

AUTOMATSKO ZARANJANJE DALJINSKI UPRAVLJANE RONILICE*
AUTOMATIC IMERSION OF REMOTELY OPERATED VEHICLE

SAŽETAK- Prikazan je postupak automatskog zaranjanja robotizirane ronilice bez ljudske posade uz pomoć klasičnog PD-regulatora i PD-regulatora sa samopodešavanjem parametara temeljeno na teoriji neizrazitih skupova. Uvedeno je neizrazito promjenjivo pojačanje sa ciljem poboljšanja dinamike sustava. Rezultati dobiveni simulacijskim istraživanjima potvrđuju prednosti primjene samopodešavajućeg algoritma.

ABSTRACT- The automatic imersion of remotely operated vehicle (ROV) has been presented using conventional PD-controller and PD-controller with fuzzy auto-tuning of controller parameters. A fuzzy self-tuning gain has been introduced to improve the dynamic of the system. The simulation results show the validity of the use of fuzzy control.

1. UVOD

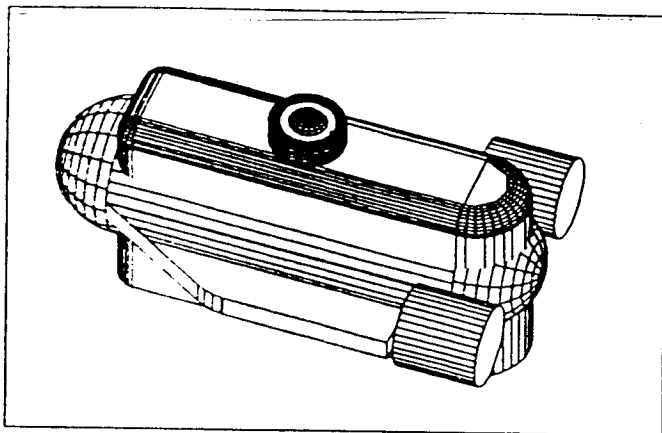
Suvremene metode istraživanja podmorja, te obavljanja poslova postavljanja, nadzora i održavanja podvodnih instalacija uključuju, osim slobodnog ronjenja, primjenu ronilica sa ili bez ljudske posade. Posebno je u naglom porastu primjena robotiziranih ronilica bez ljudske posade, kao zamjena za rad ronilica na dubinama i u područjima koja su za čovjeka opasna. Osim operativnog djelovanja na velikim dubinama takve ronilice imaju značajnu znanstveno-istraživačku primjenu, budući su opremljene istraživačkim sensorima kojima se prikupljaju sveobuhvatne informacije o podmorju. Međutim, ronilice koje se nude na tržištu uglavnom imaju jednostavne i primitivne sustave vođenja, čime je njihova operativnost dosta ograničena. Učinkovitost komercijalnih ronilica može se bitno povećati korištenjem postupaka razvijenih u okviru računarskih znanosti, umjetne inteligencije i suvremene teorije vođenja.

Ronilica povezana signalnim kabelom sa matičnim brodom predstavlja složeni kinematički sustav sa 6 stupnjeva slobode gibanja. Klasični pristup vođenju ronilice temelji se na razradi matematičkog modela. Međutim, složenost sustava, kao i nepredvidivost djelovanja okružja uvjetuje da matematički model nikad ne može potpuno točno opisati stvarno ponašanje ronilice. U tom smislu razmotrena je primjena neizrazitog vođenja (*fuzzy control*), koje ne zahtijeva precizni matematički model vođenog sustava. Neizrazito vođenje analizirano je na primjeru dubinskog pozicioniranja ronilice tj. automatskog zaranjanja na željenu dubinu. Problem je najprije riješen primjenom klasičnog PD-regulatora, a potom pomoću PD-regulatora sa neizrazitim podešavanjem parametara.

*Rad je nastao u okviru istraživanja na projektu 2-05-206 " Inteligentni sustav za prikupljanje i obradu podataka o podmorju - ISPOPOP".

