

## **SIMULATOR SUSTAVA VOĐENJA DALJINSKI UPRAVLJANE RONILICE**

**D. Stipaničev, Z. Torba, I. Mandić**  
**Laboratorij za robotiku i inteligentne sustave**  
**Katedra za automatiku**  
**Fakultet elektrotehnike strojarstva i brodogradnje, Split**  
**R. Boškovića bb, 58000 Split**

### **Sažetak**

*Robotizirane, daljinski upravljane ronilice od izuzetnog su značaja pri istraživanju podmorja. Ronilica je energetska-signalnim kabelom spajena s istraživačkim brodom na kojem se nalazi operater/ znanstvenik koji ronilicu vodi, ali i provodi odgovarajuća istraživanja mora i podmorja. Pri ručnom vođenju obučenosť operatera izuzetno je važna. U radu se opisuje simulator sustava vođenja daljinski upravljane ronilice koji se može koristiti pri obuci operatera, ali i pri istraživanju i razvoju novih postupaka automatskog vođenja ronilice, te ponašanja ronilice pri različitim režimima rada*

## **CONTROL SYSTEM SIMULATOR OF REMOTELY OPERATED VEHICLE**

### **Abstract**

*Remotely operated underwater vehicles (ROV's) are of great importance in contemporary underwater explorations and research. Underwater vehicle and the base ship are connected by umbilical cable so the vehicle is controlled remotely by the operator/scientist located on the base ship. In manual control mode trained operator is the key figure. The paper describes the control system simulator which could be used for operator training, new control principles investigation and research, and analyses of vehicle behaviour under various control and disturbance influences.*

### **1. UVOD**

Pri istraživanju mora i podmorja ronjenje je jedna od vrlo važnih aktivnosti. Vizualni kontakt istraživača i predmeta istraživanja jednako je važan, ako ne i važniji od podataka prikupljenih instrumentima. Male ronilice bez ljudske posade, spojene energetska/ signalnim kabelom s matičnim brodom i opremljene video kamerama u posljednje

su vrijeme postale nezaobilazni instrument pri istraživanju mora i podmorja. Razloga za to je više, primjerice -relativno niska cijena ronilice, njena velika pokretljivost, laka prenosivost i sl. Nije zbog toga čudno da skoro sve pomorski orijentirane zemlje raspoložu s velikim brojem ovakvih ronilica, koje se koriste pri svim znanstvenim i komercijalnim istraživanjima. Naša Republika u tome dosta zaostaje, pa se kroz projekt 2-05-206 "Inteligentni sustav za prikupljanje i obradu podataka

o podmorju (ISPOPOP)" [1] nastojalo premostiti taj jaz i potaknuti razmišljanja o primjeni robotiziranih, daljinski upravljanih ronilica u oceanografskim i biološko-oceanografskim istraživanjima podmorja Jadrana. ISPOPOP je zamišljen kao primjenjeno znanstveno istraživanje kroz koje bi se usvojila postojeća znanja i razvila nova, posebice o suvremenim načinima vođenja daljinski upravljane ronilice.

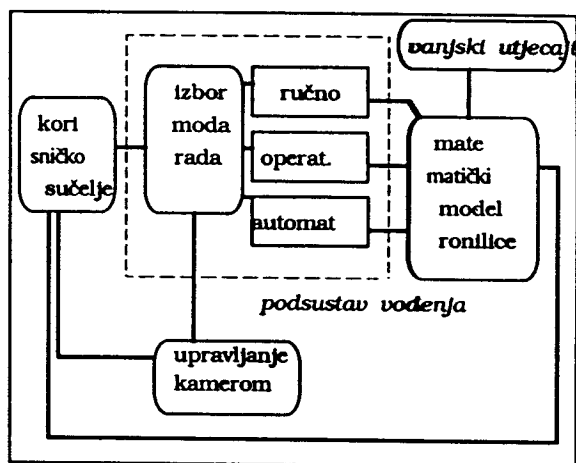
Ronilica je energetsko/signalnim kabelom spojena s istraživačkim brodom na kojem se nalazi operater-znanstvenik koji ronilicu vodi, ali i provodi odgovarajuća istraživanja mora i podmorja (vizuelni nadzor, prikupljanje uzoraka ili mjerenje fizikalnih veličina mora ukoliko je ronilica opremljena mjernim osjetilima). Ronilicu je moguće voditi na više načina od direktnog ručnog do potpuno automatskog s elementima inteligentnog ponašanja. Zadaci i načini vođenja detaljno su obrađeni u [2], dok se u ovom radu opisuje simulator vođenja daljinski upravljane ronilice razvijen u okviru projekta ISPOPOP. Dva su razloga razvoja simulatora. Prvi je taj što je pri ručnom vođenju obućenost operatora od izuzetnog značaja. Uz pomoć simulatora moguća je obuka operatera u rukovanju i razumijevanju postupaka vođenja, kao i vođenju ronilice uz pomoć instrumenata bez vizuelnog kontakta s okruženjem ronilice. Drugi razlog razvoja simulatora istraživanje je novih postupaka vođenja koji se uz pomoć simulatora brzo provjeravaju. Primjer je automatsko zaranjanje uz pomoć neizrazitog regulatora (fuzzy controller) [3] ili razvoj inteligentnih samozaštitnih reakcija [4]. U nastavku izložiti će se temeljna struktura simulatora i opisati načini njegovog djelovanja.

