and to simulate the performances of experts in that field, are being increasingly applied in shipping as well. Ship designing, management and handling of the ship are branches of shipping where these systems are mostly used. This paper gives a general approach to the application of expert systems, the fields of possible applications and the description of some existing expert systems in shipping.*

— o —

### 1. UVODNA RAZMATRANJA

Povjeravanje složenih intelektualnih i heurističkih postupaka (elektronskim) računarima, do ne tako davno, smatralo se nemogućim. Ubrzani razvoj računarskih nauka, metoda i tehnika, potpomognut brzim razvojem naučne discipline nazvane vještačka inteligencija, posebno razvojem njenih dijelova: ekspertni sistemi, automatsko programiranje, dedukcija i dokazivanje teorema, predstavljanje znanja, učenje, obrada prirodnih jezika i rješavanje problema, stvorio je mogućnost davanja na obradu savremenim računarima bilo kakve postupke koji mogu biti predstavljeni odgovarajućim algoritmima s konačnim brojem elementarnih operacija.

Danas se ulažu velika sredstva u razvoj i korišćenje vještačke inteligencije, posebno njenog dijela nazvanog ekspertni sistemi u brodarstvu. Kako su osnovne cjeline zapošljavanja brodarstva sistemi pomorskog transporta, to ovi sistemi za svoja dobra funkcionisanja zahtijevaju, ne samo posjedovanje savremenih brodova i primjenu savremenih tehnologija pri obavljanju pomorsko-transportnih operacija, već i korišćenje posebnih postupaka za donošenje i realizaciju odluka u ovim sistemima. Upravljanje cjelokupnim sistemom pomorskog transporta (i/ili svakim njegovim brodom pojedinačno) obuhvata dijelove gradnje brodova i obavljanje brodarskih operacija (gdje se uključuje i održavanje brodova). Mada se ova dva dijela posmatraju kao potpuno odvojena, njihove funkcije su međusobno čvrsto

povezane u jedinstvenu funkciju upravljanja brodom. Kao takve one su visoko konkurentne poslovne funkcije na svjetskom pomorskom tržištu. Zbog toga države s visokim cijenama radne snage nastoje da poboljšaju svoje efikasnosti razvijanjem i korišćenjem tehnologija baziranih na računarstvu. Fleksibilnost koju nudi automatizacija u proizvodnji čini robot-sisteme posebno pogodnom za korišćenje u brodarstvu.

Da bi se ostvarili ekonomski zahtjevi gradnje brodova savremenih tehnologija nove generacije brodograđevnih robota moraju ispuniti dva osnovna zahtjeva: (1) veću mogućnost praćenja i poznavanja okoline, za što se koriste novi senzorski sistemi, i (2) značajnije posjedovanje i korišćenje inteligencije u autonomnom donošenju odluka. Budući sistemi za gradnju brodova treba samostalno da daju određene odgovore i autonomno koriste neku „količinu“ ljudske ekspertize. Za postignuće ovog cilja, „inžinjerovanjem znanja“ može se obezbijediti tehnologija kojoj je moguće vršiti „pretvaranje“ ljudskih znanja u industrijski potencijal.

Tehnički ciljevi upravljanja brodom i obavljanja brodarskih operacija su veoma slični ciljevima gradnje broda. Samo kretanje ka povećanoj operativnoj fleksibilnosti i računarskom upravljanju brodom zahtijeva upotrebu savremene elektronike, računara, instrumenata i komunikacija. Ekspertni sistemi ili sistemi bazirani (zasnovani) na korišćenju (ljudskih) znanja obezbjeđuju sredstva za proširenje automatizacije pravljenjem nezavisnih sistema sposobnih da vrše dijagnoze i predviđanje odluka, dajući, na primjer, povezanu sliku okoline broda u neizvjesnim i promjenljivim stanjima sredine u kojoj se obavljaju operacije broda (sistemi pomorskog saobraćaja), kao i sveukupnom neizvjesnošću samih operativnih zahtjeva u brodarstvu (svjetsko pomorsko tržište).

