

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje - ARPA

Ukić, Duje

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:482083>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Pomorski Odjel – Nautički odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij nautike i tehnologije pomorskog prometa



Duje Ukić

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje – ARPA

Radar with automatic plotting aid - ARPA

Završni rad

Zadar, 2024.

Sveučilište u Zadru

Pomorski Odjel – Nautički odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij nautike i tehnologije pomorskog prometa

Radar s automatskim pomagalom za plotiranje – ARPA

Radar with automatic plotting aid - ARPA

Završni rad

Student: Duje Ukić

Mentor: doc.dr.sc. Ivan Toman



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, Duje Ukić, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom „Radar s automatskim pomagalom za plotiranje – ARPA“ rezultat mojega vlastitoga rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije korišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 2024.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
1.1. Ciljevi i svrha rada	1
2. Navigacijski radar i radarsko plotiranje.....	2
2.1. Radarska Tehnologija.....	2
2.1.1 Komponente radarskog sustava.....	2
2.2. Osnovni principi rada navigacijskog radara.....	3
2.3. Prikaz radarske jeke	4
2.4. Utjecaj jačine radarske jeke.....	5
2.5. Radarsko plotiranje	6
3. Sustavi za automatsko radarsko plotiranje	
3.1. Povijest i razvoj ARPA tehnologije	7
3.2. Osnovni princip rada sustava	8
3.3. Prikaz ARPA	9
3.4. Zahtjevi IMO-a za zaslone i prikaz	9
3.5. Zahtjevi, standardi i obuka operatera	10
3.6. Prihvaćanje objekata	11
3.6.1. Potpuno automatsko prihvaćanje objekata.....	11
3.7. Praćenje objekata.....	12
3.7.1. Problemi s praćenjem objekata	12
3.8. Vektori.....	14
3.9. Automatska stabilizacija preko dna.....	15
3.10. Probni manevar	17
3.11. Guard zone (Zona nadzora).....	19
3.12. Praktična upotreba ARPA sustava	20
4. Integracija ARPA s drugim sustavima.....	23
4.1. Integrirani navigacijski sustav načela	23
4.2. Integracija ARPE i AISa	24
5. Zaključak	26
Popis literature.....	27
Internetski izvori:	27

Popis slika	28
Sažetak	29
Summary	30

1. Uvod

Radar čini važnu komponentu navigacijske opreme koja se ugrađuje na gotovo sve brodove osim onih najmanjih. Njegov prikaz ključnih informacija obučeni korisnik lako iščitava. Suvremena pomorska navigacija doživjela je značajne promjene i unapređenja zahvaljujući brzom tehnološkom napretku, a jedna od ključnih inovacija koja je transformirala način plovidbe je bila ARPA sustav (Automatic Radar Plotting Aid) u kombinaciji s radarom. ARPA sustav, kao sofisticirani radarski sustav za automatsko plotiranje, donosi revolucionarne mogućnosti u praćenju i analizi kretanja plovila na moru. Ova tehnologija se oslanja na napredne algoritme i automatizirane procese kako bi omogućila pomorcima brzo i precizno praćenje položaja drugih objekata u okolini. U kombinaciji s klasičnim radarom, sustav za automatsko plotiranje čini snažan tandem koji pruža sveobuhvatan uvid u pomorski prostor, unapređujući situacijsku svijest i olakšavajući donošenje ključnih navigacijskih odluka. Ovaj završni rad temelji se na istraživanju i analizi tog sustava i radara te njihovom integriranom djelovanju u kontekstu pomorske navigacije.

1.1. Ciljevi i svrha rada

Ovaj završni rad posvećen je detaljnom istraživanju ARPA uređaja, analizirajući njegov povijesni razvoj, tehničke karakteristike te utjecaj na modernu pomorsku navigaciju. Kroz osvrt na ključne trenutke u razvoju ARPA radara, od njegovih početaka do današnjih visokotehnoloških implementacija i integracije, završni rad istražuje kako se ova tehnologija integrirala u plovidbene sustave te kako je utjecala na poboljšanje sigurnosti, efikasnosti i preciznosti pomorskog prometa.

2. Navigacijski radar i radarsko plotiranje

2.1. Radarska tehnologija

Radarski sustavi koriste elektromagnetske valove za detekciju i određivanje položaja objekata. Princip rada temelji se na emisiji radio valova iz radarske antene prema cilju. Kada valovi udare u objekt, reflektiraju se natrag prema radaru gdje se primaju i analiziraju. Vrijeme potrebno za povratak signala omogućuje izračunavanje udaljenosti do objekta, dok Dopplerov efekt omogućuje mjerenje brzine približavanja ili udaljavanja objekta.

Prvi radarski sustavi razvijeni su početkom 20. stoljeća, s ključnim napretkom tijekom Drugog svjetskog rata. U početku su se koristili prvenstveno za vojne svrhe, kao što su detekcija neprijateljskih zrakoplova i brodova. Danas, radarska tehnologija ima široku primjenu u civilnom sektoru. Na primjer, meteorološki radari omogućuju praćenje vremenskih prilika, dok se radari za kontrolu zračnog prometa koriste za osiguranje sigurnosti letova.

2.1.1 Komponente radarskog sustava

Radarski sustav se sastoji od nekoliko ključnih komponenti:

- **Odašiljač:** Generira visokofrekventne radio valove.
- **Antena:** Emitira i prima radio valove.
- **Prijamnik:** Detektira reflektirane signale i pretvara ih u električne signale.
- **Procesor signala:** Analizira primljene signale kako bi se izračunale informacije o objektu. [7]

2.2. Osnovni principi rada navigacijskog radara

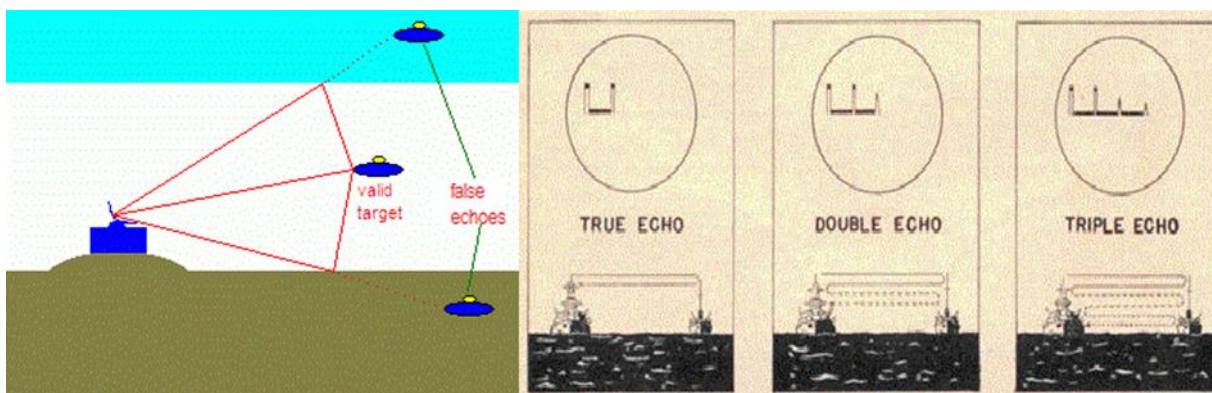
Radar, kao ključna tehnologija u području pomorske navigacije, temelji se na složenom skupu principa koji omogućuju precizno praćenje i identifikaciju objekata u okolini plovila. Osnovni principi rada radara leže u korištenju elektromagnetskog zračenja, refleksiji signala te analizi povratnih informacija. Radar koristi različite frekvencije zračenja za različite svrhe. Niže frekvencije omogućuju bolje prodiranje atmosfere, dok više frekvencije pružaju preciznije informacije o položaju objekata. [URL 2]

- **Elektromagnetsko zračenje:** Radar koristi elektromagnetske valove u području radiofrekvencija. Ovi valovi se emitiraju pomoću antene i putuju kroz atmosferu brzinom svjetlosti. Kada valovi naiđu na neki objekt u okolini, poput broda, kopna ili platforme, dolazi do refleksije tih valova natrag prema radaru.
- **Jeka i refleksija:** Kada elektromagnetski valovi pogode neki objekt, oni se odbijaju natrag prema anteni radara. Ovaj povratni signal naziva se jeka. Analizom vremena potrebnog da signal stigne natrag do antene, radar može izračunati udaljenost objekta. Također, smjer dolaska signala omogućuje određivanje azimuta objekta u odnosu na radar, čime se precizno određuje položaj ciljeva u okruženju broda.
- **Povratak signala i prikaz na zaslonu:** Nakon što se jeka vrati na antenu, radar obrađuje podatke i prikazuje ih na zaslonu kao točke ili simbole, čime operater može vidjeti položaj okolnih objekata. Ovaj prikaz omogućuje sigurnu navigaciju i izbjegavanje sudara, osobito u uvjetima slabe vidljivosti.

