

Integrirani navigacijski sustavi na brodu

Brzoja, Mateo

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:162:573786>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Sveučilište u Zadru
Pomorski odjel - Nautički odsjek



Završni rad

Integrirani navigacijski sustav

Mateo Brzoja

Zadar, 2023.

Sveučilište u Zadru

Pomorski odjel - Nautički odsjek

Preddiplomski sveučilišni studij nautike i tehnologije pomorskog prometa

(jednopredmetni - izvanredni)

Završni rad iz predmeta: Elektronička navigacija

Integrirani navigacijski sustav

Student:
Mateo Brzoja
Broj indeksa:
0268036458

Mentor:
izv. prof. dr. sc. Mate Barić
Komentor:
doc.dr.sc.Ivan Toman

Zadar, 2023.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Mateo Brzoja**, ovime izjavljujem da je moj **završni rad** pod naslovom **Integrirani navigacijski sustav** rezultat mojega vlastitog 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 iskorišten 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, 19. prosinac. 2023

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. DIGITALNA NAVIGACIJA	3
2.1 Modernizacija pomorske plovidbe	3
2.1. Digitalni navigacijski sustav	4
2.2. Temeljne zadaće pri plovidbi	5
2.2.1. Navigacija.....	5
2.2.2. Izbjegavanje sudara	6
2.2.3. Upravljanje brodom.....	6
3. INTEGRIRANI NAVIGACIJSKI SUSTAV	7
3.1. Temeljne značajke o integriranim navigacijskim sustavima.....	7
3.2. Komponente sustava	8
3.2.1. Računalo, procesor i mreža	8
3.2.2. Elektronička karta	11
3.2.3. Stanica za planiranje plovidbe.....	15
3.2.4. Sustav nadzora.....	15
3.2.5. Radar	16
4. BUDUĆNOST INTEGRIRANOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA	18
4.1. Temeljne prednosti i nedostaci uvođenja autonomije na brodu.....	18
4.2. Područje kibernetičkog sustava zaštite.....	21
5. ZAKLJUČAK	22
POPIS SLIKA	27
SAŽETAK.....	28
SUMMARY	28

1. UVOD

Tematika ovog rada odnosi se na integrirane navigacijske sustave na brodu. Naime, svaki pojedini časnik plovidbene straže ima tri temeljne dužnosti, a to je vođenje navigacije, izbjegavanje sudara kao ujedno i opasnih situacija i upravljanje brodom. U toj komponenti, integrirani navigacijski sustavi igraju ključnu ulogu. Ti elementi obuhvaćaju različite kombinacije putem integracije navigacijske opreme s drugim softverskim paketima koji su dizajnirani za usklađivanje svih potrebnih navigacijskih parametara. Temeljni cilj ovog rada je prikazati što su to integrirani navigacijski sustavi i njihovu ulogu, temeljne komponente, kao i budućnost razvoja integriranih navigacijskih sustava.

Teorijski dio istraživanja se temelji na relevantnoj stručnoj i znanstvenoj literaturi koja je dostupna u tiskanom i digitalnom obliku. Prilikom izrade ovog rada, analizirane su relevantne znanstvene studije, stručna literatura te drugi sekundarni izvori iz ovog područja kako bi se obogatio teorijski okvir istraživanja. Također, za identifikaciju primjenjivih istraživanja u ovom području koristit ćemo sve dostupne javne internetske izvore. Metode koje su korištene prilikom razrade teoretskog dijela uključuju sintezu i analizu, usporedbu, klasifikaciju, indukciju i dedukciju, kao i deskriptivnu metodu.

Od navedenih metoda ističe se induktivna metoda kao ključna, koja koristi pojedinačne činjenice i saznanja iz znanstvene literature kako bi oblikovala zaključke. S druge strane, deduktivna metoda se koristi za objašnjavanje već postojećih činjenica, ali isto tako i za otkrivanje novih činjenica.

Rad obuhvaća ukupno pet dijelova. U početnom dijelu, fokus je stavljen na prikaz predmeta i ciljeva istraživanja, strukturu rada te metode koje su korištene za izradu samog teksta. Drugo poglavlje odnosi se na digitalnu navigaciju. Unutar ovog poglavlja obrađuje se pitanje digitalne navigacije i modernizacije plovidbe, odnosno digitalnog navigacijskog sustava te temeljnim zadaćama navigacije koje su svakako izbjegavanje sudara i upravljanje brodom. Treće poglavlje odnosi se konkretno na integrirani navigacijski sustav. Unutar navedenog poglavlja najprije se prikazuju temeljne značajke o integriranom navigacijskom sustavu, a potom i same komponente sustava kao što su računalo, procesor, mreža, elektronička karta, stanica za planiranje plovidbe, sustav nadzora i radar. Četvrto poglavlje prikazuje budućnost integriranog navigacijskog sustava s naglaskom na temeljne prednosti i nedostatke koji se odnose na

uvođenje autonomije na brodu i područje kibernetičkog sustava zaštite. Na kraju rada nalazi se zaključak.

2. DIGITALNA NAVIGACIJA

Proces informatizacije i unaprjeđenja rada sustava predstavlja proces kojim se stvaraju najbolje prilike za unaprjeđenja i poboljšanja cjelokupnog sustava. Kada se promatra slučaj navigacijskih sustava uočava se kako navedeni olakšava plovību članovima posade brodova, neovisno radi li se o sigurnosti plovidbe, odnosno radi li se o samom praktičnom radu. Promatrajući stoga digitalizaciju sustava navedena se promatra u okviru sasvim uobičajene pojave na plovilima. To bi također impliciralo da se tradicionalne papirnate karte i sva sredstva u obliku papira ili dokumenti transformiraju u elektroničke oblike (Sonnenberg, 1988).

Svjetska pomorska organizacija IMO (2018) godine uvodi pojam „e-navigacije”, dok se neki autori referiraju na pojam „digitalne navigacije” kojim opisuju koncept infrastrukture namijenjene za tok, razmjenu i analizu digitalnih informacija među navigacijskim uređajima, te prezentaciju istih posadi broda putem audiovizualnih uređaja na zapovjedničkom mostu (Oruc, A., Gkioulos, V., Katsikas, S. (2022).

2.1 Modernizacija pomorske plovidbe

Tehnički napredak tijekom posljednjih desetljeća omogućio je osuvremenjivanje i pomorske industrije. Prema Appleyardu i sur. (1997.) korištena su tradicionalno različita navigacijska pomagala i uređaji za određivanje položaja broda i druge temeljne aspekte vođenja navigacije, te su s vremenom usavršavani ili zamijenjeni suvremenijim uređajima. Većina navigacijskih uređaja tijekom desetljeća razvoja danas je u elektroničkom obliku (Appleyard, Linford, & Yarwood, 1997). Pri planiranju putovanja, nautičke karte su izuzetno važne za sigurnu plovidbu brodova i stoga je bitno redovito ih osvježavati kako bi se osigurala sigurna plovidba. One su neophodni alat za uspješnu navigaciju broda, te omogućuju samom brodu da isplovi iz luke prema određenoj ruti. Uočava se kako su mnogi navigacijski zadaci prije moderne ere pomorstva bili obavljani ručno. Primjerice sekstant ili pak smjerna ploča koji su se prije smatrali nužno potrebnim alatom za dobivanje svih potrebnih informacija na temelju s pomoću kojih bi se ucrtavale koordinate broda na papirnu kartu, danas su postali vrlo rijetko korišteni uređaji. Danas se ti elementi češće percipiraju kao neka vrsta "ukrasa" na brodu, umjesto da imaju konkretnu primjenu u praksi. Također se ističe da su elektroničke karte zamijenile tradicionalne papirnate karte. Uvođenjem informacijskog sustava za prikaz elektroničkih karata, potreba za

papirnim kartama je najprije potpuno reducirana, a danas se one uopće više ne nalaze na brodovima koji udovoljavaju SOLAS zahtjevima. (Perera, 2020).