Cjelokupna znanja bilo koje oblasti obično se mogu podijeliti na javna (svakom dostupna) i privatna (dostupna samo pojedincu). Javna znanja uključuju činjenice, istine i teorije koje se obično nalaze u udžbenicima i njihovim pozivnim literaturama. Privatna znanja posjeduju određene osobe i sadrže, uglavnom, vrlo specifična pravila i generalizacije koje se često nazivaju heuristikama. One omogućuju čovjek-ekspertu da napravi inteligentnu procjenu, posebno kada su raspoložive informacije nepotpune ili kada je uključena neka specifična i neobična kombinacija uslova. Sposobnost da se nađu i izaberu postupci koji obećavaju da će problemi za koje se raspolaze nesigurnim i nepotpunim podacima biti riješeni, kao i mogućnosti da se brzo provjeri da li su rezultati dobijeni složenim analitičko-računarskim metodama realni, je vrlo važan dio ljudskog donošenja odluka u tehnici. Međutim, ova ekspertiza postaje dosta nejasna kada se koriste računari za rješavanje problema

na način koji nije potpuno razumljiv samom donosiocu odluka. Zbog ovoga je samo prevođenje raspoloživog znanja u ekspertne sisteme, koji dozvoljavaju da se takvo znanje efikasnije koristi, postao vrlo važan naučni i praktični problem.

## 2. BRODARSTVO

Brodarstvo (morsko) se obično definiše kao privredna djelatnost koja proizvodi i prodaje usluge transporta tereta i prevoza putnika (morskim trgovačkim brodovima). Osnovna samostalna cjelina brodarstva je broderska organizacija koja u svom sastavu, radi obavljanja skupa broderskih operacija, može imati jedan ili više sistema pomorskog transporta. Sistem pomorskog transporta definiše se kao skup luka, brodova, tereta i upravljanja u njihovim međusobnim relacijama i osobinama (uključujući i osobine njihovih međusobnih relacija). Cilj postojanja sistema pomorskog transporta je optimalna proizvodnja i pružanje optimalnih pomorsko-transportnih (ili broderskih) usluga na pomorskom (tačnije vozariškom) tržištu. Upravljanje sistemima pomorskog transporta koordinira akcije sistema na način da on pruža optimalne transporte tereta koji koristi njegove usluge.

Kako se upravljanje ili sistemi upravljanja brodovima mogu formirati na pet nivoa (ili područja) njegovih hijerarhijskih sistema upravljanja: (1) kao plovne jedinice (sredstva), (2) kao transportnog sredstva (jedinice), (3) kao elementa (komponente) sistema pomorskog transporta, (4) kao elementa (komponente) sistema pomorskog saobraćaja i (5) kao elementa (komponente) broderske organizacije, to svaki nivo hijerarhijskog upravljanja brodom raspolaže sopstvenim sistemom upravljanja, pri čemu sistem upravljanja brodom jednog nivoa može sadržati više sistema upravljanja nižih nivoa. Iako se upravljanje brodovima može vršiti iz broderskih sistema upravljanja i iz sistema upravljanja pomorskim saobraćajem određenih plovnih područja kojima brodovi plove, sva upravljanja brodom iz broderskih sistema moraju zadovoljiti ograničenja nametnuta od upravljanja pomorskim saobraćajem. Zbog ovoga se sva razmatranja upravljanja u brodarstvu moraju usaglasiti sa „upravljanjem“ brodova, koja su nametnuta od okoline brodarstva, pa i sistema pomorskog transporta.

## 3. EKSPERTNI SISTEMI

Ekspertni sistemi su računarski programi posebne vrste koji koriste znanja specifične oblasti ljudske ekspertize i heurističke procedure zaključivanja pri rješavanju obično loše strukturiranih, neodređenih i (ili) teže rješivih problema. Ovim programima vrše se simulacije izvršenja eksperata u posebnoj oblasti. Ekspertni sistemi su „projektovani“ da predstavljaju, koriste i primjenjuju stvarna znanja određene oblasti ekspertize za rješavanje problema na način da nude inteligentne savjete (preporuke) ili vrše donošenje inteligentnih odluka. Oni se koriste za rješavanje praktičnih problema čija rješavanja zahtijevaju značajne ljudske ekspertize, tj. za rješavanje problema koji se ne mogu niti jasno formulirati, niti matematički modelirati, i koji se, zbog svoje složenosti, neodređenosti i loše strukturiranosti, ne mogu riješiti samo korišćenjem algoritamskog pristupa.