Ovi osnovni principi omogućuju radaru da detektira objekte u njegovom okruženju te pruži informacije o njihovom položaju i udaljenosti. Za preciznije podatke o brzini i smjeru kretanja objekata, kao i za automatsko praćenje objekata, potrebni su dodatni sustavi poput ARPA. Integracija tehnologije poput ARPA sustava (engl. Automatic Radar Plotting Aid) dodatno unapređuje analizu podataka, pružajući automatizirano praćenje i vizualizaciju plovila na radarskom zaslonu. U daljnjem istraživanju, detaljna analiza tih principa omogućit će bolje razumijevanje funkcionalnosti i optimizaciju performansi radarskih sustava. [1]

2.3. Prikaz radarske jeke

Izraz „Echo Paint“ je pojam koji se ponekad koristi za opisivanje veličine i oblika jeke kakva se pojavi na ekranu. Boja odjeka je pod velikim utjecajem određenih karakteristika radarskog sustava, uključujući njegove algoritme za obradu, a nešto manje oblikom objekta. Međutim, korisno je razmotriti temeljna pitanja koja utječu na prikaz odjeka od ciljane točke. Ciljana točka je teoretski koncept koji pretpostavlja metu koja ima sposobnost reflektiranja radarskog signala ali nema dimenzije. U praksi, mnoge objekti ponašaju se na način vrlo sličan teoretskoj ciljnoj točki. Glavne karakteristike radarskog sustava koje utječu na veličinu i oblik prikazanog odjeka su duljina odaslanog impulsa i horizontalna širina snopa antene. Duljina impulsa je glavni faktor koji treba uzeti u obzir pri odabiru veličine ćelije za obradu podataka radarskih ciljeva, zbog ograničenja koje postavlja duljina impulsa. Veličinu ćelije azimuta diktira frekvencija ponavljanja impulsa i brzina rotacije antene. [3] Smetnje se odnose na radarske povratne signale koji se pojavljuju na zaslonu, ali ne odgovaraju stvarnim objektima u blizini. Oni mogu biti uzrokovani različitim čimbenicima, uključujući atmosferske uvjete, poput kiše, snijega ili magle, koji mogu raspršiti radarske signale i stvoriti krive rezultate. Osim toga, refleksije od kopnenih masa, zgrada ili čak ptica koje lete u blizini broda mogu proizvesti lažne odjeke. S druge strane, pravi objekti su radarski rezultati koji točno predstavljaju fizičke objekte unutar dometa radara. Kako bi razlikovali lažne odjeke od pravih ciljeva, radarski se operateri oslanjaju na svoje iskustvo, poznavanje okoline plovila i razumijevanje značajki radarskog prikaza. Moderni radarski sustavi često uključuju napredne algoritme za obradu signala i mogućnosti praćenja objekata kako bi pomogli u filtriranju lažnih odjeka i davanju prioriteta stvarnim objektima. [URL 3]



Slika 1. Smetnje i pravi objekt

2.4. Utjecaj jačine radarske jeke

Jačina radarske jeke, odnosno reflektiranog signala s radarskih objekata, ima značajan utjecaj na ispravno funkcioniranje ARPA sustava, jer koristi radar za praćenje i analizu podataka o položaju objekata u okolini broda. Operater radara treba biti upoznat s činjenicom, da i kod manjih pogrešnih izmjena „tuninga“ ili „gain kontrole“ može imati isti efekt kao i veliki gubitak snage odašiljača. [1] a jačina radarske jeke može utjecati na nekoliko ključnih aspekata:

- **Detekcija objekata:** Jačina radarske jeke direktno utječe na sposobnost ARPA sustava da detektira objekte. Veća jačina jeke može poboljšati detekciju objekata na većim udaljenostima, dok manja jačina može rezultirati ograničenim opsegom detekcije.
- **Pouzdanost identifikacije:** Velika jačina radarske jeke često rezultira pouzdanijim identificiranjem objekata. ARPA sustav koristi ove informacije za pravilno klasificiranje objekata, čime se smanjuje rizik od pogrešnih identifikacija ili gubitka ciljeva u gužvi.
- **Praćenje kretanja:** Praćenje brzine, smjera i ubrzanja objekta temelji se na promjenama u položaju objekta tijekom vremena, što uključuje izračun promjena udaljenosti i pramčanog kuta. Kvalitetna informacija o jačini pomaže ARPA sustavu u preciznom određivanju parametara kretanja objekta.
- **Smanjenje interferencija i smetnji:** U uvjetima s velikim brojem objekata ili u prisutnosti smetnji, jačina radarske jeke može biti ključna za razlučivanje između različitih objekata. Velika jačina može poboljšati sposobnost sustava da identificira željeni objekt usred potencijalno složenog okoliša.
- **Predviđanje sudara:** ARPA sustav koristi informacije o položaju, brzini i smjeru objekata kako bi izračunao najbližu točku približavanja (CPA) i vrijeme do te točke (TCPA), te na temelju tih podataka procjenjuje potencijalnu opasnost od sudara s drugim objektima. Precizne informacije o jačini pomažu u donošenju brzih i pouzdanih odluka u svrhu izbjegavanja sudara.

Uzimajući u obzir ove faktore, jačina radarske jeke igra ključnu ulogu u učinkovitosti ARPA sustava, pružajući relevantne informacije koje omogućuju precizno praćenje i upravljanje plovilom. Važno je napomenuti da različite okolnosti, poput vremenskih uvjeta ili prisutnosti drugih objekata, mogu utjecati na jačinu radarske jeke i stoga na performanse samog sustava za automatsko plotiranje. [3]

2.5. Radarsko plotiranje

Radarsko plotiranje odnosi se na tehniku praćenja i analize kretanja objekata detektiranih radarom pomoću geometrijskih načela. Cilj radarskog plotiranja je određivanje osnovnih elemenata gibanja objekata, kao što su smjer i brzina, kako bi se moglo predvidjeti njihovo buduće kretanje i procijeniti mogućnost sudara ili potrebe za manevrom. Prije uvođenja automatiziranih sustava poput ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), radarsko plotiranje se izvodilo ručno, te je bilo ključno za sigurnu navigaciju, osobito u situacijama smanjene vidljivosti ili u gusto prometnim područjima. [1]

Plotiranje se vršilo na dva glavna načina: **centralno** i **periferno plotiranje**. Kod centralnog plotiranja, središnja točka dijagrama ili zaslona predstavlja položaj vlastitog broda, dok se položaji ostalih objekata crtaju u odnosu na tu točku. Periferno plotiranje koristi rubove dijagrama za prikaz promjena u relativnom položaju objekata. [URL 7]

Tehniku radarskog plotiranja moguće je izvoditi na nekoliko različitih dijagrama, a najčešće se koristio **manevarski dijagram** (eng. radar plotting sheet). Ovaj dijagram omogućava navigacijskom časniku da ručno iscrta relativne položaje i kretanje objekata u odnosu na vlastiti brod. Proces uključuje crtanje vektora brzine objekata te izračunavanje njihovih budućih pozicija u vremenu.

Pored manevarskih dijagrama, kretanje objekta moglo se pratiti i na zaslonu radara, pri čemu su se relativni položaji označavali s pomoću stalnih vremenskih intervala (npr. svake 3 ili 6 minute). Na taj način mogli su se utvrditi brzina i kurs objekata te donijeti odluke o izbjegavanju sudara.

U praksi, ručno radarsko plotiranje zahtijevalo je visok nivo vještine i iskustva, budući da je bilo potrebno precizno određivati relativne brzine i pozicije u realnom vremenu. Zbog toga je dolazak ARPA sustava predstavljao veliku tehnološku prekretnicu, omogućavajući automatizaciju tih složenih proračuna i povećavajući sigurnost navigacije. ARPA uređaji automatski prate kretanje objekata, pružajući trenutne informacije o njihovom kursu i brzini, što značajno smanjuje mogućnost ljudske pogreške.

Međutim, čak i u doba ARPA sustava, znanje o ručnom radarskom plotiranju ostaje važno, jer daje čvrste temelje za razumijevanje rada radara i ponašanja ciljeva na moru, osobito u situacijama kada tehnologija može zakazati ili biti nedostupna. [1]

3. Sustavi za automatsko radarsko plotiranje

3.1. Povijest i razvoj ARPA tehnologije

Dostupnost jeftinih mikroprocesora i razvoj naprednih računalnih tehnologija tijekom 1970-ih i 1980-ih omogućili su primjenu računalne tehnologije za poboljšanje komercijalnog pomorskog radarskog sustava. [URL 1] Proizvođači radara koristili su tu tehnologiju za izradu radara s automatskim pomagalom za plotiranje. ARPA je računalno potpomognuti sustav za procesiranje i obradu radarskih podataka koje potom generira kao prediktivne vektore i informacije o kretanju drugih brodova. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) postavila je određene standarde koji dopunjuju zahtjeve Međunarodne konvencije o zaštiti ljudskih života na moru. Primarna funkcija ARPE može se sažeti u izjavu koja se nalazi pod IMO standardima izvedbe. U njemu se navodi zahtjev za ARPA sustave...“Kako bi se poboljšao standard izbjegavanja sudara na moru: Potrebno je smanjiti radno opterećenje članova plovidbene straže tako što ćete im omogućiti da automatski dobivaju informacije kako bi mogli dobro funkcionirati i s više objekata kao što mogu ručnim iscrtavanjem jednog objekta”. Kao što se može iščitati iz ove izjave, glavne prednosti ARPA sustava su smanjenje radnog opterećenja osoblja na mostu te potpunije i brže informacije o odabranim objektima.

Tipična ARPA daje prikaz trenutne situacije korištenjem računalne tehnologije za predviđanje budućih situacija. Po IMO-vim standardima izvedbe iz 2004., izbačen je termin i sada se referira kao „automatic radar tracking“ što uključuje i sustav za automatsku identifikaciju ili AIS. [1]

3.2. Osnovni princip rada sustava

Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) sustav predstavlja naprednu tehnologiju u radarskim sustavima, koja omogućuje automatsko praćenje i analizu kretanja objekata u odnosu na vlastiti brod. Osnovni princip rada ARPA sustava temelji se na prikupljanju podataka putem radarskih zračenja, koji se koriste za precizno praćenje položaja, brzina i kursa objekata te pružanje navigacijskih informacija potrebnih za donošenje odluka o izbjegavanju sudara. [URL 9]

ARPA koristi računalnu tehnologiju kako bi ne samo prikazao trenutnu situaciju, već i predvidio buduće kretanje objekata. Sustav procjenjuje rizik od sudara i omogućuje operateru da vidi predložene manevre vlastitog broda, što je od ključne važnosti u uvjetima visoke gustoće prometa ili smanjene vidljivosti. Iako postoji mnogo različitih modela ARPA sustava na tržištu, većina njih pruža sljedeće funkcije:

- Prikaz gibanja objekata u stvarnom (true motion) ili relativnom (relative motion) prikazu na radarskom zaslonu.
- Automatsko prepoznavanje objekata, uz mogućnost ručnog dodavanja objekata za praćenje.
- Digitalni prikaz podataka o prepoznatim objektima, uključujući kurs, brzinu, udaljenost, azimut, najmanju udaljenost mimoilaženja (CPA) i vrijeme do najmanje udaljenosti mimoilaženja (TCPA). Ovi podaci omogućuju navigacijskim časnicima da brzo i točno procijene potencijalne rizike.
- Grafički prikaz procjene sudara putem vektora kretanja (stvarnih ili relativnih) ili prikaza Predviđenog područja opasnosti (PAD), što vizualno olakšava razumijevanje situacije na moru.
- Mogućnost izvođenja probnih manevara, koji uključuju promjene kursa, brzine, ili kombinacije oboje, omogućujući navigacijskom časniku da simulira različite scenarije prije donošenja konačne odluke.
- Automatska stabilizacija podataka, posebno za navigacijske svrhe, osigurava pouzdanost prikaza u stvarnim uvjetima. [URL 7]