2. DUBINSKO POZICIONIRANJE RONILICE

U fazi razvoja sustava vođenja umjesto stvarne ronilice koristi se njen matematički model. U [1] detaljno je opisan razvoj matematičkog modela ronilice prikazane na sl.1. Imajući u vidu da ronilica ima 6 stupnjeva slobode gibanja, bilo je potrebno postaviti 6 dinamičkih jednažbi za sile i momente. Uz dodatnih 6 jednažbi geometrijskih transformacija dobije se sustav od 12 nelinearnih diferencijalnih jednažbi sa 12 nepoznanica. Na temelju ovog matematičkog modela postavljen je programski paket za simulaciju rada robotizirane ronilice.



Sl.1 Perspektivni prikaz robotizirane ronilice sa 4 propulzora. U postupku izrade matematičkog modela koriste su realne dimenzije komercijalne ronilice tipa MINI-ROVER.

Osnovu sustava vođenja čini digitalno računalo sa snažnom programskom podrškom za primjenu svih potrebnih algoritama vođenja. Jedan od zadataka vođenja analiziran u ovom radu dubinsko je pozicioniranje ronilice. Pogledajmo najprije slučaj s klasičnim PD-regulatorom. Jednažba diferencijala PD-regulatora glasi:

$$u_k = k_p e_k + k_d (e_k - e_{k-1}) / T \quad (1)$$

gdje su k_p i k_d konstante proporcionalnog i derivacijskog djelovanja, a T korak diskretizacije. Signal povratne veze je digitalizirani signal sa dubinomjera, koji mjeri trenutnu dubinu na kojoj se ronilica nalazi. Dobijeni rezultat za dubinu $d=13\text{m}$ i optimalno podešene parametre regulatora $k_p=1.32$ i $k_d=3.36$ prikazan je na Sl. 3.A.

Primjenu neizrazitog vođenja promotrit ćemo na neizrazitom samopodešavanju parametara PD-regulatora (fuzzy auto-tuning of controller parameters [2]). Diskretni upravljački signal definira se u ovom slučaju izrazom:

$$u_k = K \left(k_p e_k + k_d \frac{e_k - e_{k-1}}{T} \right) \quad (2)$$

gdje je K novouvedeni faktor pojačanja, čija se vrijednost podešava uz pomoć pravila podešavanja:

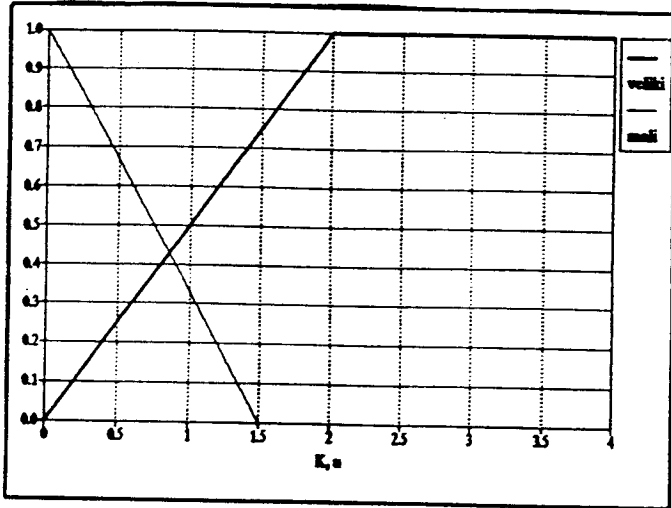
$$\text{Ako je } |u_r| \text{ velik tada je } K \text{ velik} \quad (3)$$

Ako je $|u_r|$ mali tada je K mali

gdje u_r odgovara upravljačkom signalu klasičnog PD- regulatora (dio u zagradi u jednadžbi (2)).