Ekspertni sistemi imaju nekoliko specifičnih karakteristika. Najznačajnije od njih su:

- 1) simboličko predstavljanje znanja i relacija,
- 2) heurističko pretraživanje i sposobnost zaključivanja i
- 3) sopsteno znanje koje se koristi za zaključivanje i

racionalizaciju ponašanja sistema, kao i da se obezbijede objašnjenja ili opravdanja za donesene zaključke.

Posebna znanja korišćena za razmatranje u ekspertnim sistemima, kao i samo izvođenje korišćenih postupaka, mogu se smatrati modelom ekspertize najboljih praktičara u određenoj oblasti. Sam metod rada ekspertnih sistema čini ih različitim od običnih računarskih programa. Da bi ekspertni sistemi mogli oponašati eksperta u određenoj oblasti, oni u svoje programe moraju ugraditi većinu osobina čovjek-eksperta. Dok obični računarski programi vrše organizovanje znanja na nivou podataka i nivou programa, kod ekspertnih sistema mogu se, pored ulazno-izlaznih modula, izdvojiti posebne cjeline: (1) podaci (deklarativno znanje vezano za problem), (2) baza znanja (informacije o načinu rješavanja problema) i (3) upravljački dio (element, tj. modul) koji donosi odluku o načinu i redosljedu upotrebe znanja. Pored ovih cjelina (elemenata) neki ekspertni sistemi sadrže i modul objašnjenja.

Dakle, ekspertni sistemi kao posebni računarski programi slijede izvjesne posebno određene procedure u traženju rješenja problema zasnovane na korišćenju znanja određene oblasti. Pravila, činjenice, modeli i opšta znanja, prvo se na specifičan način kodiraju i smještaju u memoriju računara, a zatim se koriste skupa s informacijama uzajamno ponuđenim od korisnika i svoje okoline, za nalaženje, procjenu i primjenu rješenja postavljanog problema.

## 4. MOGUĆE PRIMJENE EKSPERTNIH SISTEMA U POMORSKOM SAOBRAĆAJU

Za potrebe razmatranja mogućnosti korišćenja tehnologije ekspertnih sistema u pomorskom saobraćaju, pa i njegovim sistemima kao nadsistemima pomorskog transporta, polazi se od toga da se primjena ovih potpuno novih tehnologija zasniva na činjenici da se glavne karakteristike tehnologija ekspertnih sistema zasnivaju na osobinama i vještinama ljudi. Kako se kod ovih sistema funkcija čovjeka stavlja u prvi plan, to se hijerarhijska struktura funkcije čovjeka u sistemu pomorskog saobraćaja može razmatrati preko sedam glavnih i dva pomoćna nivoa. Počev od dna prema vrhu hijerarhijske strukture sedam glavnih nivoa u sistemu pomorskog saobraćaja od interesa za primjenu ekspertnih sistema su:

- 1) posada broda,
- 2) održavanje broda
- 3) eksterno upravljanje brodovima u plovidbi,
- 4) upravljanje i operisanje putevima,
- 5) upravljanje i operisanje lučkom opremom,
- 6) operativno planiranje i regulisanje i
- 7) strategijsko planiranje.

Pored ovih sedam glavnih, postoje i dva pomoćna nivoa: (1) administracija i (2) regulacija, koji mogu pripadati bilo kom glavnom nivou. Unutar svakog od ovih „personalnih“ (glavnih) nivoa ili kategorija, tj. sistema, postoje klase poslova, i odgovarajućih problema, od kojih svaka zahtijeva svoje sopstvene ekspertize i u kojima bi prisustvo odgovarajućih ekspertnih sistema, kao pomagača u odlučivanju i sprovođenju donesene odluke, bilo od neprocjenjive koristi. Ove klase poslova kao podsistemi sistema pomorskog saobraćaja, za koje je, ili za čija rješenja problema, moguće koristiti ekspertne sisteme kada se oni mogu „konstruisati“, određuju ekspertne sisteme pomorskog saobraćaja. Njihov detaljan pregled i njihovi opisi mogu se naći u radu „Ekspertni sistemi sistema pomorskog saobraćaja“, uz napomenu da veoma mali broj od ovih sistema danas i egzistira [2/114].