Osim uvođenja elektroničkih karata, sličan trend proboja upotrebe elektroničkih uređaja u temeljne navigacijske poslove primjetan je na cijelom navigacijskom mostu. Primjerice, radar se počeo koristiti od tridesetih godina dvadesetog stoljeća i tokom vremena je prošao kroz mnoga unapređenja, što mu je omogućilo da opstane na brodu sve do danas (Identification of marine emergency response of electronic navigation operator, 2021). Dapače, današnja navigacija bez upotrebe modernih radarskih sustava je praktično nemoguća.

Putem kontinuiranog procesa ulaganja u područje istraživanja jasno je kako su nove tehnologije tijekom vremena pokazale kako predstavljaju vrlo uspješnu investiciju koja u konačnici rezultira ujedno i daleko boljom sigurnosti na samom brodu, odnosno povećanjem sigurnosti same plovidbe. Na ovaj način dolazi i do smanjenja nezgoda koje su kao takve uzrokovane upravo ljudskim faktorom. Što se tiče sigurnosti isto tako na značajan način došlo je do poboljšavanja svih uvjeta plovidbe koji su se na umnogome promijenili na bolje. Putem uvođenja digitalizacije jednako tako došlo je do pružanja boljeg komunikacijskog pristupa kopnu s broda i brodu s kopna i to u bilo kojem trenutku. Suvremeni elektronički uređaji olakšavaju komunikaciju između posade na brodu i obale, a također i tzv. bridge-to-bridge komunikaciju između brodova (Brčić & Žuškin, 2018).

Nakon formalnog odobrenja ECDIS (engl. *Electronic Chart Display and Information System*) sustava, proces implementacije započeo je u godini 2012. U vremenskom periodu od sljedećih šest godina, sustav je prije svega napredovao uslijed svog koncepta čime je omogućena integracija daleko većeg broja elemenata s prikazom različitih operativnih poboljšanja. Riječ je o trenutačno primarnom navigacijskom sredstvu. Zbog postojanja mogućnosti kvara (hardverskog ili softverskog), zahtijeva se implementacija sigurnosne kopije ECDIS sustava, kako bi se plovilu omogućilo da nastavi navigaciju i u slučaju takvih neočekivanih situacija (Weinrit, 2009).

2.1. Digitalni navigacijski sustav

Već je do sada naglašeno kako su upravo navigacijski sustavi oni koji se smatraju temeljnim sastavnim dijelom oprema na brodu koja pomaže pomorcima u navigaciji, time doprinosi

visokoj razini sigurnosti plovidbe i olakšava donošenje pravodobnih odluka. Naglašava se nadalje, kako digitalni navigacijski sustavi kao takvi nose veliku prednost pred tradicionalnim aspektima navigacije. Prednost kao takva se ponajviše očituje u području međusobne povezanosti između sustava. To znači da su integrirani sustavi oni koji omogućuju pohranjivanje, analiziranje i razmjenu informacija među pojedinim uređajima i to tako da korisniku omoguće daleko preciznije informacije i daleko brži pristup navedenim informacijama (Saini, 2023).

U tom okviru, integrirani navigacijski most predstavlja kombinaciju međusobno povezanih sustava s ciljem stvaranja centraliziranog pristupa informacijama senzora i kontroli vezanoj uz planiranje, izvođenje i nadzor plovidbe. Isto tako naglašava se kako ovaj sustav može biti dio IBS (engl. *integrated bridge system*) sustava ili pak može biti samostalan. Integrirani navigacijski sustav stoga je primjer sustava koji je osmišljen kako bi osigurao poboljšanje ukupne sigurnosti plovidbe putem integriranje cjelokupnog nadzora rute, izbjegavanjem sudara i ujedno tako kontrolom navigacije (Saini, 2023).

2.2. Temeljne zadaće pri plovidbi

Tri temeljne dužnosti časnika plovidbene straže koje se mogu istaknuti su :

- navigacija,
- izbjegavanje sudara te opasnih situacija
- upravljanje brodom (Weintrit, 2009).

Riječ je o tri stavke koje su sve usko povezane s navigacijskim sustavom, odnosno integriranim informacijskim sustavima modernog broda.

2.2.1. Navigacija

Promatrajući s područja navigacije, opisuje se da su časnici na straži ti koji primaju različite navigacijske informacije i podatke važne za provođenje sigurne plovidbe iz raznolikih izvora.

Oni su ti koji precizno određuju stvaran položaj broda koristeći sve dostupne satelitske sustave, mjere pramčane kutove, azimute kao i udaljenosti pomoću radara kao i drugih uređaja i ucrtavaju ih na navigacijske karte. Tim postupcima časnici provjeravaju nalazi li se brod na sigurnoj, unaprijed isplaniranoj navigacijskoj ruti. Također, planiraju daljnji tijek plovidbe s ciljem izbjegavanja eventualnih neizvjesnosti i neželjenih situacija koje mogu posredno ili neposredno ugroziti brod, teret, posadu ili putnike (Weinrit, 2009).

Iz toga slijedi kako je provjera sigurnosti zapravo najvažnija faza plovidbe. Proces sigurnog planiranja i realizacije plovidbe stoga predstavlja funkciju koja zahtijeva iskustvo operatera te prikaza elemenata plovidbe na navigacijskoj karti. Navedena funkcija ujedno zahtjeva potreban stupanj preciznosti navigacijskih instrumenata i točnosti pri samom ucrtavanju na kartu (Kuwata, Wolf, Zarzhitsky, & Huntberger, 2011). Moderni navigacijski uređaji značajno doprinose ovom aspektu točnosti, čime se osigurava sigurnija navigacija.

2.2.2. Izbjegavanje sudara

Kada se radi o izbjegavanju sudara tumači se kako u slučaju rizika od sudara časnik je onaj koji mora procijeniti situaciju i ujedno izračunati najmanju udaljenost mimoilaženja za brodove koji se nalaze u neposrednoj blizini. Ako postoji prijetnja približavanja opasnoj blizini, časnik je dužan izvesti manevre u skladu s Međunarodnim pravilima izbjegavanja sudara na moru. (Kuwata, Wolf, Zarzhitsky, & Huntberger, 2011). Moderni navigacijski radar u sprezi s ARPA računalom te podacima s AIS (engl. **Automatic Identification System**) sustava, umnogome olakšava ove zadatke, pružajući konstantan izračun svih relevantnih protusudarnih podataka za sva plovila koja se nalaze u blizini broda.

2.2.3. Upravljanje brodom

Ističe se da je obveza časnika plovidbene straže neprestano pratiti funkcioniranje svih brodskih sustava. U tom kontekstu, časnici su odgovorni za nadzor signala i aktivnosti članova plovidbene straže, kao i praćenje svih ostalih rutinskih aktivnosti tijekom plovidbe i navigacije. Tumači se kako je integrirani sustav navigacije konkretno dizajniran s temeljnom svrhom skraćivanja vremena koje je potrebno kako bi se u potpunosti mogla sagledati navigacijska situacija, odnosno kako bi se moglo odustati u izvjesnom vremenu od individualnom prikupljanju navigacijskih informacija na jednom pokazivaču (Zhang, Zou, & Deng, 2017).