Glavna prednost ARPA sustava je njegova sposobnost brze i točne obrade radarskih podataka u stvarnom vremenu, omogućujući sustavu da nadmaši konvencionalne radare u smislu procjene sudara. Međutim, točnost ARPA sustava ovisi o točnosti ulaznih podataka, poput

onih od brzinomjera. Kombinirajući automatsko praćenje objekata s funkcijama predviđanja sudara i pružanjem vizualnog prikaza situacije, ARPA značajno smanjuje rizik od nesreća i olakšava sigurno upravljanje brodom. Unatoč naprednim mogućnostima sustava, navigacijski časnici i dalje mogu ručno intervenirati, prilagoditi parametre ili prepoznati objekte, što povećava fleksibilnost u različitim situacijama. [URL 8]

3.3. Prikaz ARPA

Od kasnih 1970-ih originalni radar PPI zaslon je općenito zamijenjen CRT zaslonima sličnim onima koji se koriste na domaćim televizorima. Oni su radili tako da zraka skenira zrakom u vodoravnom smjeru, uzastopno se pomičući niz zaslon u malim diskretnim okomitim koracima i tako tvoreći sliku sastavljenu od horizontalnih linija. Imali su prednosti dobre vidljivosti kod dnevnog svjetla, veće slike i također je na kraju došlo do uvođenja boje. LCD zasloni su sada standardna tehnologija zaslona koja se koristi za radarske i druge zaslone na navigacijskom mostu. Ostale moderne tehnologije prikaza neizbježno će ih zamijeniti, ali je teško prognozirati što ili kada točno. Trenutačni kandidati uključuju QD-LED zasloni, organska svjetleća dioda odnosno tranzistorski zasloni (OLED). OLED ekrani nude dodatnu prednost bržega odaziva piksela, šireg kuta gledanja i bolje reprodukcije boja. [1]

3.4. Zahtjevi IMO-a za zaslone i prikaz

IMO definira glavne zahtjeve za prikaz. To posebno uključuje zahtjeve da područje operativnog prikaza radarske prezentacije mora biti najmanje krug promjera:

- 180 mm za brodove manje od 500 bruto tona
- 250 mm za brodove veće od 500 bruto tona i brza plovila manja od 10.000 bruto tona
- 320 mm za brodove veće od 10.000 bruto tona.

Upravo ta definicija omogućuje radarsko područje koje nije kružno, pod uvjetom da područje prikaza pokriva minimalno potrebni promjer. Zahtjevi navedeni u IEC 62388, tehničke specifikacije za pomorski radar izdane od Internacionalne Elektrotehničke Komisije, koja proširuje zahtjeve IMO-a, izričito navodi da su „kružne, kvadratne ili pravokutne prezentacije” one koje su dopuštene. Postoji važan zahtjev IMO-a koji „predstavljanje alfanumeričkih podataka, informacija i teksta, simbola i drugih grafičkih informacija (npr. radarska slika ili

odjeci) moraju podržava čitljivost s tipičnih pozicija korištenja (tj. udaljenost čitanja i kutovi gledanja) u svim uvjetima ambijentalnog osvjetljenja, koji će se vjerojatno iskusiti na navigacijskom mostu, i uz dužno razmatranje vidljivosti u noćnim uvjetima. [1]

3.5. Zahtjevi, standardi i obuka operatera

Trenutni zahtjevi smatraju se važeći za svu radarsku opremu instaliranu poslije 1. srpnja 2008. godine. Zahtjevi za posjedovanje radara i uređaja za plotiranje na novim brodovima kako je navedeno u IMO-SOLAS poglavlju V s izmjenama i dopunama 2001: Cijela ARPA s probnim manevrom i automatskim prikupljanjem samo je uvjet za jedan radar na brodovima iznad 10 000 BRT, budući da drugi radar može imati "reducirani" ARPA sustav bez probnog manevra i automatskog prikupljanja. Brodovi ispod 10 000 BRT ne moraju biti opremljeni s cjelovitim ARPA sustavom, moraju imati samo jednu ili dvije smanjene ARPE ovisno o njihovoj veličini. Otkako je uvedena ARPA, većina pomorskih uprava inzistirali su na tome da operater treba biti posebno obučen za korištenje ARPA sustava, a ne samo u tehnikama ručnog plotiranja. Od novih „SOLAS brodova“ koji posjeduju ARPU ili reduciranu ARPU, zahtijeva se integrirani unos iz žiroskopa i brzinomjera koji mjere brzinu kroz vodu. U propisima, oni su poznati kao odašiljajući uređaj za pokazivanje kursa (eng. Transmitting heading device) i oprema za mjerenje brzine i udaljenosti (eng. speed and distance measuring equipment. [1]

Tablica 1. Minimalne IMO opskrbe za radar i plotiranje za nove brodove

Veličina plovila	Radar	Plotiranje	Promjer zaslona
300-499 BRT (svi putnički brodovi ispod 300 BRT)	1 X-band	Reducirana ARPA	180 mm
500-2999 BRT	1 X-band	Reducirana ARPA	250 mm
3000-9999 BRT	1 X-band i 1 S ili X-band	Reducirana ARPA	250 mm
10000+ BRT	1 X-band i 1 S ili X-band	1 ARPA i 1 reducirana ARPA	320 mm

3.6. Prihvaćanje objekata

Prihvaćanje je termin kojim opisujemo početak praćenja objekta. Taj proces se može raditi ručno, u tom slučaju operater daje upute računalu koje objekte je potrebno pratiti. Postoji i automatsko praćenje, kada je računalo programirano da prikuplja objekte koje se nalaze u određenoj domeni. Kada je objekt zabilježen, računalo počinje prikupljati informacije o tom određenoj objektu. Grafički simbol oznake ekrana (eng. screen marker), kojim se upravlja uglavnom joystick upravljačem se postavi iznad željenog objekta. Nakon što se pritisne dugme „acquire“, područje oko oznake ekrana se zabilježava u memoriju računala (tracking window). Na nekim ARPA uređajima se on pali automatski a na nekima ih operater prikazuje na ekranu ako je potrebno. [4]

3.6.1. Potpuno automatsko prihvaćanje objekata

Iako se tvrdi da će automatsko prihvaćanje objekata u praksi smanjiti radno opterećenje operatera, ponekad postoji tendencija da sustav prikuplja „lažne objekte“, te da ih prihvati previše i tako pretrpava zaslon s nepotrebnim i neželjenim vektorima. Zbog toga se automatsko prihvaćanje manje koristi. Pokazalo se da je automatsko prihvaćanje ponekad korisno na dugim preookeanskim putovanjima kada je broj objekata malen te zbog dosade postoji opasnost od gubitka koncentracije kod časnika u straži. Rjeđe se koristi u područjima gdje je velika gustoća prometa. Ručno prihvaćanje može biti vrlo brzo i selektivno, stoga se automatsko prihvaćanje ne koristi koliko je bilo očekivano. Osim toga, automatsko prihvaćanje može povećati rizik od zanemarivanja potencijalno važnih objekata zbog pretrpanosti zaslona ili operaterove pretjerane oslonjenosti na sustav. U takvim situacijama, ručna intervencija često omogućuje precizniju kontrolu i donošenje sigurnijih odluka, osobito u složenim situacijama. Upravo zbog toga, operateri često preferiraju ručno upravljanje, osobito u uvjetima velike gustoće prometa, gdje je pravovremena i točna procjena ključna za sigurnu plovidbu. Sustavi za automatsko prihvaćanje još uvijek zahtijevaju značajno prilagođavanje kako bi se smanjili ovi nedostaci i povećala njihova pouzdanost u svakodnevnoj uporabi. [5]

3.7. Praćenje objekata

U prethodnim standardima izvedbe navedeno je da točnost praćenja nije manja od onog koji se može dobiti korištenjem ručnih snimanja dobivenih uzastopnih položaja objekta s radarskog prikaza. Točnost je kompromis s vremenom potrebnim za iscrtavanje. U mnogim slučajevima, praćenje objekta može se vizualizirati pomoću grafičke linije poznate kao vektor. Ova linija počinje na poziciji cilja i završava na predviđenom položaju cilja nakon odabranog proteklog vremena. Međutim, u ranim fazama praćenja novog objekta (do otprilike 1 minute), sustav može privremeno ukloniti vektor jer dostupni podaci možda nisu dovoljno točni ili stabilni za pouzdanu predikciju. U nekim slučajevima, čak i kada je vektor prisutan, može imati nultu duljinu, što može biti slučaj s vektorom stacionarnog objekta ili s objektom koji se kreće istim kursom i brzinom kao i brod promatrača. Neki proizvođači rješavaju ovaj problem zamjenom nulte duljine vektora sa simbolom 'Z'. Nakon što je praćenje objekta započeto, sustav će nastaviti pratiti objekt dok se praćenje ne otkáže, bilo ručno ili automatski. [4]

3.7.1. Problemi s praćenjem objekata

Da bi radar mogao efikasno pratiti objekte, ključno je poznavati njihov točan položaj. Praćenje radarskim sustavom moguće je koristeći samo azimut od promatrača do objekta, što se naziva 'praćenje samo po smjeru'. Alternativno, praćenje se može obaviti kombinirajući kut i raspon ležaja, što je često najčešće primijenjeno. Radarsko praćenje je manje zahtjevno kada je platforma koja izvodi detekciju nepokretna, kao što je platforma pričvršćena na tlo. U takvim slučajevima, glavna smetnja u sustavu proizlazi iz same radarske opreme. Međutim, kada je radar smješten na pokretnoj platformi poput plovila ili zrakoplova, tada se pojavljuje dodatna smetnja zbog neizvjesnosti u orijentaciji platforme. Ako je razina smetnje unutar radarskog sustava za praćenje previsoka, algoritmi za praćenje mogu zakazati. Algoritmi za praćenje objekta temelje svoje odluke na osnovnim pretpostavkama o kretanju objekta. Ako se stvarna putanja objekta značajno razlikuje od očekivane putanje, algoritam može odbaciti trag objekta zbog neslaganja s pretpostavkama. Jedna od ključnih pretpostavki je brzina objekta. Na primjer, kada algoritam za praćenje otkrije objekt na određenoj lokaciji i zatim ga pronađe na drugoj lokaciji u blizini, izračunava brzinu kojom se objekt kreće. Ako izračunata brzina objekta prelazi određeni prag, to može značiti da se opažanje ne uklapa u očekivane parametre i stoga se može odlučiti da se ne spoji u trag. Ovaj prag brzine pomaže algoritmu da razlikuje stvarne objekte od lažnih ili netočnih opažanja. [1]

CPA (Closest Point of Approach) - Najmanja udaljenost mimoilaženja označava najbližu udaljenost na kojoj će se plovila naći tijekom svog putovanja, ako se nastave kretati trenutnim putem i brzinom.