## 5. OPŠTI PRISTUP PRIMJENAMA EKSPERTNIH SISTEMA U BRODARSTVU

Polazeći od činjenice da je upravljanje sistemom pomorskog transporta osnova bilo kojeg upravljanja u brodarstvu i da se ono mora prilagoditi svim zahtjevima sistema pomorskog saobraćaja u kojima njegovi brodovi obavljaju plovidbu, primjena ekspertnih sistema u brodarstvu u osnovi se odnosi na korišćenje ovih tehnologija u sistemu pomorskog transporta. Kako je za obavljanje optimalnih brodarskih operacija potrebno raspolagati brodovima savremenih tehnologija i odgovarajućim brodarskim informacijama za donošenje odgovarajućih odluka, to se sve tehnologije pomorskog transporta mogu grupisati u dvije osnovne grupe i to:

- 1) tehnologije projektovanja (i izgradnje) broda i
- 2) tehnologije brodarskih operacija.

Objekti ove grupe tehnologija imaju multidisciplinarnu zadatke koji su pod uticajem činilaca koji pripadaju okolini ili unutrašnjosti samog broda kao organizacionog sistema. Faktori okoline koji utiču na brod mogu se podijeliti na:

- 1) zakonska ograničenja i ograničenja nametnuta sklapanjem brodarskih ugovora,
- 2) ograničenja nezavisna od vremenskih prilika kao što su luke svraćanja, vremena dolazaka u lukama, njihove elastičnosti i navigacijska ograničenja plovnih područja plovidbe broda i
- 3) ograničenja zavisna od vremenskih prilika kao što su vremenska stanja, vjetrovi i stanja mora.

Projektovanje brodova i upravljanje sistemima pomorskog transporta bazirani su na računarskoj obradi tradicionalnog procesa:

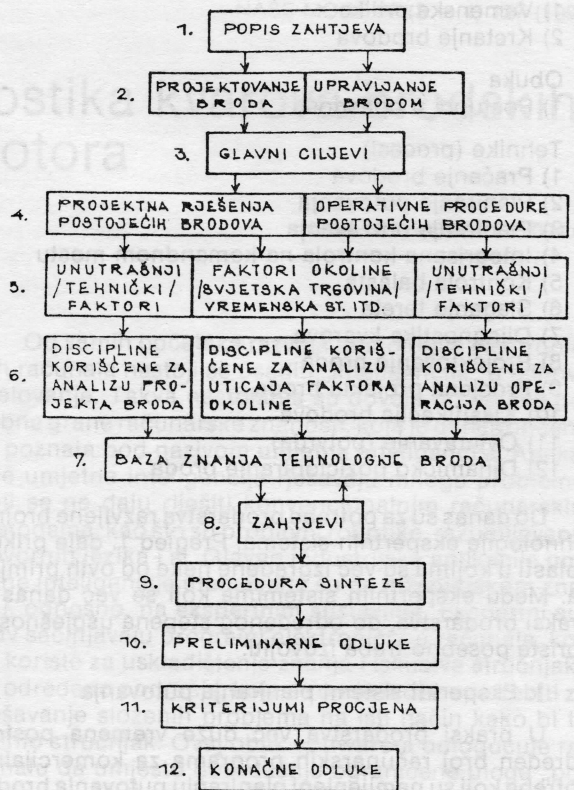
evidencija — analiza — sinteza — prosjena — kontrola.

Koraci ovog procesa mogu se koristiti i u tehnologijama ekspertnih sistema brodarstva. Redosljed koraka (i/ili procedura) primjene pristupa analiza — sinteza — procjena u strukturi ekspertnih sistema brodarstva, tj. ekspertnih sistema projektovanja i obavljanja operacija broda, dat je na slici 1. [3/34].

Kako neophodne ulazne informacije mogu biti određene iz projekata i operativnih procedura postojećih brodova, to pravila određena na osnovu tih informacija i korišćenjem znanja kojim raspolaže čovjek-ekspert čine (obrazuju) bazu znanja tehnologije broda. Korišćenjem sistema relacija ekspertnih sistema, pomoću ove baze se određuju posebni ciljevi ili vrši sinteza projekata i operacija brodova. Prednost ovog pristupa je prilagođenost ekspertnog sistema za formulisanje novih rješenja pri promjenama prouzrokovanim ekonomskim faktorima, različitim poslovnim ograničenjima i instalacijom nove opreme. Efekti primjene svake nove odluke mogu se pratiti i, u zavisnosti od povratnih informacija, cjelokupni planovi ili samo neki njihovi dijelovi mogu se popravljati.