Upravo na ovaj način se navigacijska situacija sagledava se daleko brže i točnije. Zahvaljujući efikasnosti u prikupljanju navigacijskih podataka, časnik straže može sada posvetiti više pažnje praćenju izbjegavanja sudara i upravljanju brodskim sustavima (Gloves, 2015).

3. INTEGRIRANI NAVIGACIJSKI SUSTAV

Integrirani navigacijski sustavi mogu se predstaviti kao jedan poseban niz međusobno usko povezanih skupina različitih uređaja koji zapravo pružaju mogućnost centraliziranog pristupa informacijama koje se odnose konkretno na navigaciju, pogon, osiguranje kontrole i samog nadzora sustava. Unutar ovog poglavlja predstaviti će se temeljne komponente integriranog navigacijskog sustava.

3.1. Temeljne značajke o integriranim navigacijskim sustavima

Sustav integrirane navigacije predstavlja sustav mosta za zapovijedanje i upravljanje. Sustav treba biti konfiguriran tako da eventualni kvar jednog od podsustava trenutačno signalizira nadležnom časniku putem zvučnog alarma i svjetlosnih obavijesti. U vezi s navedenom stavkom naglašava se kako navedeno nikako ne smije utjecati na rad drugih sustava. Ukoliko se javi kvar u jednom dijelu integriranog navigacijskog sustava mora postojati mogućnost upravljanja svim drugim pojedinačnim uređajima ili pak dijelom sustava na odvojen način (Moxa, 2023). Ovaj sustav integrirane navigacije na zapovjedničkom mostu sastoji se od sljedećih komponenata:

- Automatski upravljački sustav (autopilot),
- dvostrukog radara,
- sustava namijenjenog za automatsko pozicioniranje,
- ECDIS sustava,
- sustava namijenjenog za distribuciju i za kontrolu napajanja,
- upravljačkog uređaja i
- GMDSS-a (engl. *Global Maritime Distress and Safety System*) (Integrated Navigation Systems, 2020).

U nastavku rada donosi se detaljniji prikaz pojedinih komponenti sustava.

3.2. Komponente sustava

Već je istaknuto kako izraz integriranog navigacijskog sustava predstavlja mogućnost kombiniranja, tj. povezivanja navigacijske opreme i programskih paketa koji su napravljeni kako bi se mogli uskladiti svi potrebni parametri navigacije, tvoreći pritom jednu kompleksnu cjelinu. Moguće je opisati kako integrirani navigacijski sustav usklađuje sve dostupne navigacijske resurse na brodu, stvarajući tako jedinstvenu i koherentnu cjelinu. U nastavku će se objasniti temeljne komponente sustava (Zhou, Weidong, & Hou, 2017).

3.2.1. Računalo, procesor i mreža

Potpuna integracija navigacijskih uređaja na zapovjedničkom mostu, omogućuje efektivno nadziranje svih segmenata koji su potrebni za ostvarivanje uspješnog planiranja i izvođenja cjelokupnog putovanja broda, uključujući automatski nadzor nad raznim aspektima sustava u kontekstu postavljenih sigurnosnih parametara. (Integrated Navigation Systems, 2020). Zapovjednički most se stoga prostorno promatra kao sustav koji je podijeljen na tri temeljna dijela:

- Primarno područje predviđeno za navigaciju i upravljanje brodom,
- Dio opremljen kartama i publikacijama za planiranje putovanja
- Područje namijenjeno radijskoj opremi i komunikaciji (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Što se tiče centralnih kontrola i upravljačkih konzola na samom brodu, one se konkretno nalaze na prednjem dijelu mosta i kao takva mora sadržavati određenu opremu. Ovdje se prvenstveno kod glavne upravljačke ploče misli na stol s pripadajućim kartama/ECDIS, radare, brodske komunikacijske telefone, nadzorne jedinice, VHF (engl. *Very High Frequency*) radio jedinice i drugu radio opremu, itd. Upravljačka konzola obuhvaća uređaj za upravljanje kormilom broda, ponavljač žiro kompasa i magnetski kompas (Integrated Navigation Systems, 2020).



Slika 1. Integrirani navigacijski sustav – zapovjednički most

Izvor: [https://1.bp.blogspot.com/-](https://1.bp.blogspot.com/-K6T8TyTaYsA/Vna4MvuEzCI/AAAAAAAAABYE/VPWMDc52ouA/s1600/Synapsis_Intelligent_Bridge_Control_IBS.jpg)

[K6T8TyTaYsA/Vna4MvuEzCI/AAAAAAAAABYE/VPWMDc52ouA/s1600/Synapsis_Intelligent_Bridge_Control_IBS.jpg](https://1.bp.blogspot.com/-K6T8TyTaYsA/Vna4MvuEzCI/AAAAAAAAABYE/VPWMDc52ouA/s1600/Synapsis_Intelligent_Bridge_Control_IBS.jpg)

Što se tiče zaslona koji se nalazi iznad glavne konzole, navedeni zaslon sadržava stavke kao što su primjerice indikator brzine, klinometar, ponavljač žiro kompasa, digitalni sat, indikator brzine i smjera vjetra te mjerac dubine ispod kobilice broda i indikator kuta kormila. Naravno, važno je napomenuti i upravljačke konzole smještene na krilima mosta, točnije, konzole su povezane preko sustava s osnovnom navigacijskom konzolom, a kao takve pružaju mogućnost koja se odnosi na upravljanje i na rukovođenje same navigacije broda i to s krila, za potrebe upravljanja prilikom pristajanja i odveza te drugih radnji kad je potreban dobar vizualni pregled područja uz sam bok broda (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Opisuje se kako ovaj podsustav nadgledava sam proces prijenosa informacija dobivenih od navigacijskih instrumenata između različitih komponenata sustava. Specifično, informacije o trenutnom položaju prikupljaju se putem GNSS-a (engl. *Global Navigation Satellite System*) Ili, alternativno, koristeći neki drugi dostupni sustav za određivanje pozicije, prometna situacija se prati putem radarskih i AIS podataka, dok se kontrola kursa obavlja pomoću žirokompasa (Gloves, 2015).

Informacije o dubini prikupljaju se putem dubinomjera, dok se podaci o brzini prikupljaju s brzinomjera. Svi navedeni podaci se mogu prikazati na objedinjenom mjestu, za što se danas redovito koristi ECDIS sustav. Na taj način, časnik može u svakom trenutku na jednom zaslonu imati pristup svim potrebnim navigacijskim informacijama bez pojedinačnog opažanja, očitavanja i ručnog unošenja podataka među različitim uređajima. Računalo povezano u mrežu različitih uređaja na taj način može efikasno pratiti cjelokupni proces te isto tako časniku u

straži poslati dodatna upozorenja u slučaju odstupanja podataka od sigurnosnih limita ili drugih uočenih nepravilnosti (Brčić & Žuškin, 2018).

3.2.2. *Elektronička karta*

Automatizacija i ujedno digitalizacija navigacije u konačnici su omogućili kombinirano korištenje elektroničkih karata i to konkretno na više navigacijskih sustava. To bi impliciralo da se elektroničke navigacijske karte koriste u različitim kontekstima, pri čemu su ECDIS i RCDS najčešći sustavi (engl. *Raster Chart Display System*) i kombinaciji navedenih.