## 2. SIMULATOR SUSTAVA VOĐENJA DALJINSKI UPRAVLJANE RONILICE

Temeljni dio simulatora sustava vođenja daljinski upravljane ronilice matematički je model gibanja ronilice. Na temelju analize različitih geometrija ronilice razvijen je nelinearni model kinematike i dinamike ronilice sa šest stupnjeva

slobode gibanja [1]. Osnovni oblici i dimenzije uzeti su od komercijalne ronilice Mini-Rover opremljene sa 4 propulzora: jedan vertikalni za pozicioniranje po dubini, jedan bočni za kompenzaciju momenta uvrćanja i dva stražnja pogonska.

Ulazni podaci matematičkom modelu kutne su brzine pojedinih propulzora, a izlazne veličine položaji i brzine ronilice. Zahtjevne kutne brzine pojedinih propulzora generiraju se u podsustavu vođenja. On u sadašnjoj fazi ima tri modula: ručno vođenje, operatorsko vođenje i automatsko vođenje. Temeljnu strukturu simulatora prikazuje Sl.1



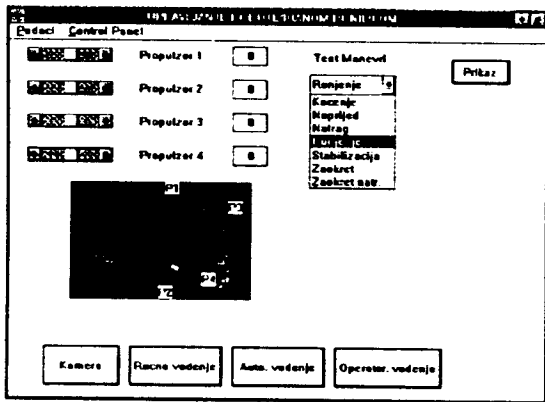
Sl.1 Temeljna struktura simulatora ronilice

Operator bira određenu opciju. Pri ručnom vođenju on neposredno djeluje na kutne brzine propulzora ili bira pojedine tipične manevre (skretanje, uron, izron). Ovaj režim rada posebno je zanimljiv pri izučavanju ponašanja vozila i istraživanju utjecaja vanjskih faktora, primjerice utjecaja morskih struja ili zatezanja kabela. Oni će se ubaciti u drugoj fazi razrade simulatora kao posebni programabilni moduli.

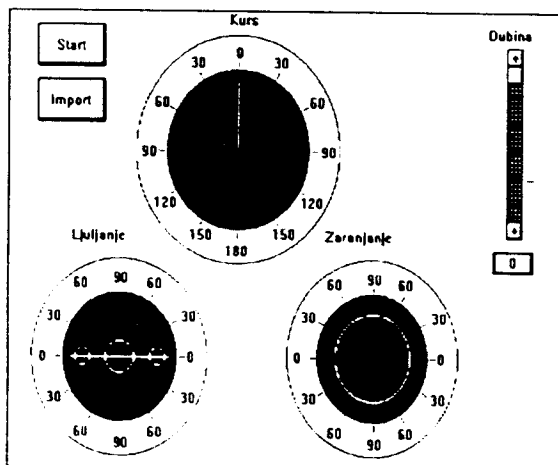
Operatorsko vođenje režim je rada koji se koristi pri vježbanju operatera. Njegovim aktiviranjem simulira se "on line" vođenje uz pomoć upravljačke palice. Korisnik pri tome dobija sliku komandne ploče sa podacima trenutnog kursa, dubine, brzine, kuta uvrćanja i nagiba ronilice prikazanim na analognim pokazivačima.

Treći mod je automatsko vođenje u kojem je potpuna kontrola nad ronilicom prepuštena sustavu automatskog vođenja. Ovaj dio služi za izučavanje različitih algoritama automatskog vođenja. U sadašnjoj fazi razvoja simulatora postoji mogućnost automatskog zaranjanja, automatske stabilizacije kursa i automatskog ronjenja na zadanoj dubini. Za neke od ovih zadataka razvijeni su ne samo algoritmi automatskog vođenja temeljeni na uobičajenom pristupu, primjerice diskretno PID vođenje, već i algoritmi nestandardnog vođenja za koje nije potrebno znanje o modelu sustava (neizrazito vođenje- fuzzy control).

Sl.2 prikazuje izgled ekrana računala pri ručnom vođenju ronilice, dok Sl.3 prikazuje izgled ekrana računala u operatorskom modu rada simulatora.