TCPA (Time to Closest Point of Approach) - Vrijeme do najmanje udaljenosti mimoilaženja predstavlja vrijeme potrebno da se dođe do najbliže točke približavanja.

Relativni kurs je kut između smjera kretanja plovila i smjera prema drugom plovilu, izražen u odnosu na trenutni kurs plovila.

Relativna brzina je brzina kojom se plovilo kreće u odnosu na drugo plovilo.

Pravi kurs je smjer u kojem se plovilo kreće u odnosu na sjever.

Prava brzina je brzina plovila u odnosu na tlo.

Tablica 1. Preciznost praćenja objekta (95% vjerojatnosti)

Vrijeme stabilnog stanja (min)	Relativni kurs (stupnjevi)	Relativna brzina (čvorovi)	CPA (NM)	TCPA (min)	Pravi kurs (stupnjevi)	Prava brzina
1 minuta	11	1.5 % ili 10 % (koja god je veća)	1.0	-	-	-
3 minute	3	0.8 % ili 1 % (koja god je veća)	0.3	0.5	5	0,5 % ili 1 % (koja god je veća)

Tablica 2. označava potrebnu točnost praćene mete. Točnost je kompromis s vremenom koje je potrebno za plotiranje. Mjerenja u **tablici 2.** definiraju dvije različite razine očekivane točnosti

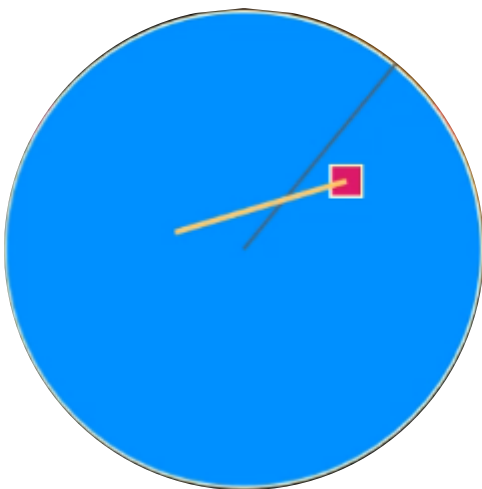
- **Kratkoročno promatranje (1 minuta):** Nakon 1 minute promatranja, ARPA sustav pruža niži nivo preciznosti. Ovo je zbog ograničenog vremenskog perioda u kojem se prikupljaju podaci. U ranoj fazi praćenja, sustav može imati samo ograničene informacije o kretanju objekta jer su dostupni podaci još uvijek nedovoljni za preciznu analizu. U ovoj fazi, na

točnost mjerenja mogu utjecati razni faktori poput smetnji, pogrešaka u početnim pretpostavkama i nedostatka vremena za usklađivanje podataka.

- **Dugoročno promatranje (3 minute):** Nakon 3 minute promatranja, nivo preciznosti se povećava jer sustav ima više vremena za prikupljanje i analizu podataka. Duže vrijeme praćenja omogućava sustavu da preciznije izračuna relativni i pravi kurs objekta kroz analizu većeg broja mjerenja. Ovaj period omogućava sustavu da bolje razumije obrasce kretanja objekta i smanji utjecaj pogrešaka i smetnji, što rezultira točnijim procjenama.

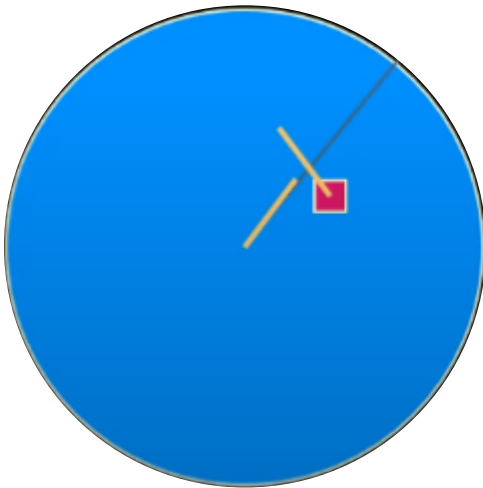
3.8. Vektori

Informacije o kursu i brzini koje generira ARPA za odabrane objekte, trebale bi biti prikazane u vektorskom ili grafičkom obliku. Relativni vektori moraju pokazivati brzinu i smjer relativnog kretanja mete, a pravi vektor, pokazivati brzinu i smjer pravilnog kretanja objekta. Prognoza smjera pravim vektorom će biti ispunjena samo ako praćeni objekt održava svoj kurs i brzinu. Ispunjenje uvjeta kod relativnog vektora dodatno ovisi o tome da promatrano plovilo održava sličan kurs i brzinu. Prikazana duljina vektora je direktno povezana s vremenom i podesiva je pomoću postavke "duljine vektora". Alternativni pristup je imati zadanu fizičku duljinu koja ostaje ista bez obzira na raspon, na primjer 3 min na rasponu od 6 NM, 6 min na skali dometa od 12 NM. [1] S dvije točke gledišta, predviđanja i izbjegavanja sudara, potrebno je dobiti relativni vektor različitosti za predviđanje i pravi vektor drugog broda za izbjegavanje sudara kako bi se shvatio aspekt drugog broda. [URL 5]



Slika 2. Relativni vektor

Relativni vektor pokazuje smjer u kojem se objekt kreće u odnosu na vlastito plovilo. Ovaj smjer može biti prikazan kao kut između pravca kretanja vlastitog plovila i pravca kretanja objekta. Relativni vektor također pokazuje brzinu kojom se objekt kreće u odnosu na vlastito plovilo. Brzina je predstavljena veličinom vektora, gdje duži vektor označava veću brzinu. Korisni su za procjenu stanja o mogućem sudaru. Najmanje su podložni utjecaju pogrešaka u unosu podataka o kursu i brzini.



Slika 3. Pravi vektor

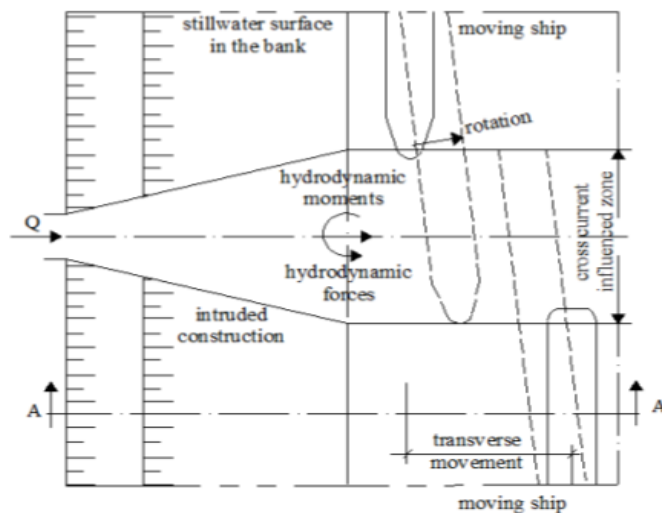
Pravi vektor predstavlja stvarni smjer i brzinu gibanja objekta u odnosu na tlo. To je kombinacija relativnog vektora i vlastitog vektora plovila. Pravi vektori pružaju dobar uvid u tok prometa oko vlastitog plovila, ali pogreške u unosu kursa i brzine utjecat će na njegovu točnost.

3.9. Automatska stabilizacija preko dna

S pomoću ARPA-e, stabilizacija tla može se postići lako i automatski u mnogim situacijama, ali ne u svim. Jednom odabrana stabilizacija također se primjenjuje na sve stvarne ciljne vektore koji se prikazuju, bez obzira na to prikazuje li operator relativno ili stvarno gibanje. Posebno je važno shvatiti posljedice toga, o čemu će kasnije biti riječi. Izolirani kopneni cilj s dobrim odazivom odabire se kao referenca. On se dobiva i prati jednim od kanala praćenja ARPE, a zatim označava kao 'fiksni objekt'. Neki proizvođači nazivaju ga i 'referentnom jekom'. To omogućava praćenje pomicanja broda promatrača, a time i održavanje gibanja elektroničkog izvora prikaza u skladu s tim. Automatska stabilizacija tla također se može

postići korištenjem izlaza iz dvoosnog Dopplerovog brzinomjera koji je postavljen da mjeri brzinu preko tla i integracijom s Globalnim navigacijskim satelitskim sustavom (GNSS). Jednostavnost integracije s GNSS-om i točnost čine ovo vrlo popularnim prikazom za moderne navigatore. [1]

Međutim, važno je uzeti u obzir mogućnost dobivanja netočnih podataka o sudaru kada postoje poprečne morske struje. U takvim uvjetima, stvarno kretanje broda može biti značajno drugačije od izračunatog, što može dovesti do pogrešnih procjena udaljenosti i vremena do sudara (CPA i TCPA). Poprečna struja može uzrokovati lateralno pomicanje broda, što navigacijski sustavi možda neće pravilno kompenzirati bez precizne korekcije. Stoga je neophodno uzeti u obzir te varijable pri donošenju odluka o izbjegavanju sudara. [8]



Slika 4. Kretanje broda prilikom prolaska kroz zonu pod utjecajem poprečnih struja

Na slici je prikazano kako poprečna struja može utjecati na stvarno kretanje broda. Hidrodinamičke sile i momenti koje struja uzrokuje mogu dovesti do pomicanja broda u lateralnom smjeru (eng. transverse movement), što navigacijski sustavi možda neće pravilno uzeti u obzir.