Kada se radi o elektroničkoj karti tumači se kako je upravo riječ o centralnoj jedinici svakog pojedinog integriranog sustava. ECDIS sustav je sustav prikaza elektroničkih karata definiran od strane Međunarodne pomorske organizacije (IMO – engl. *International Maritime Organization*). Naglašava se kako sve druge vrste elektroničkih karata koje ne udovoljavaju IMO standardima se nazivaju ECS (engl. *Electronic Chart System*). ECDIS može koristiti certificirane elektroničke karte određenih proizvođača ili od strane ovlaštenih vladinih agencija (u pravilu, državni hidrografski uredi). U tom smislu, jasno je da elektroničke karte mogu značajno varirati u načinima obrade informacija, kao što su unos azimuta, praćenje položaja broda i slične funkcionalnosti, što je određeno konkretnim softverskim rješenjem, odnosno, ECDIS sučeljem pojedinog proizvođača opreme (Blindheim & Johansen, 2022).

Elektroničke karte mogu prikazivati navigacijski korisne podatke u većem broju boja (primjerice, dubinu mora), a također, omogućen je prikaz podataka onih koje časnici odabere, reducirajući količinu prikazanih informacija čime se osigurava bolja čitljivost karte. ECDIS pritom u svakom trenutku prikazuje barem minimum podataka koji je propisan od strane IMO i Međunarodne hidrografske organizacije (IHO – engl. *International Hydrographic Organization*). Slično kao i u ECDIS, oodaci sadržani u ECS elektroničkim kartama obuhvaćaju hidrografiju, navigacijske informacije, podatke o lukama i različitim plovnim područjima, kao i obalne linije i ostale topografske informacije. Međutim, za razliku od ECDIS sustava, ECS ne udovoljava standardima IMO postavljenim pred ECDIS sustave, ili nema službeni certifikat od ovlaštene organizacije, što ga čini neprikladnim za korištenje u smislu primarnog navigacijskog sredstva.

ECDIS sustav predstavlja navigacijski sustav koji, uz odgovarajući rezervni sustav, može poslužiti kao zamjena za ažurirane papirnate pomorske karte. Ovaj sustav prikazuje na svojem zaslonu sve selektirane informacije iz centralne baze podataka, istovremeno s položajem broda i dodatnim podacima dobivenim iz povezanih senzora. Cilj cijele takve integracije podataka na ECDIS sustavu je osigurati nadzor i olakšati planiranje putovanja (Weinrit A. , 2018).



Slika 2. ECDIS

Izvor: <https://www.martek-marine.com/ecdis/what-is-an-ecdis-chart/#>

Slijedom iznesenog moguće je istaknuti nekoliko temeljnih prednosti navedene vrste elektroničkih karata:

- Prikaz dostupnosti informacija koje se odnose na sve objekte kako u pisanom tako ujedno i u grafičkom obliku,
- Iznimno precizan prikaz karata u različitim rezolucijama i mjerilima,
- Lako i istovremeno brzo ažuriranje podataka,
- Prilagodba pregleda raznolikih detalja prema potrebama navigacijskog korisnika u odgovarajućem mjerilu,
- Pristupnost informacija koje se odnose na obalne objekte,
- Prilagodljivost navigacijskog sustava prema zahtjevima pomoraca, uključujući, na primjer, prilagodbu osvjetljenja ekrana zbog potencijalnog ometanja svjetla na zapovjedničkom mostu
- Mogućnost prikaza s radarskim prikazom direktno na zaslonu (Guo, Goodchild, & Annoni, 2009).

Ovdje je moguće istaknuti još jednu posebnu prednost navedenog sustava, a radi se o mogućnosti koja se odnosi na planiranje plovidbe i na osiguravanje nadziranja tijekom plovidbe i to izravno na samom zaslonu monitora. Ovaj sustav elektroničkih karata predstavlja automatizirani proces dobivanja točnog položaja broda te istovremeno prikazivanje tog položaja na sučelju sustava. To bi značilo kako unutar samog sustava sam izračun zajedno s prikazom broda preuzima konkretno računalo. Računalo je ono koje će na temelju informacija koje se nalaze unutar same baze podataka jednako kao i na temelju trenutnih informacija s priključenih senzora izračunati i prikazati položaj broda na elektroničkoj navigacijskoj karti (Weinrit A. , 2009).

Shodno tome, ističe se da je u ECDIS sustavu propisano da se na zaslonu, zajedno s korisnim informacijama, mora prikazati i navigacijska situacija, koristeći podatke prikupljene iz drugih navigacijskih sustava. To uključuje informacije poput brzine, kursa te različite ključne podatke za izbjegavanje sudara, kao što su najbliža točka prilaska CPA (engl. *Closest Point of Approach*) i TCPA (engl. *Time to Closest Point of Approach*) kao i cjelokupna situacija u okolini broda (Briggs, 2009).

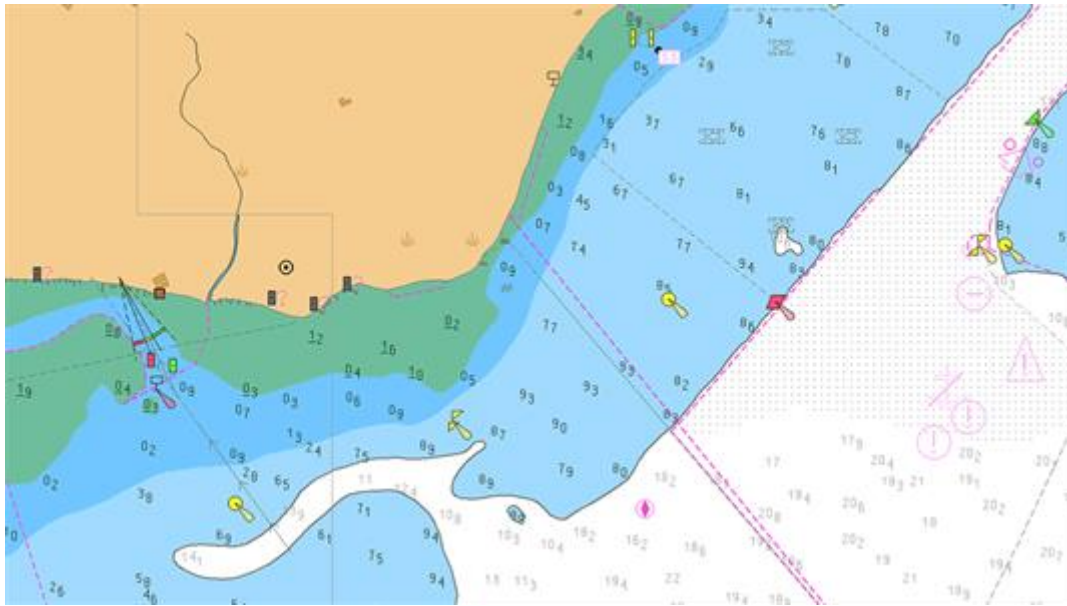
Što se tiče prikaza, postoji mogućnost korištenja relativnog i pravog (engl. *true*) načina prikazivanja kretanja broda. U relativnom prikazu, sličnom radarskom, položaj broda ostaje fiksiran u sredini zaslona, dok se konture obale, odnosno elektroničke karte, pomiču brzinom ekvivalentnom brzini broda u suprotnom smjeru od kretanja broda u prostoru. Ovaj pristup zahtijeva izuzetno veliki kapacitet memorije računala zbog obilne količine podataka koja se neprestano mora premještati po ekranu zaslona. U pravom prikazu elektronička karta je nepomična na zaslonu dok se po njemu zapravo pomiče brod. Ovo je ujedno i najčešći prikaz koji se koristi za *North Up* orijentaciju. Svaki put kada, primjerice, brod doseže rub ekrana, slika se automatski prilagođava proširivanjem područja u smjeru plovidbe, dok istodobno dolazi do sužavanja područja suprotno smjeru kretanja. Položaj broda se pritom prilagođava kako bi bio u blizini suprotnog ruba zaslona, odnosno kako bi ispred pramca broda bio prikazano što veće područje (Briggs, 2009).