Savremene komunikacione tehnologije koje se koriste da povežu upravljačke sisteme brodova i brodarske organizacije omogućuju prenos preporuka i praćenje njihovih efekata od obalnih upravljačkih sistema. Za pripremu i utvrđivanje preporuka obalni upravljački sistemi koriste i povratne informacije dobijene od brodarskih upravljačkih sistema.

Povratni podaci i informacije o brodarskim izvršenjima su osnovni ulazi za pouzdano praćenje i procjenu postignutih ciljeva u projektovanju brodova i operativnih planova njihovih zapošljavanja.



Slika 1. Redosljed koraka primjene pristupa analiza — sinteza — procjena u strukturi ekspertnih sistema brodarstva

## 6. POSEBNE PRIMJENE EKSPERTNIH SISTEMA U BRODARSTVU

Konkretna realizacija opšteg pristupa primjene ekspertnih sistema u brodarstvu izvršene su od strane društava za klasifikaciju brodova u oblastima procjene projekata i izboru planova trupa, brodske elektronike i brodskih rashladnih uređaja. Pomoću ovih sistema odgovarajuća pravila za funkciju klase i standardi projektovanja broda mogu se identifikovati za bilo koji poseban slučaj. U ovim oblastima ekspertni sistemi daju uspješna rješenja i stvarne koristi prilikom obezbjeđenja preporuka (savjeta) za najpogodniju primjenu pravila i objašnjenja zašto se izvjesna uputstva i procedure procjene smatraju primjenljivim u konkretnom slučaju. Ekspertni sistemi koji su u stanju da daju preporuke (savjete) zasnovane na elementima konačne analize ukrcaja broda i detalja njegovih komponenta već se nalaze u fazi razvoja [3/34].

### Pregled 1.

Oblasti primjene tehnologija ekspertnih sistema u brodarstvu [3/34]

1. Finansiranje
  - 1) Investiciono odlučivanje
  - 2) Poslovno planiranje
  - 3) Razmjestaj raspoloživih sredstava
2. Administracija
  - 1) Kontrola zaliha
  - 2) Raspoređivanje zaliha
  - 3) Posada broda
  - 4) Obračunavanje

3. Brodske informacije
  - 1) Vemenske prilike
  - 2) Kretanje brodova
4. Obuka
  - 1) Postupci u opasnosti
5. Tehnike (proces)
  - 1) Praćenje brodova
  - 2) Planiranje putovanja
  - 3) Planiranje održavanja
  - 4) Integrisana kontrola na komandnom mostu
  - 5) Kontrola balasta
  - 6) Slaganje tereta
  - 7) Dijagnostika kvarova
  - 8) Projektovanje broda
  - 9) Procjena projekta broda
  - 10) Klasifikacija brodova
  - 11) Ovjeravanje (potvrda)
  - 12) Dinamičko pozicioniranje broda

Do danas su za potrebe brodarstva razvijene brojne tehnologije ekspertnih sistema. Pregled 1. daje prikaz oblasti u kojima su već izgrađene neke od ovih primjena. Među ekspertnim sistemima koji se već danas u praksi brodarstva, do određenog stepena uspješnosti, koriste posebno treba izdvojiti:

#### 1. Ekspertni sistemi planiranja putovanja

U praksi brodarstva već duže vremena postoji određen broj računarskih programa za komercijalne potrebe koji su namijenjeni planiranju putovanja broda, kao osnove bilo kojeg njegovog zapošljavanja. „Dodavanje“ heurističkih procedura i sposobnosti učenja ovim računarskim programima veoma su uspješno razvijeni novi računarski programi koji imaju mnoge elemente ekspertnih sistema. Cilj ovih računarskih programa je da daju preporuke (savjet) za planiranje optimalnih putovanja s obzirom na zakonska ograničenja, uslove sklapanja brodarskih ugovora, moguće rute, vremenske prilike, opšta stanja i manevarske sposobnosti broda. Kako je funkcija cilja putovanja broda zavisna od vremena dolazaka broda u lukama, minimizacije operativnih troškova i minimizacije kvarova nastalih od loših vremenskih prilika u plovidbi broda, to, davanjem podataka i informacija o broju i redosljedu luka, bunker stanica, cijene goriva, detalja ugovora na putovanje i drugih ugovora vezanih za eksploataciju broda, ekspertni sistem treba da identifikuje odgovarajuću funkciju cilja ili funkciju vrednovanja cilja. Odabiranje opšteg načina rješavanja ovog problema na osnovu podataka baze znanja ovdje se vrši pomoću heurističkih procedura [3/34].