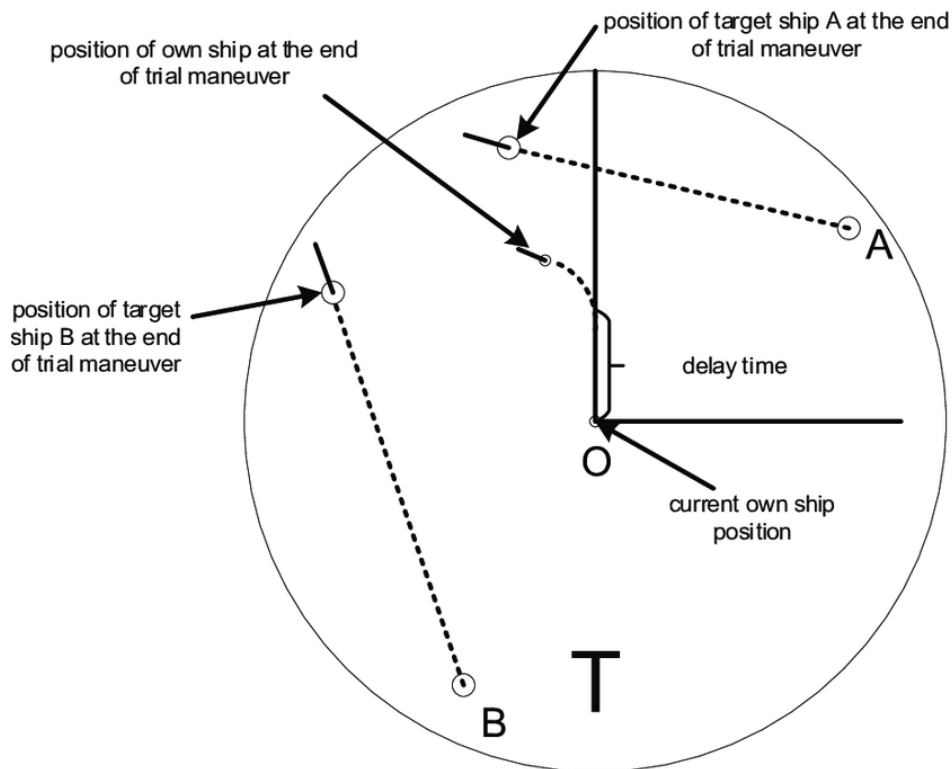
Prednost ARPA-ine mogućnosti 'fiksno objekta' je u tome što pruža kontinuiranu provjeru kursa i brzine kretanja, neovisno o GNSS-u i drugim sensorima. Nedostatak je što ovisi o dostupnosti odgovarajućeg fiksnog kopnenog objekta. Plutače se također mogu koristiti s oprezom, posebno u područjima poput Engleskog kanala, gdje su velike plutače dobro nadzirane i stoga se mogu smatrati fiksnima. [1]

3.10. Probni manevar

ARPA sustav treba moći simulirati učinke manevra vlastitog broda na sve praćene ciljeve bez prekida ažuriranja podataka o ciljevima. Uz računalnu pomoć, predviđanje učinaka manevra prije njegove provedbe postaje puno lakše. Dok je relativno jednostavno mentalno predvidjeti ishod manevra kada su uključena samo dva broda, to postaje izuzetno teško u gustom prometu. Posebno kod velikih brodova i ograničenog prostora na moru, potrebno je brzo planirati i ažurirati strategiju izbjegavanja sudara u skladu s konstantno promjenjivim radarskim prikazom. Pri planiranju, treba imati na umu sljedeće:

- Vlastiti brod može privremeno biti na 'kursu sudara' s udaljenijim plovilima dok izbjegava bliže ciljeve.
- Koristeći funkciju probnog manevra s trenutnim kursom i brzinom, mogu se dobiti vrijedne informacije o tome koja bi 'ostala' plovila u blizini mogla trebati manevrirati kako bi izbjegla sudar međusobno.
- Navigacijska ograničenja mogu utjecati na manevre 'ostalih' plovila. To treba uzeti u obzir pri planiranju strategije i pratiti tijekom provođenja plana i procjene njegove učinkovitosti.
- Probni manevar treba primijeniti na sve praćene brodove i barem sve aktivirane AIS-a mete.

Funkcija omogućava navigatoru da uspostavi kurs za određenu udaljenost prolaza, ali treba izbjeći iskušenje da se biraju male izmjene, jer je potrebna značajna promjena kursa. Važno je koristiti relativne vektore pri procjeni učinka manevra jer će to pokazati koliko će daleko cilj proći. Također je moguće mijenjati ulazne podatke dok se promatra prikaz i bilježiti učinak na CPA. [URL 6] Iako svi odobreni ARPA sustavi moraju imati funkciju za simulaciju probnog manevra, proizvođači su razvili različite načine za njezinu implementaciju. Kada se unesu podaci o planiranom manevru, na zahtjev se prikazuju istinski ili relativni vektori koji bi proizašli iz tog manevra. Uz mogućnost podešavanja duljine vektora, ovo omogućuje jasan prikaz potencijalno opasnih bliskih susreta između drugih plovila i plovila promatrača. [1]

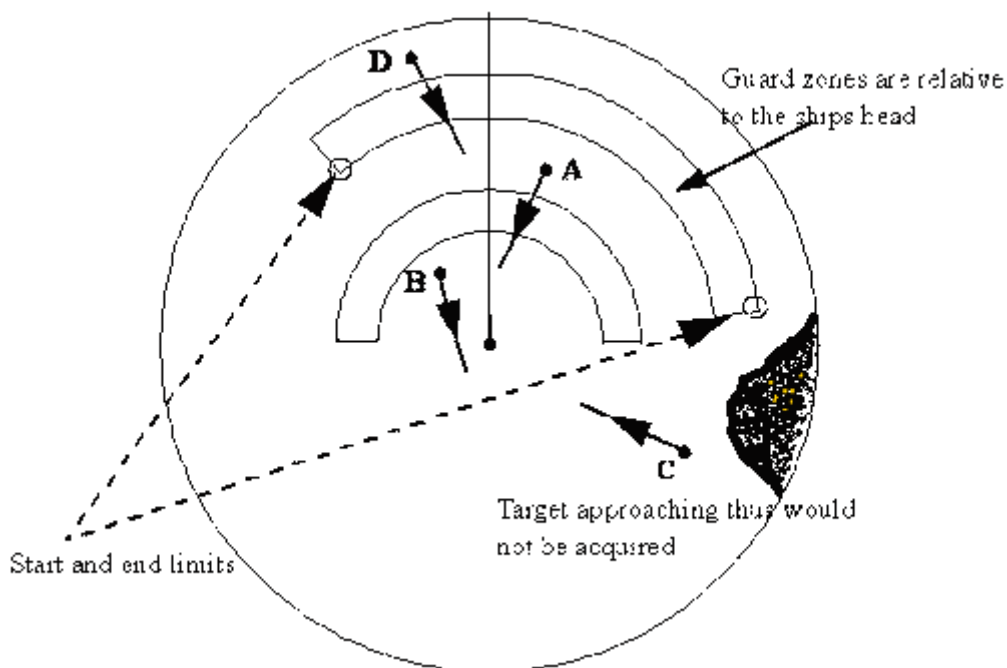


Slika 5. Statički prikaz probnog manevra

U dinamičkom probnom manevru prikazuju se predviđene pozicije vlastitog broda prema planiranim promjenama kursa i/ili brzine, te pozicije ciljnih brodova pretpostavljajući njihove konstantne parametre kretanja, u intervalima od 30 sekundi između sljedećih pozicija. Prije simulacije, operater mora unijeti vrijeme odgode, koje je vrijeme koje mora proći prije izvršenja planiranog manevra. U statičkom probnom manevru pozicije vlastitog broda i ciljnih brodova prikazuju se u trenutku kada je planirani manevar vlastitog broda dovršen. [6]

3.11. Guard zone (Zona nadzora)

„Zone nadzora“ mogu se specificirati po luku i dubini. Objekti koji uđu u zonu bit će identificirani, nakon čega sustav automatski započinje njihovo praćenje, dok alarm može biti aktiviran ovisno o konfiguraciji sustava. Upozorenje će biti prikazano kada su svi kanali praćenja zauzeti, nakon čega je na operatoru da odluči koje od identificiranih objekata može poništiti. Objekt 'A' može biti identificiran tek u kasnijoj fazi susreta, a objekt 'B', koji se prvi put pojavljuje unutar unutarnje zone, možda uopće neće biti identificiran. Potrebno je pažljivo razmisliti prilikom postavljanja nadzornih zona te redovito pratiti prikaz na zaslonu. [1]

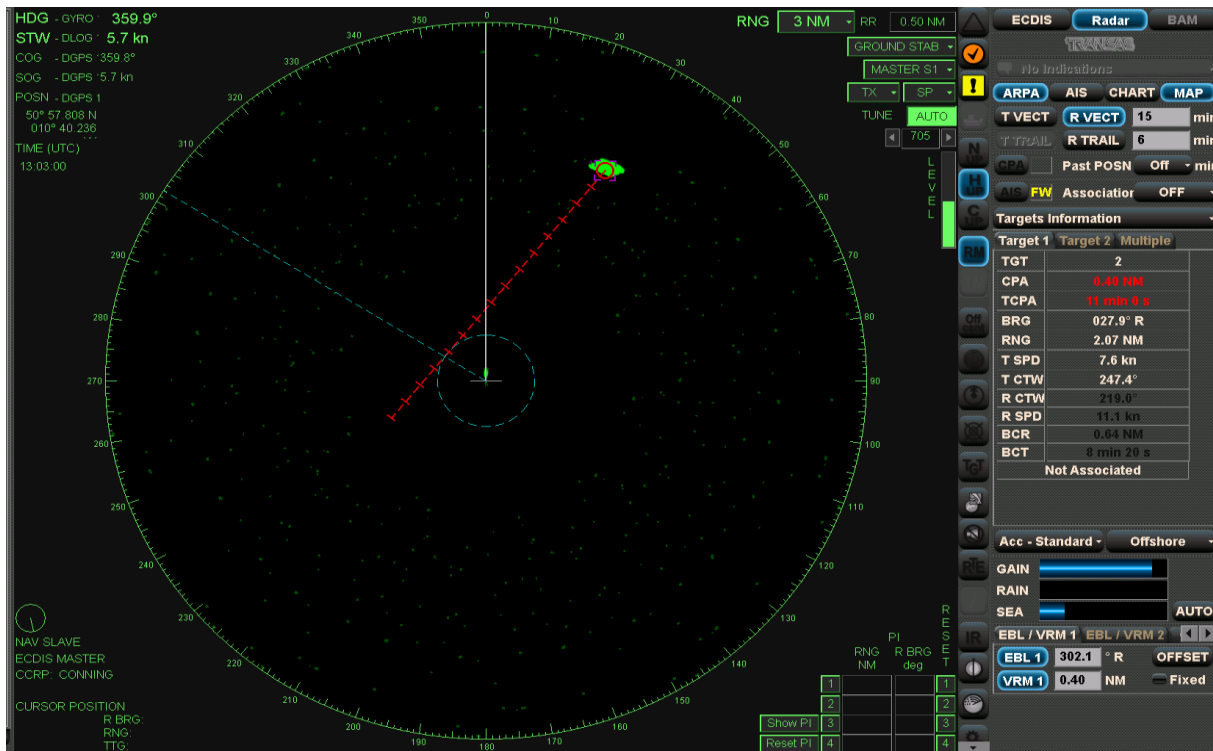


Slika 6. Prikaz zone nadzora (guard zone)

Na gore prikazanoj slici, ARPA će prepoznati objekt D i aktivirat će alarm kada prijede vanjsku zonu. Objekt A će biti prepoznat kada prijede unutarnju zonu s trenutne pozicije i tada će biti aktiviran alarm. Međutim, ako se objekt B detektira na trenutnoj poziciji, ARPA ga neće prepoznati niti će biti aktiviran alarm.