Što se tiče posebnog monitora ili pak posebnog okvira na displeju ECDIS-a, isti je namijenjen prikazivanju podataka koji se odnose na kurs, brzinu, dubinu ili pak poziciju u alfanumeričkom digitalnom obliku. Isto tako, moguće je koristiti i specifične prikaze za trenutno plovno područje, odnosno pregled područja u koje brod planira uploviti. Ovi izdvojeni prikazi se mogu koristiti istovremeno s prikazom cjelokupne navigacijske situacije na glavnom zaslonu (Sonnenberg, 1988).

Upotrebom ECDIS sustava, časnici u straži ne zaostaju u procjeni sigurnosti broda i samog plovidbenog područja uslijed značajne količine automatizacije navigacijskih zadataka. Posljedično, časnik ima dodatno vrijeme za donošenje odluka i izvođenje potrebnih manevra, ako su isti manevri potrebni. Sustav automatski generira upozorenja i na navedeni način upozorava časnika na bilo kakvu potencijalnu opasnost što predstavlja dodatnu prednost sustava. Automatsko upozoravanje na opasne situacije prethodi prijenci dovoljno ranije da časnik ima vremena poduzeti sve potrebne radnje za otklanjanje ugroze (Weinrit A. , 2009).

Ovdje će se istaknuti još jedan sustav, a to je RCDS sustav. Radi se o sustavu koji se rjeđe koristi od opisanog ECDIS sustava. RCDS sustav je temeljen na rasterskoj karti, pružajući informacije samo vizualno, bez mogućnosti selektivnog isključivanja suvišnih informacija. Osnovna prednost leži u sličnosti s tradicionalnim papirnatim kartama i poznatom načinu rada u pomorstvu, što omogućuje lakšu familijarizaciju u eventualnom procesu tranzicije s papirnatih na elektroničke karte. RCDS sustav funkcionira kao navigacijski sustav s kartama koje moraju udovoljavati pravilima Međunarodne hidrografske organizacije (IHO), nastajući pretvaranjem papirnatih karata u digitalnu sliku putem skenera. Navedena slika je zapravo slična slici s digitalnog fotoaparata s mogućnošću zumiranja sve do detaljnih informacija ukoliko je navedeno potrebno (Weinrit A. , 2018).

U slučaju kombiniranja vektorske i rasterske karte u nekom plovnom području, riječ je tad o kombiniranom ECDIS/RCDS sustavu koji ima dvojnu namjenu, te koristi prednosti ECDIS-a i RCDS sustava, omogućavajući simultano korištenje oba tipa karte te pružajući mogućnost odabira optimalnog prikaza putem vizualizacije. (Weinrit A. , 2018).



Slika 3. ECDIS/RCDS

Izvor: <https://knowledgeofsea.com/use-of-ecdis-in-rcds-mode/>

3.2.3. Stanica za planiranje plovidbe

Na jednom dijelu zapovjedničkog mosta nalazi se stanica za planiranje plovidbe. Prilikom planiranja, časnik mora imati osiguranu dostupnost svih relevantnih podataka, koji se nalaze u publikacijama poput peljara, popisa radio signala, vodiča za uplovljanjanje u pojedine luke, itd. Jednako tako nužno je osigurati i dostupnost digitaliziranih podataka koje se odnose na posebnosti pojedinih svjetskih luka, no isto tako i podatke svih programskih paketa namijenjenih za obrađivanje podataka, narudžbu elektroničkih karata, primanje meteoroloških informacija, itd. Časnik koji je odgovoran za planiranje mora unaprijed predvidjeti i organizirati sve pojedine aspekte plovidbe koji su mogući za predviđanje, i to prije nego što putovanje započne, što se dokumentira izradom detaljnog plana putovanja (Seall ECDIS, 2021).

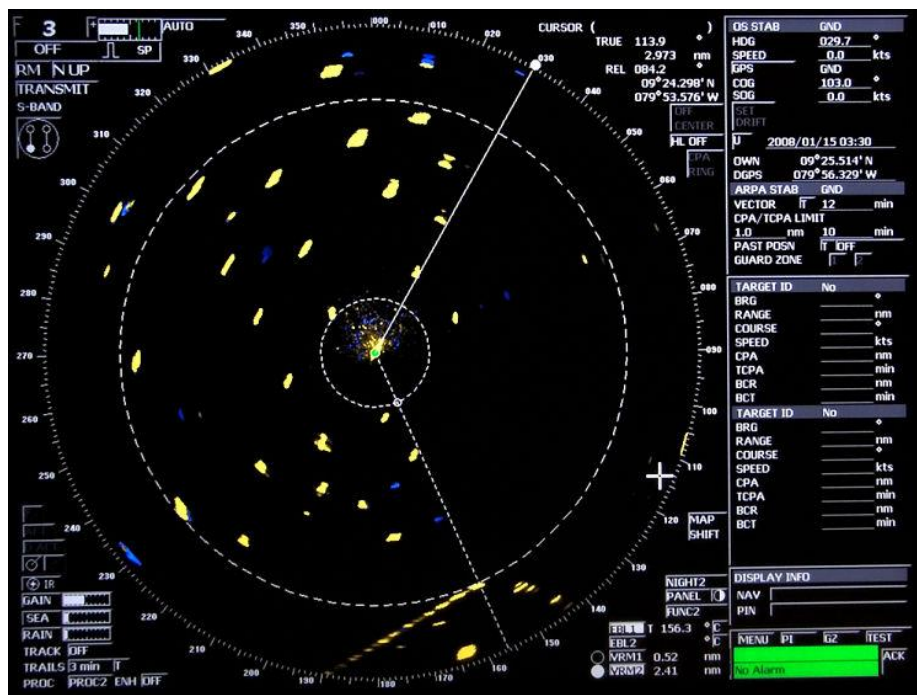
3.2.4. Sustav nadzora

Integrirani navigacijski sustavi imaju značajke koje omogućuju automatski nadzor mnogih aspekata navigacije i parametara sigurnosti broda. Radi se o procesu koji podrazumijeva praćenje kursa i brzine i to prema unaprijed planiranim elementima putovanja, odnosno prema unaprijed ucrtanoj ruti putovanja. Ako sustav omogućuje automatsko nadziranje plovidbe, tada se navigacijski proces specifično svodi na intervenciju samo u slučaju odstupanja od prethodno

planiranog puta iz bilo kojeg razloga. To uključuje praćenje rada sustava i istovremenu usklađenost s trenutnim stanjem navigacijske situacije (Weinrit A. , 2009).

3.2.5. Radar

Navigacijski radar je specifičan elektronički uređaj čije osnovno načelo funkcioniranja temelji se na slanju vrlo kratkih elektromagnetskih impulsa i istovremenom mjerenju vremena koje je potrebno da se vrati jeka od objekta koji je zahvaćen tim impulsom. Radar se sastoji od specifične kombinacije uređaja čiji zajednički rad rezultira prikazom objekata unutar svog dosega na zaslону. To implicira da, putem odabrane antene s uskim snopom, dolazi do emitiranja elektromagnetskih valova u prostor koji se u određenoj mjeri odbijaju od okolnih objekata natrag prema radarskoj anteni. Nakon primitka jeka radarski prijamni sklop ju obrađuje i prikazuje na radarskom ekranu. Dakle, radar izravno pruža dvije osnovne vrste informacija o okolnim objektima - udaljenost i azimut (Bole, Wall, & Norris, 2014).