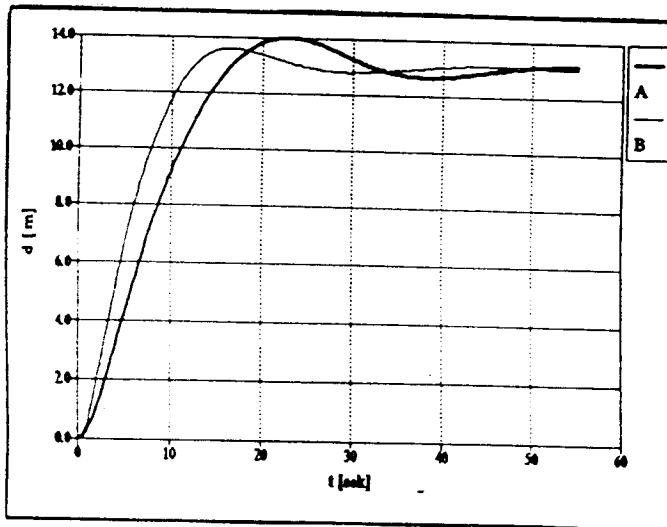
"Veliki" i "mali" jezični su opisi neizrazitih skupova definiranih slikom 2 i izrazima za pridružnu funkciju.

$$\mu_m(x) = \begin{cases} 1 - \frac{2}{3}|x| & 0 \leq |x| \leq 1.5 \\ 0 & |x| \geq 1.5 \end{cases} \quad \mu_v(x) = \begin{cases} \frac{1}{2}|x| & 0 \leq |x| \leq 2 \\ 1 & |x| > 2 \end{cases}$$



Sl.2 Definiranje neizrazitih skupova veliki i mali za vrijednosti ulaznog referentnog signala u_r i pojačanja K.

Postupak podešavanja faktora K je slijedeći. Za određenu vrijednost upravljačkog signala u_r najprije se odredi stupanj zadovoljenja uzročne strane pravila (3). Slijedeći korak je proračun neizrazitog skupa posljedice koristeći kompozicijsko pravilo utjecaja. Jednoznačna vrijednost faktora K određuje se interpretacijom metodom težišta. Matematička definicija ovih postupaka može se pronaći u [3,4]. Uvođenjem faktora pojačanja K postignuto je jače djelovanje na dubinski propulzor ako je signal greške veći i prigušeno djelovanje kod manjih signala pogreške. Zbog toga odziv sustava je kvalitetniji, prebačaji su manji i vrijeme porasta kraće. Rezultati su prikazani na sl. 3b.



Sl.3 Rezultati dubinskog pozicioniranja ronilice na dubinu $d=13m$.

- A) klasični PD-regulator
- B) PD-regulator sa neizrazitim samopodešavanjem pojačanja.

3.ZAKLJUČAK

Dubinsko pozicioniranje robotizirane ronilice jedan je od jednostavnijih načina njenog automatskog vođenja. Savršeniji "inteligentniji" oblici vođenja uključuju pronalaženje potopljenog objekta na morskom dnu, praćenje konfiguracije dna i slično. Za očekivati je da će i u tim slučajevima primjena neizrazitog vođenja dati rezultate bolje od klasičnog vođenja, što je predmet naših daljnjih istraživanja. Osnovni razlog je taj što je ronilica nelinearni objekt, a neizraziti regulator nelinearni regulator, pa se lakše prilagođuje nelinearnostima ronilice. Rezultati dosadašnjih istraživanja ohrabruju i predstavljaju dobru pripremu za razvoj složenijih postupaka vođenja.

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 37. KOREMA, Zagreb 1992.
- [2] A.Ollero, A.J.Garcia-Cerezo
Direct Digital Control, auto-tuning and supervision using fuzzy logic, Fuzzy Sets and systems, IFSA, Amsterdam 1989.
- [3] M.Sugeno
An Introductory Survey of Fuzzy Control, New York 1985.
- [4] D.Stipaničev
Teorija i primjena neizrazitog povratnog vođenja, Automatika, 5-6, 1989, str 179-188.

Zvonimir Torba
Dr.Ivica Mandić, Dr.Darko Stipaničev
Laboratorij za inteligentne sustave i robotiku,
Katedra za automatiku
Fakultet Elektrotehnike
Strojarstva i Brodogradnje
R. Boškovića bb. 58000 Split
tel 058/563-777 fax.058/563-877