Objekt koji uzrokuje upozorenje trebao bi biti jasno označen na zaslonu. Moguće je specificirati područje oko vlastitog broda u kojem ulazak objekta aktivira alarm. Obično postoje dvije zone: jedna postavljena na fiksni raspon, a druga prilagodljiva ovisno o okolnostima. Ovaj sustav upozorenja ne bi trebao zamijeniti pomno promatranje okoline, već se treba smatrati dodatnim sredstvom za osiguranje sigurnosti plovila. [URL 6]

3.12. Praktična upotreba ARPA sustava

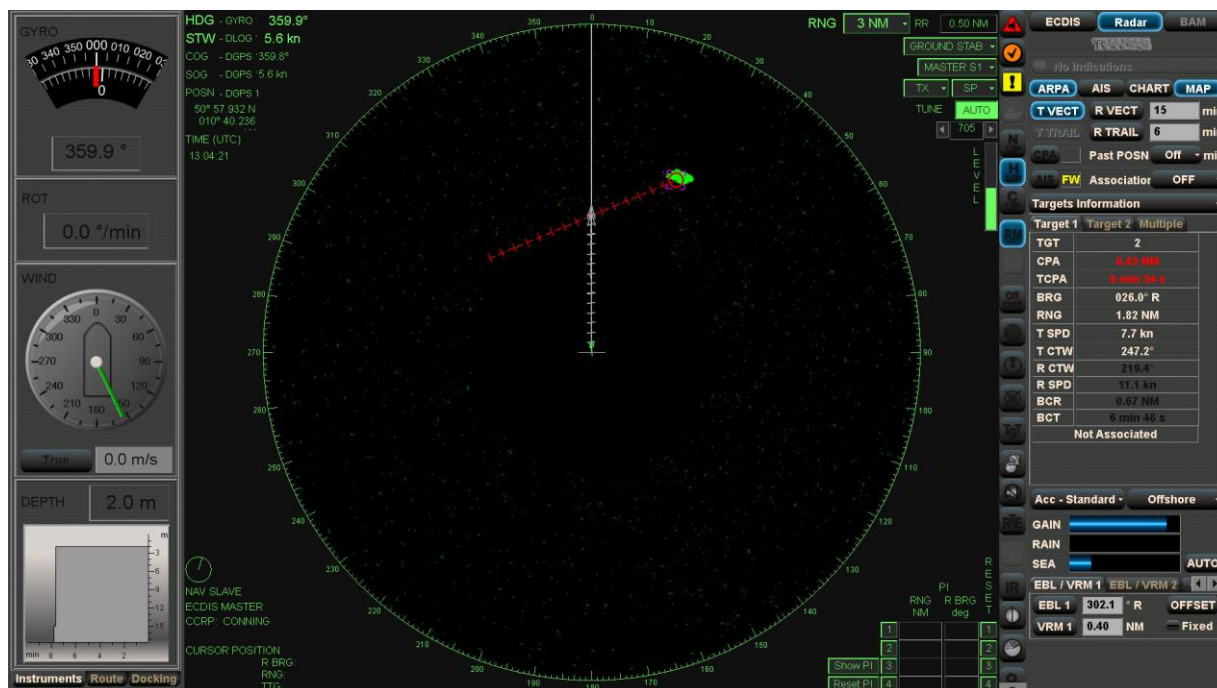


Slika 7. Prikaz jednog objekta na radaru, relative motion

Na slici se nalazi prikaz radarske slike na nautičkom simulatoru. U pitanju je prikaz relativnog gibanja (relative motion), gdje se naš brod prikazuje kao nepomičan u središtu zaslona, dok se drugi brodovi prikazuju u odnosu na njegovo kretanje. Ovaj prikaz koristi relativne vektore koji nam olakšavaju praćenje kretanja drugih brodova u svrhu izbjegavanja sudara. Naš brod se na slici nalazi u sredini, a promatrani brod je označen kao "Target 1". CPA (Closest Point of Approach), ili procijenjena udaljenost između našeg broda i označenog broda, iznosi 0.4 NM, a vrijeme do najbliže točke susreta (TCPA) iznosi 11 minuta.

Prednosti relativnog gibanja:

- Jednostavnost – Prikaz relativnog gibanja zadržava naš brod centriranim na ekranu, dok relativni vektori pokazuju kretanje drugih objekata u odnosu na naš brod. Ovakav prikaz može biti intuitivniji i lakši za razumijevanje jer vizualizira međusobna gibanja brodova.
- Laka identifikacija rizika – Relativni vektori pomažu u brzom prepoznavanju potencijalnih sudara jer omogućuju lakše uočavanje kretanja drugih brodova.

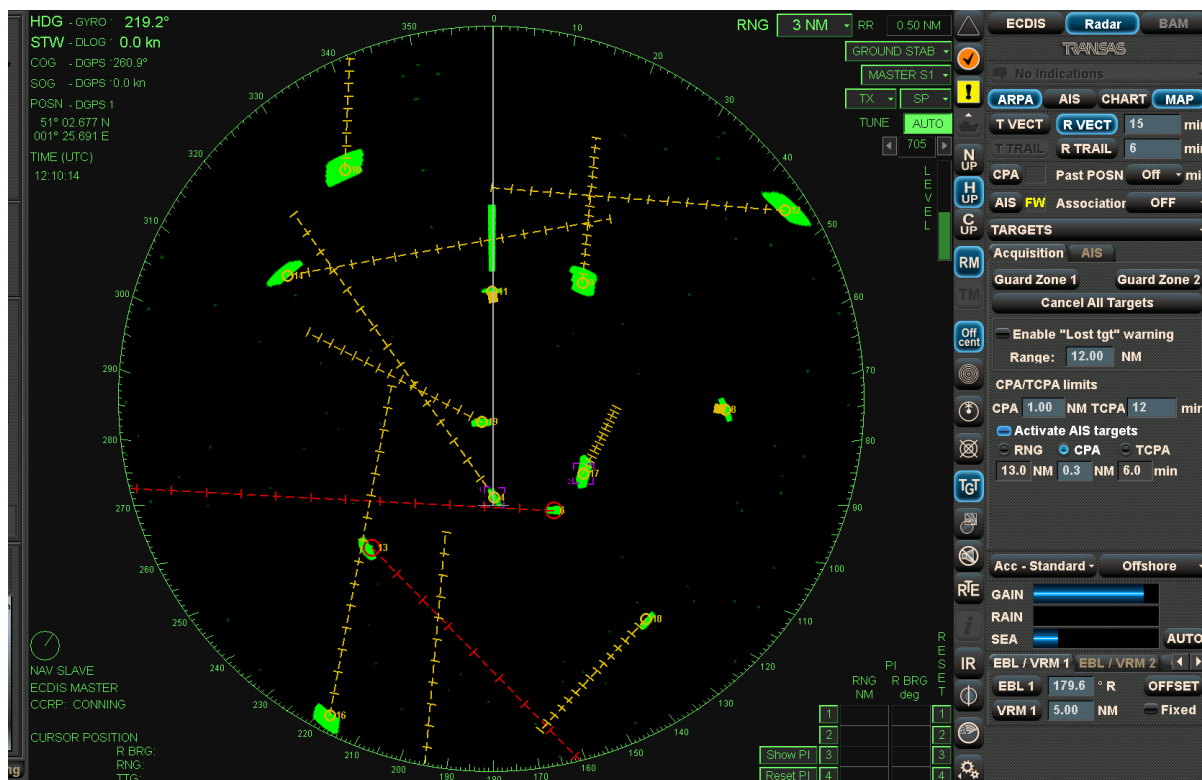


Slika 8. Prikaz jednog objekta na radaru, true motion

Na slici se nalazi radarski prikaz u true motion modu, što znači da se naš brod pomiče po ekranu dok su fiksni objekti poput kopna nepomični. U true motion prikazu, gibanje brodova i objekata prikazano je u stvarnom prostoru. Na slici je jedan brod s pravim vektorima koji pokazuju njegovo kretanje. CPA, najmanja udaljenost mimoilaženja iznosi 0.43 NM, što znači da je to najmanja udaljenost do koje će drugi brod doći u odnosu na naš brod ako oba nastave svojim trenutačnim kursovima i brzinama. TCPA (Time to Closest Point of Approach) iznosi 9 minuta i 34 sekunde, što označava vrijeme koje će proteći do trenutka kada će brodovi biti na toj najbližoj udaljenosti.