Slika 4. Radar

Izvor: <https://www.myseatime.com/blogadm/wp-content/uploads/2016/05/Marine-radars.jpg>

Naime, navigacijski radar su uključeni u integrirani navigacijski sustav koji tad omogućuje izravno uspoređivanje radarske slike s podacima iz elektroničke karte. Iz tehničke perspektive,

ova situacija se rješava tako da se digitalna radarska slika prikazuje na ekranu elektroničke karte na istom mjestu u obliku tzv. *overlay-a*. Ovakva integracija podataka u konačnici časniku pruža mogućnost kontrole položaja broda uspoređivanjem položaja radarske jeke s položajem ucrtanih objekata na karti (Bole, Wall, & Norris, 2014).

4. BUDUĆNOST INTEGRIRANOG NAVIGACIJSKOG SUSTAVA

Razvitak tehnologije autonomnih brodova je u fokusu istraživanja diljem svijeta, a količina objavljene znanstvene i stručne literature na ovu temu su u značajnom porastu. U nastavku rada prikazuju se temeljne prednosti i nedostaci uvođenja autonomije na brodu.

4.1. Temeljne prednosti i nedostaci uvođenja autonomije na brodu

Integracija navigacijskih sustava na brodovima za krstarenje donosi brojne prednosti. Prvo i najvažnije, ona poboljšava učinkovitost eliminiranjem dvostrukih unosa podataka i automatiziranjem zadataka koji se ponavljaju. To omogućuje posadi da se usredotoči na druge kritične dužnosti u vođenju navigacije (Munim, 2019).

Jedna od ključnih prednosti integracije sustava je mogućnost dijeljenja podataka između različitih sustava. Ova integracija omogućuje sveobuhvatnije i točnije razumijevanje okoline broda. Na primjer, kada ECDIS primi informacije od sustava za automatsku identifikaciju o obližnjim plovilima, može automatski izračunati rizik od sudara i predložiti prilagodbe kursa, čime se smanjuje vjerojatnost nesreća. Ova razmjena podataka u stvarnom vremenu osigurava da posada ima najvažnije informacije za donošenje informiranih odluka (Ziaka-Pozanska & Montewka, 2021).

Nadalje, integrirani sustavi omogućuju bolju komunikaciju među članovima posade jer se bitne informacije mogu razmijeniti trenutačno. To promiče suradnju i potiče kohezivnije radno okruženje. Na primjer, kada ECDIS otkrije potencijalnu opasnost, može odmah upozoriti tim na mostu, omogućujući im da poduzmu brzu akciju. U hitnim slučajevima, ova trenutačna komunikacija može predstavljati razliku između uspješnog odgovora na opasnost i katastrofalnog događaja (Munim, 2019).

Uz povećanje sigurnosti, integrirani navigacijski sustavi doprinose i operativnoj učinkovitosti. Automatiziranjem različitih zadataka, poput planiranja rute i sinkronizacije podataka, posada može učinkovitije rasporediti svoje vrijeme i resurse. Ovo ne samo da smanjuje rizik od ljudske pogreške, već i optimizira performanse broda, što rezultira smanjenom potrošnjom goriva i nižim operativnim troškovima (Hoyhtya, Hussko, Kviranta, Solberg, & Rokka, 2017).

Štoviše, integracija navigacijskih sustava omogućuje posadi broda pristup širokom rasponu podataka i informacija s jednog sučelja. Ovaj centralizirani pristup usmjerava operacije i

poboljšava svijest o situaciji. Na primjer, posada može lako dohvatiti ažurirane vremenske prilike, navigacijske karte i informacije o luci, sve u roku od nekoliko klikova. Ovaj sveobuhvatni pogled na brodsko okruženje osnažuje posadu da donosi dobro informirane odluke i brzo se prilagođava promjenjivim uvjetima (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Integracija navigacijskih sustava na brodovima nudi brojne prednosti u usporedbi s istovjetnim ali nepovezanim uređajima zapovjedničkog mosta. Od poboljšanja učinkovitosti i sigurnosti do poboljšanja komunikacije i operativne učinkovitosti, integracija ovih sustava revolucionira način na koji brodovi plove i rade. Kako tehnologija napreduje, integracija navigacijskih sustava postat će sve sofisticiranija, dodatno poboljšavajući ukupno iskustvo navigacije (Munim, 2019).

Integracija automatiziranih navigacijskih sustava revolucionirala je sigurnosne standarde na brodovima. Smanjenjem ljudske pogreške, ovi sustavi uklanjaju mnoge uobičajene rizike povezane s „ručnom” navigacijom. Značajke poput autopilota i sustava dinamičkog pozicioniranja pomažu posadi u održavanju precizne kontrole nad plovidom, čak i u teškim vremenskim uvjetima. Štoviše, automatizirani sustavi kontinuirano nadziru različite čimbenike, kao što su dubina vode, prepreke i vremenski obrasci. Ovaj stalni nadzor omogućuje rano otkrivanje potencijalnih opasnosti, pružajući dovoljno vremena za poduzimanje preventivnih mjera. U slučaju nužde, sustavi mogu brzo izračunati najbližu sigurnu luku i generirati optimizirane rute do nje, osiguravajući sigurnost i dobrobit svih na brodu, samog broda i tereta te okoliša (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Jedna od ključnih prednosti automatiziranih navigacijskih sustava je njihova sposobnost da poboljšaju svijest o situaciji. Integracijom podataka iz više senzora i izvora, ovi sustavi daju sveobuhvatnu sliku okoline broda. Na primjer, mogu otkriti prisutnost drugih plovila, velikih i malih, i izračunati njihovu putanju kako bi izbjegli moguće sudare. Nadalje, automatizirani navigacijski sustavi također igraju ključnu ulogu u optimizaciji potrošnje goriva i smanjenju utjecaja na okoliš. Analizirajući čimbenike kao što su brzina vjetra, oceanske struje i brzina plovila, ovi sustavi mogu odrediti najučinkovitije rute za putovanje broda. Ovo ne samo da štedi troškove ploidbe, već i smanjuje emisije stakleničkih plinova, pridonoseći održivijoj pomorskoj industriji (Integrated Navigation Systems, 2020).

Uz svoje sigurnosne prednosti, automatizirani navigacijski sustavi također poboljšavaju ukupno iskustvo putnika na putničkim brodovima. Uz preciznu kontrolu nad kretanjem broda, ovi sustavi mogu umanjiti utjecaj nemirnog mora, pružajući mirniju i udobniju vožnju za putnike.