#### 2. Ekspertni sistemi održavanja broda

Ekspertni sistemi održavanja pojedinih dijelova broda nalaze se u konačnoj fazi razvoja. Njihov cilj je da se na osnovu postavljenih uslova odrede redosljedi održavanja pojedinih dijelova broda na način da oni maksimiziraju raspoloživost broda s obzirom na operativne uslove. Optimizacija redosljeda održavanja trupa i brodskog pogonskog kompleksa vrši se u odnosu na raspoloživost broda, zahtjev posade, direktne troškove održavanja i upravljanje zalihama rezervnih dijelova [3/36].

#### 3. Ekspertni sistemi integrisanog upravljanja brodom

Sveukupni integrisani upravljački sistem broda cilj je mnogih istraživanja i razvojnih aktivnosti u brodarstvu. Mada već danas postoje određeni ekspertni sistemi za ove potrebe, i njihov razvoj mnogo obećava, još uvijek se nije uspjelo dobiti takav ekspertni sistem integrisanog upravljanja brodom koji bi u svim slučajevima opasnosti u kojima bi se brodovi mogli naći „donosio“ dovoljno dobre odluke [3/36].

Pored tri opisana ekspertna sistema u brodarstvu postoje ili su u konačnoj fazi razvoja i drugi sistemi ove vrste. Među njima posebno se ističu:

1. Ekspertni sistemi određivanja karakteristika pogonskog goriva;
2. Ekspertni sistemi dijagnostika kvarova dizel motora;
3. Ekspertni sistemi dinamičkog pozicioniranja broda [3/35-37].

#### 7. ZAKLJUČAK

Savremene informacione tehnologije, kao spojevi računara i komunikacija koji uključuju sisteme bazirane na znanjima, značajno utiču na podizanje tehnološkog nivoa pomorskog transporta i pomorskog saobraćaja. Podizanjem tehnološkog nivoa pri pružanju brodarskih (ili pomorsko-transportnih) usluga omogućilo je „stvaranje“ novih vrsta usluga, kao i posebnih postupaka pri pružanju takvih usluga u konkurentnoj sredini svjetskog pomorskog tržišta. Korišćenjem ovih tehnologija na logički dosljedan i disciplinovan način zahtijeva raspolaganje opsežnog znanja, kao i posebno poznavanje njegovih prednosti i ograničenja.

Razvoj brojnih ekspertnih sistema u brodarstvu i metodologije za njihovu konstrukciju pobuđuju interes unutar brodarskih organizacija i sistema pomorskog transporta. Ovi sistemi će svakako biti veoma važan doprinos dugogodišnjem oživljavanju svih dijelova pomorske privrede. Velike mogućnosti koje oni nude u rješavanju nedovoljno dobro strukturiranih, neodređenih i (ili) teže rješivih praktičnih problema u skoro svim dijelovima brodarstva ukazuju da će koristiti dobijene njihovom primjenom daleko prevazilaziti sva ulaganja sredstava za njihov razvoj, gradnju, održavanje i funkcionisanje.

Korišćenje tehnologija ekspertnih sistema u brodarstvu učiniće i da se tradicionalno zatvoreni sistemi pomorskog transporta i pomorskog saobraćaja otvore i prema novim tehnologijama i prema srodnim sistemima, što je od posebnog značaja za praktične razvoje samih sistema, kao i za sveukupni razvoj teorije pomorskih sistema.

#### Literatura:

- [1] Harmon, Paul; King, David: Expert Systems. A Wiley Press Book, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1985.
- [2] Tauzović, Jovo: Ekspertni sistemi sistema pomorskog saobraćaja. Zbornik radova IV. susreta Saobraćajnih inženjera Jugoslavije, Bled—Zagreb, 1987; str. 111-115.
- [3] Katsoulakos, P. S.; Hornsby, C. P. W.: Expert Systems and Maritime Applications. The Institute of Marine Engineers, Trans. I. Mar. E. Vol. 101, Part 1, pp. 17-41, London, 1989.