Prednosti true motiona:

- Stvarni prikaz kretanja – True motion prikazuje stvarno kretanje svih objekata u prostoru, uključujući naš brod. Ovo može biti korisno za razumijevanje ukupne situacije i planiranje manevra
- Jasna situacijska svijest – Pomaže navigatorima da bolje vizualiziraju stvarne položaje i smjerove kretanja brodova u odnosu na fiksne reference (npr. plutače, obalu)



Slika 9. Prikaz više objekata na radaru, relative motion

Kada se na radarskom zaslonu pojavi veliki broj meta, važno je uspostaviti prioritete kako bi se efikasno upravljalo situacijom i osigurala sigurnost plovidbe. Prioriteti određivanja meta na radaru ovise o nekoliko ključnih faktora:

- **Blizina:** Brodovi s manjim CPA i kraćim TCPA općenito imaju prioritet jer predstavljaju neposredniju opasnost od sudara te zbog potrebe za izbjegavanjem sudara i održavanjem sigurne udaljenosti.
- **Velika brzina ili promjena brzine:** Mete koje se kreću većom relativnom brzinom ili naglo mijenjaju brzinu te im se kurs konvergira s kursom našega broda mogu predstavljati veći rizik od sudara te bi stoga trebale biti u fokusu nadzora i praćenja.
- **Plovila s ograničenom sposobnošću manevriranja:** Ova kategorija uključuje plovila kao što su tegljači, koji mogu imati poteškoća u izbjegavanju sudara zbog svoje uloge u potpori drugim brodovima.

U konačnici, prioriteti se često postavljaju dinamički ovisno o trenutnim uvjetima i specifičnostima situacije na moru. Integrirani navigacijski sustavi, pružaju operaterima alate

za brzo prepoznavanje i označavanje prioriteta, što omogućuje efikasno upravljanje prometom i minimiziranje rizika od sudara na moru.

4. Integracija ARPA s drugim sustavima

4.1. Integrirani navigacijski sustav načela

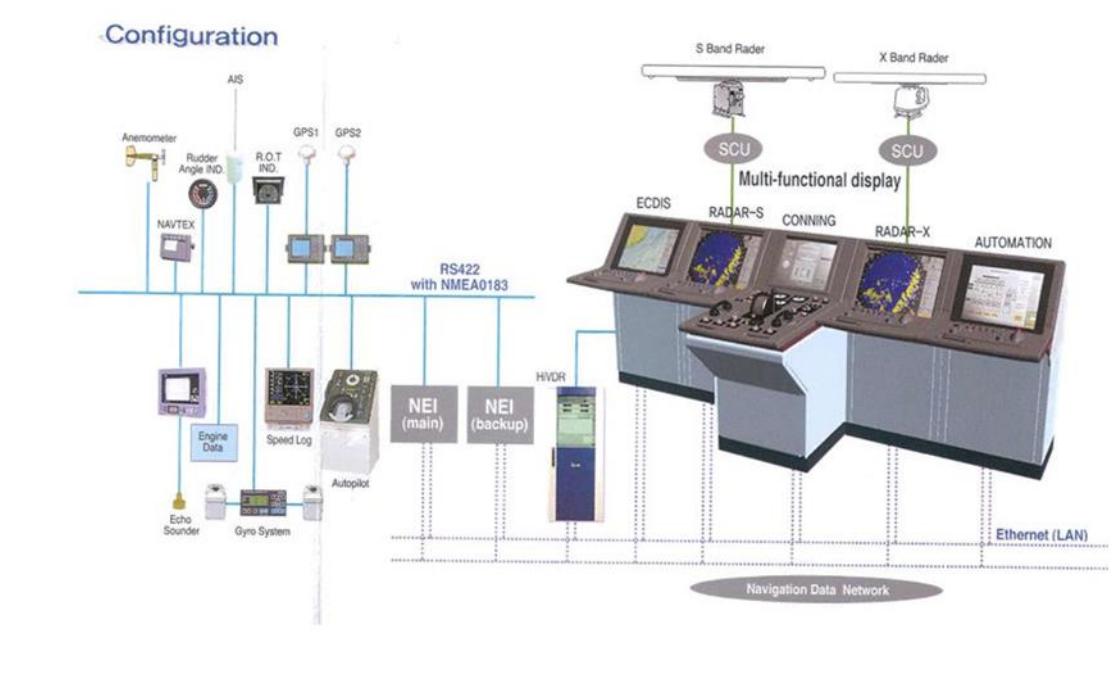
Kako bi se povećala sigurnost plovidbe i umanjilo radno opterećenje časnika straže, pojavila se potreba integracije brodskih navigacijskih instrumenata, uređaja i sustava u jedinstveni navigacijski sustav. Ova integracija olakšava kohezivni nadzor i praćenje različitih sustava iz jednog operatorskog sučelja, dopuštajući potencijalnu intervenciju u radu uključenih sustava. Postoje različite iteracije integriranih navigacijskih sustava, prilagođene različitim brojevima i namjenama povezanih uređaja i sustava. Unatoč tome, temeljni cilj svakog integriranog navigacijskog sustava ostaje dosljedan: prikazati sve relevantne podatke i funkcionalnosti potrebne za navigacijsko navođenje na radnoj stanici. Integrirani navigacijski sustavi imaju zadatak omogućiti navigacijske aktivnosti kao što su planiranje rute, praćenje rute, izbjegavanje sudara, prikaz navigacijskog statusa broda te upravljanje navigacijskim podacima i alarmima. [2]

Tablica 2. Minimalne IMO opskrbe za radar i plotiranje za nove brodove

Veličina plovila	Radar	Plotiranje	Promjer zaslona
300-499 BRT (svi putnički brodovi ispod 300 BRT)	1 X-band	Reducirana ARPA	180 mm
500-2999 BRT	1 X-band	Reducirana ARPA	250 mm
3000-9999 BRT	1 X-band i 1 S ili X-band	Reducirana ARPA	250 mm
10000+ BRT	1 X-band i 1 S ili X-band	1 ARPA i 1 reducirana ARPA	320 mm

Integrirani navigacijski sustav je elektronička postavka dizajnirana za usmjeravanje podataka za navigatora te ga oslobađa ga „nepotrebnih podataka“, odabirom, praćenjem, analizom i predstavljanjem najrelevantnijih informacija za danu situaciju. Ova sposobnost tog sustava omogućuje časnicima na straži da održe povećanu svijest o situaciji i pravovremeno, pravodobno izvode manevre. Automatizacija unutar ovih sustava doprinosi uštedi goriva i u prosjeku smanjenom vremenu plovidbe. U takve sklopove spadaju i uređaji za automatizirano upravljanje pogonskim postrojenjem. Središnja komponenta ovog sustava je specijalizirano središnje računalo smješteno na mostu, a zaduženo je za obradu prikupljenih podataka. [2]

INTEGRATED NAVIGATION SYSTEMS

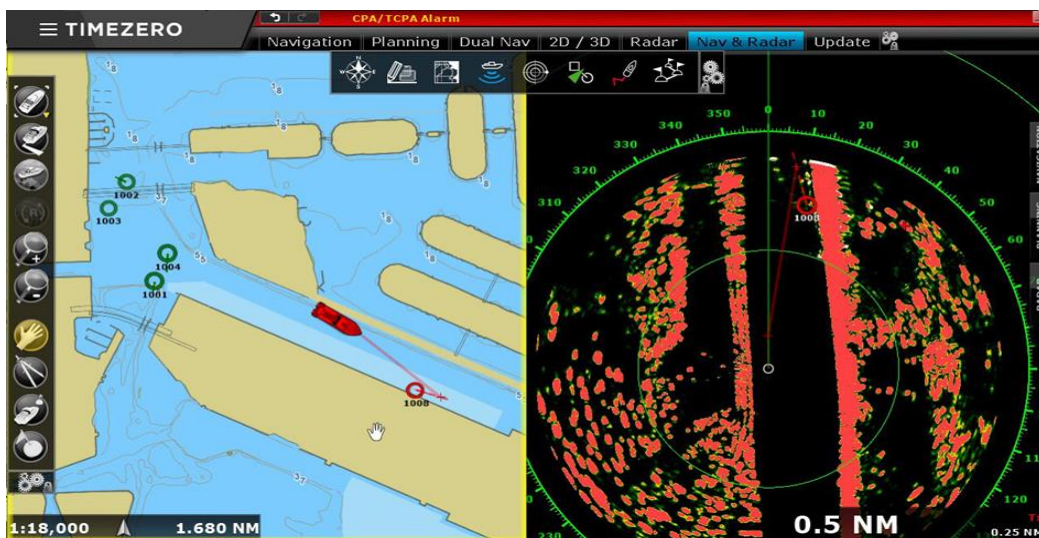


Slika 10. Prikaz integriranog navigacijskog sustava

4.2. Integracija ARPE i AISa

Integracija ARPA uređaja i AIS sustava omogućuje povećanu efikasnost i točnost praćenja plovila u blizini. Kombinacija podataka o kretanju brodova dobivenih putem ARPA radara s informacijama o identifikaciji i položaju plovila putem AISa omogućuje cjelovitiju sliku okoline i potencijalnih opasnosti. Na primjer, ARPA može koristiti podatke dobivene putem AIS-a kako bi identificirao plovila u blizini i pratio njihovo kretanje, omogućavajući brže i preciznije reakcije na potencijalne opasnosti ili sudare. Također, informacije dobivene putem

AIS-a mogu se koristiti za potvrdu ili ažuriranje podataka o identifikaciji plovila koje se prate putem ARPA radara. Povezivanjem ARPE s AIS-om, znatno je olakšan zadatak časniku navigacijske straže u praćenju okolnih aktivnosti i omogućena je mnogo sigurnija plovidba, što predstavlja primarni cilj integriranog navigacijskog sustava. Iako oba uređaja imaju svoje nedostatke, njihovo idealno uparivanje osigurava uzajamno poboljšanje. Kada je integriran s radarom, AIS osigurava neprekidnu pokrivenost, čak i u situacijama kada su radarske slike oslabljene zbog smetnji. AIS omogućuje otkrivanje objekata unutar radarskih sjena, tj. onih koji su skriveni iza različitih prepreka. Nadalje, iako radar primarno prikazuje podatke o položaju i kretanju objekata, sustav AIS može pružiti dodatne informacije kao što su podaci pomorskih agencija, informacije o luci, lokacije sidrenja i vremenske izvještaje, koji nisu integrirani u radarski prikaz, ali se često koriste u kombinaciji s radarom za poboljšanje svijesti o situaciji. Ipak, efikasnost INSa i njegovih ugrađenih uređaja uglavnom ovisi o operateru, odnosno ljudskoj intervenciji. Časnik određuje korisnost uređaja, pri čemu rukovanje AIS-om služi kao ključan primjer. Informacije o vlastitom plovilu, uključujući jedinstveni deveteroznamenasti identifikacijski broj pomorske mobilne usluge (MMSI), ime i vrstu plovila te status plovidbe, mogu se dijeliti s drugim brodovima. Nadalje, časnik može unijeti detalje kao što su gaz plovila, podaci o opasnom teretu i druge relevantne informacije koje su ključne za one koji su odgovorni za plovidbu susjednim plovilima. U konačnici, integracija ARPA uređaja i AIS sustava pruža kompleksan i sveobuhvatan pristup nadzoru i sigurnosti plovidbe, omogućujući plovilima da učinkovitije komuniciraju i surađuju na moru, smanjujući rizik od nesreća i poboljšavajući sigurnost svih sudionika u pomorskom prometu [URL 2]



Slika 11. Prikaz objekata AISa i ARPE

5. Zaključak

ARPA sustav, kao važna komponenta moderne pomorske navigacije, predstavlja značajan tehnološki iskorak u sigurnosti i efikasnosti plovidbe. Integracija radara s automatskim pomagalom za plotiranje omogućuje pomorcima preciznije i brže donošenje navigacijskih odluka, smanjujući rizik od sudara i poboljšavajući ukupnu situacijsku svijest. Kroz detaljno istraživanje povijesnog razvoja, tehničkih karakteristika i operativnih načela ARPA sustava, ovaj završni rad pruža sveobuhvatan uvid u načine na koje ova tehnologija transformira pomorsku navigaciju.