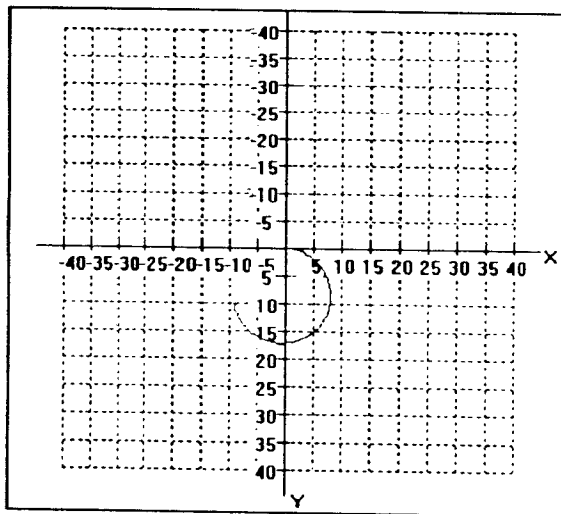
Sl.2 Izgled ekrana računala pri ručnom vođenju ronilice



Sl.3. Izgled ekrana računala u operatorskom modu rada simulatora

Kao posebnu opciju simulator nudi upravljanje CCD kamerom. Namjera nam je povezati ovu opciju sa sustavom automatskog vođenja, te uz pomoć nje ispitati inteligentne postupke vođenja koji su u razvoju, na primjer izbjegavanje prepreke analizom slike video kamere. Kao dodatnu mogućnost simulator nudi "off-line" analizu trajektorija ronilice i svih parametara simuliranog ronjenja. Pri tome je moguće promatrati vremensku ovisnost bilo kojeg linearnog ili kutnog pomaka, brzina, projekcije trajektorija na sve tri ravnine, te trodimenzionalni prikaz gibanja. Simulator nudi mogućnosti pohranjivanja rezultata određenog režima rada u datoteke radi njihovog korištenja u nekim drugim programskim paketima, a opremljen je i profesionalnim interfejsom za štampanje svih rezultata izravno na štampač.

Sl.4 prikazuje putanju ronilice u horizontalnoj ravnini generiranu ručnim vođenjem ronilice. Radi se o maneuvru okretanja. Na sličan način prikazuju se vremenske ovisnosti pojedinih koordinata putanje ronilice, a postoji i mogućnost trodimenzionalnog prikaza putanje.



Sl.4. Prikaz putanje generirane u ručnom režimu rada simulatora

Zanimljiva je i opcija prenošenja podataka između ručnog i operatorskog vođenja. Na taj način korisnik može trajektoriju generiranu upravljačkom palicom naknadno analizirati, ali isto tako i upravljačku sekvencu odabranu ručnim vođenjem promatrati na simuliranoj upravljačkoj ploči u realnom

vremenu. Laka je i izmjena parametara ronilice, hidrodinamičkih koeficijenata, momenata inercije i slično što simulator čini lako prilagodljivim drugim ronilicama sličnog tipa.

Simulator se u dosadašnjem radu pokazao posebno korisnim za razumijevanje ponašanja ronilice za različite upravljačke signale i razvoj nestandardnih postupaka vođenja. Razvijen je u WINDOWS okružju na PC računalu koristeći Borlandov Turbo Pascal za Windows-e.

### 3. ZAKLJUČAK

Simulator vođenja daljinski upravljane ronilice programski je paket, temeljen na nelinearnom matematičkom modelu ronilice. On omogućava interaktivnu analizu ponašanja ronilice uz primjene različitih postupaka vođenja, pa je posebno koristan pri istraživanju i razvoju novih algoritama vođenja. Osim toga može se koristiti i za obuku operatera u ručnom vođenju ronilice operatorskim palicama. Simulator je tako zamišljen da ga se relativno jednostavno može integrirati sa stvarnim sustavom vođenja ronilice i tada bi on bio od istinske vrijednosti. Međutim, na žalost, iako se projekt ISPOPOP bliži kraju još uvijek nije došlo zbog poznate nam

situacije do realizacije nabavke ronilice. U isto vrijeme s druge s druge strane Jadrana deseci ronilica rone u civilnim istraživačkim i komercijalnim zadacima. Nadajmo se da će to jednog dana biti slika u našem dijelu Jadrana.

#### Napomena:

Rad je nastao u okviru projekta 2-05-206 "Inteligentni sustav za prikupljanje i obradu podataka o podmorju."

### 4. LITERATURA

- [1] D. Stipaničev, I.Mandić, J.Marasović, Z.Torba, M.Cecić, Temeljne odrednice inteligentnog sustava za prikupljanje i obradu podataka o podmorju, Zbornik radova KOREMA'92, str.207-212, Zagreb 1992.
- [2] D.Stipaničev, Inteligentno vođenje daljinski upravljane ronilice, Zbornik radova ELMAR'92, str. 44-47, Zadar, 1992.
- [3] Z.Torba, D.Stipaničev, I.Mandić, Automatsko zaranjanje daljinski upravljane ronilice, Zbornik radova ELMAR'92, str. 48-51, Zadar, 1992.
- [4] D.Stipaničev, I.Mandić, Z.Torba, Intelligent self-protecting reactions of remotely operated underwater vehicles, to be presented at IFAC Workshop of Intelligent Autonomous Vehicles, Southampton, 18-21. 04. 1993.