Ovo je osobito važno za osobe koje pate od morske bolesti ili su ograničene pokretljivosti. Štoviše, integracija automatiziranih navigacijskih sustava omogućuje učinkovitije planiranje rute krstarenja. Točnim predviđanjem vremena dolaska i odlaska, krstarenja mogu optimizirati posjete lukama i izlete na obalu, povećavajući vrijeme koje putnici imaju za istraživanje svakog odredišta. Ovo ne samo da poboljšava sveukupno iskustvo za putnike, već i poboljšava učinkovitost operacija za krstarenja (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Sa stalnim napretkom tehnologije, očekuje se da će automatizirani navigacijski sustavi u budućnosti postati još sofisticiraniji. Umjetna inteligencija i algoritmi strojnog učenja mogu dodatno poboljšati mogućnosti ovih sustava, omogućujući im prilagodbu promjenjivim uvjetima i donošenje odluka u stvarnom vremenu kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost broda. Integracija automatiziranih navigacijskih sustava donijela je značajna poboljšanja sigurnosnih standarda na brodovima. Smanjenjem ljudskih pogrešaka, povećanjem situacijske svijesti i optimiziranjem potrošnje goriva, ovi sustavi pružaju sigurnije i ugodnije iskustvo za posadu i putnike, a istovremeno pogoduju okolišu. Kako tehnologija napreduje, budućnost automatiziranih navigacijskih sustava izgleda obećavajuće, obećavajući još veću sigurnost i učinkovitost u pomorskoj industriji (Chen, Zhou, Sheng, & Liu, 2022).

Iako integracija navigacijskih sustava donosi brojne prednosti, nije bez izazova. Jedna od primarnih briga je potencijalna ranjivost na kibernetičke prijetnje. Budući da se ovi sustavi oslanjaju na međusobno povezane mreže, oni postaju potencijalne mete za hakere koji mogu iskoristiti ranjivosti da ometaju ili manipuliraju navigacijom broda. Kako bi riješili ovaj problem, krstarenja ulažu velika sredstva u mjere kibernetičke sigurnosti, uključujući napredne vatrozide (engl. firewall), protokole enkriptiranja i periodične revizije sustava u cilju otklanjanja uočenih sigurnosnih ranjivosti i sličnih propusta. Također se provode redoviti programi obuke kako bi se posada educirala o važnosti sigurnosti podataka i potencijalnim rizicima povezanim s kibernetičkim prijetnjama (Vos, Hekkenberg, & Valdez, 2021).

4.2. Područje kibernetičkog sustava zaštite

Područje kibernetičkog sustava zaštite vrlo je bitno. Naime, Odbor za pomorsku zaštitu predstavlja odbor koji je prepoznao žurnu potrebu usmjerenu na podizanje svijesti o potencijalnim prijetnjama i potencijalnoj ranjivosti, a koja se odnosi na kibernetički rizik i to uslijed podrške sigurne plovidbe. Ističe se potreba da svi akteri u pomorskoj industriji moraju biti usmjereni na očuvanje otpornosti, kako prema postojećim, tako i prema novim kibernetičkim prijetnjama i ranjivostima. Prilikom navedenog u obzir bi se svakako trebale uzeti i Smjernice o upravljanju kibernetičkim rizikom na moru, a koje su odobrene od strane Odbora za olakšavanje i Odbora za pomorsku sigurnost. Navedene smjernice nude preporuke na visokoj razini za osiguranje efikasnog upravljanja pomorskim kibernetičkim rizikom. Ove smjernice se mogu integrirati u postojeće postupke upravljanja općim rizicima, pružajući dodatnu razinu sigurnosti i zaštite. Na ovaj način dolazi ujedno i do nadopune sigurnosti u okviru upravljačkih praksi koje je uspostavila navedena organizacija (Kwang, 2015).

Shodno tome, interpretira se da pomorska plovila i brodovi postupno usvajaju više sustava koji se temelje na digitalizaciji, automatizaciji i integraciji. Svi ovi sustavi zahtijevaju strukturirane protokole za upravljanje kibernetičkim rizikom u pomorstvu. Jasno je da svi oblici digitalne tehnologije neprestano napreduju, naglašavajući povezanost informacijske tehnologije i operativne tehnologije na plovilima, kao i njihovu integraciju s globalnom mrežom. Naglašava se kako je IT zapravo nešto zreliji što se tiče područja kibernetičke sigurnosti s obzirom da postoje već utvrđene procedure, tehnologije kao ujedno i obuka koja se primjenjuje u segmentu ostvarenja pomoći sustavima namijenjenima za upravljanje informacijskom sigurnosti. Ukoliko bi se javila bilo kakva kibernetička nezgoda ističe se kako bi navedena mogla dovesti zapravo do iznimno velikih posljedica (Tam & Jones, 2018).

Govoreći se o pomorskom prometu ističe se konkretno ECDIS sustav zapravo razvijen u vrlo složen računalni sustav koji ima kritičnu operativnu tehnologiju za brodove, odnosno posjeduje središnju ulogu u području sigurne plovidbe kao i transporta brodova. Samo održavanje softvera ECDIS sustava regulira se od strane standarda Međunarodne pomorske organizacije kao ujedno i drugih povezanih organizacija. Prema procjenama, fokus kibernetičke sigurnosti ECDIS sustava usredotočen je na istraživanje izvora samog rizika. Namjena ovog softvera je da bude prilagodljiv, posebno u odnosu na već postojeći osnovni operacijski sustav. Ova prilagodljivost omogućuje rješavanje povezanih i kontrolnih pitanja koja proizlaze iz upotrebe različitih operativnih tehnoloških sredstava, uključujući i konvencionalne aspekte informacijske tehnologije (Tusher, Munim, & Notteboom, 2022).

5. ZAKLJUČAK

Pametne tehnologije, poput umjetne inteligencije i umrežavanja uređaja, igraju sve značajniju ulogu u poboljšanju navigacije pomorskih brodova. Sustavi koje pokreće umjetna inteligencija mogu analizirati ogromne količine podataka prikupljenih s raznih senzora kako bi otkrili uzorke, predvidjeli potencijalne opasnosti i optimizirali performanse broda.

Umrežavanje uređaja omogućuje besprijekornu povezanost između različitih ugrađenih sustava, omogućujući razmjenu podataka u stvarnom vremenu i sinkronizirane operacije. Na primjer, integracijom meteoroloških podataka s navigacijskim sustavima, brod može automatski prilagoditi svoju rutu kako bi izbjegao opasna područja, pružajući i udobnije i sigurnije putovanje. Razvojem tehnologije i širenjem integracijskih sustava, primjećuje se sve veći trend smanjenja potrebe za ljudskim resursima kao ključnim operativnim faktorom u različitim tehnološkim industrijama.

Naime, na temelju istraživanja dokazano je kako je upravo ljudska pogreška ona koja predstavlja temeljni i najčešći uzrok pomorskih nesreća, odnosno havarija uslijed nepovratnih šteta kako na morski okoliš tako ujedno i ekonomske gubitke. Slijedom navedenog usmjerilo se prema činjenici kako razvitak tehnologije uvelike povećava ukupnu sigurnost na brodu, a ujedno pomaže časnicima navigacijske straže da donesu pravovremene ispravne odluke koje se odnose na navigaciju. Budućnost navigacije brodova za krstarenje leži u autonomnim sustavima koji se oslanjaju na napredne tehnologije poput umjetne inteligencije, strojnog učenja i računalnog vida. Iako je koncept potpuno autonomnih brodova još uvijek u povojima, on ima ogroman potencijal za revoluciju u industriji.