Suvremena primjena ARPA sustava pokazuje kako napredni algoritmi i automatizirani procesi mogu značajno olakšati rad navigacijskih časnika, omogućujući im fokus na kritične aspekte plovidbe. Posebno je značajna integracija ARPA s drugim sustavima, poput AIS-a, koja dodatno poboljšava točnost i sveobuhvatnost praćenja plovila. Tehnološka evolucija od prvih radara do današnjih visokotehnoških implementacija ARPA sustava svjedoči o kontinuiranom napretku u pomorskoj industriji.

Nadalje, važnost pravilne obuke operatera i razumijevanja tehničkih aspekata rada ARPA sustava ne može se dovoljno naglasiti. Kvalitetna obuka i edukacija osiguravaju maksimalno iskorištavanje potencijala ARPA sustava, što je ključno za održavanje visokih standarda sigurnosti na moru.

Zaključno, ARPA sustav, uz stalnu podršku novih tehnologija i integracija, nastavit će igrati ključnu ulogu u pomorskoj navigaciji. Njegov daljnji razvoj i implementacija osigurat će da brodovi plove sigurnije, učinkovitije i s većom preciznošću, postavljajući nove standarde u industriji. Ovaj rad doprinosi razumijevanju tih sustava, njihovom značaju i potencijalu za buduće inovacije u pomorskoj tehnologiji.

Popis literature

- [1] Bole, A.G. and Dinely W.O.; Radar and ARPA manual, Third Edition, 2014.
- [2] Simović, A.T.: Elektronička navigacija, Element, Zagreb 2000.
- [3] United States National Geospatial Intelligence Agency Publication 1310, The Radar Navigation and Maneuvering Board Manual, Chapter 5.
- [4] Y. Shijun, C. Jinbiao, and S. Chaojian, „A data fusion algorithm for marine radar tracking“ in 2009 WRI Global Congress on Intelligent Systems
- [5] D. Yulian, R. Hidayat, H. A. Nugroho, A. A. Lestari, and F. Prasaja, „Automated ship detection with image enhancement and feature extraction in fmcw marine radars“
- [6] Lazarowska, Agnieszka. "Review of Collision Avoidance and Path Planning Methods for Ships Utilizing Radar Remote Sensing." *Remote Sensing* 13 (2021): 3265.
<https://doi.org/10.3390/rs13163265>
- [7] Skolnik, Merrill I. Introduction to Radar Systems. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [8] Gamal H. Elsaed, 'Effect of Cross Water Currents on Ships: The State of Art Review,' *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7.11 (Sep. 2013), pp. 238–246.

Internetski izvori:

- [URL 1]: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Radar
- [URL 2]: farsounder.com/blog/ais-and-arpa-overlays-adding-situational-awareness-to-sonar-data
- [URL 3]: [sciencedirect.com/topics/engineering/false-echo](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/false-echo)
- [URL 4]: praxis-automation.eu/uploads/default_site/files/brochures/504.14_INS.pdf
- [URL 5]: <https://www.manualslib.com/manual/835452/Jrc-Jma-5312-6.html?page=254>
- [URL 6]: <http://thenauticalsite.in/NauticalNotes/ARPA/MyARPA-Lesson03-TrialMan.htm>
- [URL 7]: https://ccga-pacific.org/files/library/Ch._5-ARPA.pdf
- [URL 8]: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_radar_plotting_aid
- [URL 9:]

Popis slika

Slika 1. Smetnje i pravi objekt.....	4
Slika 2. Relativni vektor.....	14
Slika 3. Pravi vektor.....	15
Slika 4. Kretanje broda prilikom prolaska kroz zonu pod utjecajem poprečnih struja.....	16
Slika 5. Statički prikaz probnog manevra.....	18
Slika 6. Prikaz zone nadzora (guard zone).....	19
Slika 7. Prikaz jednog objekta na radaru, relative motion.....	20
Slika 8. Prikaz jednog objekta na radaru, true motion.....	21
Slika 9. Prikaz više objekata na radaru, relative motion.....	22
Slika 10. Prikaz integriranog navigacijskog sustava.....	24
Slika 11. Prikaz objekata AISa i ARPE.....	25

Popis Tablica

Tablica 1. Preciznost praćenja meta (95% vjerojatnosti).....	13
Tablica 2. Minimalne IMO opskrbe za radar i plotiranje za nove brodove.....	23

Sažetak

Rad istražuje ključnu ulogu radarske tehnologije u modernoj pomorskoj navigaciji, posebno se fokusirajući na sustav za automatsku radarsku pomoć (ARPA) i njegovu integraciju s radarom. Radar služi kao ključni alat za otkrivanje i praćenje objekata na moru, oslanjajući se na elektromagnetsko zračenje i principe refleksije signala. Djeluje emitiranjem radiovalova putem antene, koji se zatim odbijaju od objekata i vraćaju kao odjeci, omogućujući radarskom sustavu da odredi položaj, udaljenost i kretanje plovila. Evolucija radarske tehnologije, poboljšana napretkom u računalstvu tijekom 1970-ih i 1980-ih, dovela je do razvoja ARPA-e.

Ovaj računalno potpomognuti sustav obrađuje radarske podatke kako bi predvidio kretanje plovila, značajno poboljšavajući sigurnost i učinkovitost plovidbe. Međunarodna pomorska organizacija (IMO) nalaže korištenje ARPA sustava za poboljšanje sposobnosti izbjegavanja sudara i smanjenje radnog opterećenja osoblja na mostu. Integracija ARPA-e s drugim navigacijskim sustavima poput sustava za automatsku identifikaciju (AIS) dodatno poboljšava svijest o situaciji. AIS pruža dodatnu identifikaciju plovila i podatke o položaju, nadopunjujući ARPA-ino praćenje temeljeno na radaru. Zajedno olakšavaju sveobuhvatno praćenje pomorskog prometa, poboljšavajući donošenje odluka i smanjujući rizik od sudara.

Učinkovitost ARPA sustava uvelike ovisi o snazi radarskog odjeka, utjecaju na domet detekcije, pouzdanost identifikacije cilja, točnost praćenja i upravljanje smetnjama. Veće jačine odjeka poboljšavaju mogućnosti detekcije, pomažući u jasnijoj identifikaciji mete u složenim okruženjima i doprinoseći boljim strategijama izbjegavanja sudara. Rasprava se proteže na tehnologije zaslona koje se koriste u radarskim sustavima, od tradicionalnih CRT zaslona do modernih LCD i potencijalno OLED zaslona. Ovaj napredak u tehnologiji zaslona ima za cilj poboljšati vidljivost, čitljivost i operativnu učinkovitost u različitim uvjetima okoline. Sve u svemu, integracija ARPA-e s radarskom tehnologijom predstavlja značajan napredak u pomorskoj navigaciji, nudeći poboljšane sigurnosne mjere i operativnu učinkovitost. Buduća bi istraživanja mogla istražiti daljnji napredak u tehnologijama radara i zaslona kako bi se kontinuirano poboljšavale sposobnosti i pouzdanost navigacijskih sustava na moru.

Ključne riječi: Navigacijski radar, ARPA, izbjegavanje sudara

Summary

The paper explores the pivotal role of radar technology in modern maritime navigation, particularly focusing on the Automatic Radar Plotting Aid (ARPA) system and its integration with radar. Radar serves as a critical tool for detecting and tracking objects at sea, relying on electromagnetic radiation and signal reflection principles. It operates by emitting radio waves via an antenna, which then bounce off objects and return as echoes, allowing the radar system to determine the position, distance, and movement of vessels. The evolution of radar technology, enhanced by advancements in computing during the 1970s and 1980s, led to the development of ARPA. This computer-assisted system processes radar data to predict the movement of vessels, significantly improving navigational safety and efficiency.

The International Maritime Organization (IMO) mandates the use of ARPA systems to enhance collision avoidance capabilities and reduce the workload on bridge personnel. The integration of ARPA with other navigation systems like Automatic Identification System (AIS) further enhances situational awareness. AIS provides additional vessel identification and positional data, complementing ARPA's radar-based tracking. Together, they facilitate comprehensive monitoring of maritime traffic, improving decision-making and reducing collision risks.

The effectiveness of ARPA systems heavily relies on radar echo strength, influencing detection range, target identification reliability, tracking accuracy, and interference management. Higher echo strengths improve detection capabilities, aiding in clearer target identification amidst complex environments and contributing to better collision avoidance strategies.

The discussion extends to the display technologies used in radar systems, from traditional CRT displays to modern LCD and potentially OLED screens. These advancements in display technology aim to enhance visibility, readability, and operational effectiveness under varying environmental conditions. Overall, the integration of ARPA with radar technology represents a significant advancement in maritime navigation, offering enhanced safety measures and operational efficiencies. Future research could explore further advancements in radar and display technologies to continually improve navigation systems' capabilities and reliability at sea.

Keywords: Navigational radar, ARPA, collision avoidance