Autonomni navigacijski sustavi imaju potencijal povećati učinkovitost, smanjiti ljudske pogreške i optimizirati potrošnju goriva. Oni mogu kontinuirano analizirati performanse broda i vršiti prilagodbe u stvarnom vremenu kako bi osigurali najučinkovitiju rutu. Osim toga, ovi sustavi mogu točno predvidjeti potrebe održavanja, smanjujući vrijeme zastoja i optimizirajući operativne troškove. Autonomni brodovi pružaju različite prednosti. Eliminiraju ljudske pogreške, smanjuju troškove posade, povećavaju sigurnost, omogućuju efikasnije iskorištavanje prostora u dizajnu broda te racionalniju potrošnju goriva. Iako će doći do operativnih ušteda, značajni kapitalni troškovi bit će prisutni pri početnom ulaganju u tehnologiju, posebice u ranim fazama njenog razvoja. Ovi troškovi obuhvaćaju ne samo sam brod, već i uspostavljanje kopnenih operacija za praćenje pokreta flote. Osim troškova, mogu

se pojaviti i problemi nekompatibilnosti između postojeće pomorske infrastrukture i autonomnih plovila što je tema za neko drugo istraživanje.

LITERATURA

1. Appleyard, S. F., Linford, R. S., & Yarwood, P. J. (1997). *Marine Electronic Navigation*. New York: Grant and Klinkert.
2. Blindheim, S., & Johansen, T. A. (2022). Electronic Navigational Charts for Visualization, Simulation and Autonomous Ship Control. *IEEE Access*, 10, str. 3716-3737.
3. Bole, A., Wall, A., & Norris, A. (2014). *Radar, AIS and Target Tracking for Marine Radar Users*. London: Elsevier Ltd.
4. Brčić, D., & Žuškin, S. (2018). Towards Paperless Vessels: A Master's Perspective. *Pomorski zbornik*, 55(1), str. 183-199.
5. Briggs, J. N. (2009). Target Detection by Marine Radar. *Radar, Sonar and Navigation*, 16.
6. Chen, Y., Zhou, P., Sheng, M., & Liu, K. (2022). Overview of the integrated navigation system research status and its development integrated with 5G communication. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI, str. 29-35.
7. Gloves, P. D. (2015). Principles of GNSS, inertial and multisensor integrated navigation systems. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 30(2), str. 26-27.
8. Guo, H., Goodchild, M., & Annoni, A. (2009). *Manual of Digital Earth*. Beijing: International Society for Digital Earth.
9. Hoyhtya, M., Hussko, J., Kviranta, M., Solberg, K., & Rokka, J. (2017). Connectivity for autonomous ships: Architecture, use cases, and research challenges. *2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, (str. 345-350). Jeju.
10. Identification of marine emergency response of electronic navigation operator. (2021). *Radio Electronics, Computer Science, Control*(1), str. 234-250.
11. *Integrated Navigation Systems*. (2020). <https://www.pfri.uniri.hr/bopri/documents/31-ME-tal.pdf>
12. Kuwata, Y., Wolf, M. T., Zarzhitsky, D., & Huntberger, T. L. (2011). Safe maritime navigation with COLREGs using velocity obstacles. *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, (str. 4728-4734). San Francisco.

13. Kwang, A. (2015). An Analysis of Future Ship Operation System under the e-navigation Environment. *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety Research Paper*, 21(3), str. 259-265.
14. Moxa. (2023). *An Integrated Navigation System (INS)*: <https://www.moxa.com/en/case-studies/an-integrated-navigation-system>
15. Munim, Z. H. (2019). Autonomous ships: a review, innovative applications and future maritime business models. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 20(4), str. 266-279.
16. Perera, L. P. (2020). Deep learning toward autonomous ship navigation and possible COLREGs failures. *Offshore Mech*(142).
17. Saini, G. (2023). LinkedIn. *Introduction to Digital Navigation*: <https://www.linkedin.com/pulse/introduction-digital-navigation-gaurav-saini>
18. Seall ECDIS. (2021). *Admiralty E-Navigator Planning Station and Admiralty Gateway*: <https://www.seallecdis.com/blog/admiralty>
19. Sonnenberg, G. J. (1988). *Radar and Electronic Navigation*. London: Butterworth & Co. Ltd.
20. Tam, K., & Jones, K. (2018). Cyber-Risk Assessment for Autonomous Ships. *2018 International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security)*, (str. 1-8). Glasgow.
21. Tusher, H. M., Munim, Z. H., & Notteboom, T. E. (2022). Cyber security risk assessment in autonomous shipping. *Marit Econ Logist*, str. 208-227.
22. Vos, J. d., Hekkenberg, R., & Valdez, O. (2021). The Impact of Autonomous Ships on Safety at Sea – A Statistical Analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 210.
23. Weinrit, A. (2009). *The Electronic Chart Display and Information System, an operational handbook*. Gynia, Poljska: Tayor & Francis Group.
24. Weinrit, A. (2018). Clarification, Systematization and General Classification of Electronic Chart Systems and Electonic Navigational Charts Used in Marine Navigation. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 12(3), str. 471-482.
25. Weinrit, A. (2009). *Marine Navigation and Safety of Sea Transport*. Gdynia, Poljska: Taylor & Francis Group.
26. Zhang, W., Zou, Z.-J., & Deng, D.-H. (2017). A study on prediction of ship maneuvering in regular waves. *Ocean Engineering*, 137, str. 367-381.

27. Zhou, Weidong, & Hou. (2017). Design and Simulation of the Integrated Navigation System based on Extended Kalman Filter. *Open Physics*, str. 345 - 386.
28. Ziaka-Pozanska, E., & Montewka, J. (2021). Costs and Benefits of Autonomous Shipping - A Literature Review. *Applied Sciences*, 11(10), str. 81-225.
29. Brčić, D. &, Žuškin. S. (2018) *Towards Paperless Vessels: A Master's Perspective*. Pomorski zbornik, 55(1), str. 183-199
https://www.researchgate.net/publication/330941067_Towards_Paperless_Vessels_A
30. IMO. MSC.1/Circ.1595 (2018.). *E-Navigation Strategy Implementation Plan—Update 1*, IMO, London
31. Oruc, A., Gkioulos, V., Katsikas, S. (2022). *Towards a Cyber-Physical Range for the Integrated Navigation System (INS)*. *Journal of Marine Science and Engineering*. 10(1), str.107.

POPIS SLIKA

Slika 1. Integrirani navigacijski sustav – zapovjednički most⁹

Slika 2. ECDIS¹²

Slika 3. ECDIS/RCDS¹⁵

Slika 4. Radar¹⁶

SAŽETAK

Tematika ovog rada usmjerena je na prikaz integriranog navigacijskog sustava. Slijedom velikog broja istraživanja koja su provedena u području sigurnosti plovidbe uvedeno je kako ljudske greška predstavlja temeljnu grešku u pogledu izazivanja različitih havarija. Moderni sustavi stoga su osmišljeni upravo da osiguraju sigurnost plovidbe. Naime, modernizacijom brodskih procesa osigurava se sigurna navigacija i plovidba, a jednako tako osigurava se i nadgledanje funkcioniranja različitih sustava na brodu. Oslanjajući se na modernu tehnologiju pomorsci mogu lako donositi odluke koje ne samo da su utemeljene na njihovom iskustvu, nego ujedno i na modernu tehnologiju.

Ključne riječi: brod, integrirani navigacijski sustav, zapovjednički most

Integrated navigation systems on board ships

SUMMARY

This work centers on presenting the integrated navigation system. Namely, as a result of a large number of research conducted in the field of navigation safety, it was concluded that human error cause a majority of maritime accidents. Modern systems are therefore founded precisely to ensure the safety of navigation. Namely, the modernization of ship processes ensures safe navigation and sailing, and also ensures monitoring of other systems of the vessel. Relying on modern technology, mariners can easily make decisions that are not only based on their experience, but also on modern technology.

Keywords: ship, integrated navigation system, navigational bridge