

Univerzitet u Beogradu
Mašinski fakultet

Zoran Dj. Miljković

**ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MIKROROBOTA ZA MONTAŽU
MEHATRONSKIH SKLOPOVA**

- magistarska teza -



Priznanje: 03.12.1993.

Beograd, 1993. godine

J. Stoković

Mentor:

Prof. dr Vladimir R. Milačić
Mašinski fakultet - Beograd

Članovi komisije:

Prof. dr Milisav Kalajdžić
Mašinski fakultet - Beograd

Prof. dr Dragan Milutinović
Mašinski fakultet - Beograd

Prof. dr Žarko Spasić
Mašinski fakultet - Beograd

Prof. dr Miloš Glavonjić
Mašinski fakultet - Beograd

Prof. dr Ratko Gatalo
FTN - Novi Sad

Datum odbrane:

ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MIKROROBOTA ZA MONTAŽU MEHATRONSKIH SKLOPOVA

Projektovanje mehatronskih proizvoda u domenu nanotehnologije podrazumeva potpuno nov koncept koji je zasnovan na multidisciplinarnom pristupu. Insekt robot, kao predstavnik inteligentnih autonomnih mikrorobota nove generacije, predstavlja mehatronski proizvod koji ima izražene elemente veštačkog života. Inteligentno ponašanje insekt robota je u ovom radu objašnjeno preko dekompozicije inteligentnog upravljačkog sistema na nivoe kompetencije. Izvršena je simulacija rada insekt robota namenjenog obavljanju montažnih zadataka. Koncept projektovane strukture inteligentnog autonomnog mikrorobota zasnovan je na neuronskim modelima i neuronskim mrežama, koje su detaljno objašnjene u ovom radu.

Ključne reči: Mehatronika, Veštačka inteligencija, Veštački život, Insekt robot, Inteligentan autonoman mikrorobot, Montaža, Nanotehnologija, Analogija, Simulacija, Neuronske mreže.

THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE MICROROBOT FOR ASSEMBLY OF MECHATRONIC FITS

Designing of mechatronic products in nanotechnology domain includes an entirely new concept based on multidisciplinary approach. Insect robot, as a representative of new generation intelligent autonomous microrobot is a mechatronic product with emphasize on elements of artificial life. The intelligent behaviour of insect robot in this paper is described through decomposition of intelligent control system to levels of competence. The simulation of work of the insect robot is done for performing assembly tasks. The concept of designed structure of the intelligent autonomous microrobot is based on neural models and neural networks, which are discussed in this paper in detail.

Key words: Mechatronics, Artificial Intelligence, Artificial Life, Insect Robot, Intelligent Autonomous Microrobot, Assembly, Nanotechnology, Analogy, Simulation, Neural Networks.

Rad je nastao u Institutu za proizvodno mašinstvo i računarski integrisane tehnologije Katedre za proizvodno mašinstvo na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Rad predstavlja deo istraživanja u okviru strateškog projekta "Inteligentni tehnološki sistemi" (ITS).

Istraživanje i razvoj novog pristupa veštačkoj inteligenciji u robotici podrazumeva izgradnju inteligentnog autonomnog robota, sa mogućnošću izvršenja više zadataka u tehnologiji montaže elektronskih komponenata. Prilikom projektovanja inteligentnog autonomnog mikrorobota korišćene su razvijene teorije na bazi analogije i teorije mašinskog učenja, sa ciljem da se na primeru insekt robota teorije verifikuju kroz istraživanja i razvoj inteligentnog tehnološkog sistema za montažu mehatronskih sklopova.

Rad je od samog početka usmeravao i podržavao mentor Prof. dr Vladimir R. Milačić, kome se posebno zahvaljujem za upućivanje u potpuno novu oblast naučno-istraživačkog rada, definisanje programa mog usavršavanja i potsticanje u toku nastanka rada.

Za uspešno savladavanje problema u toku izrade rada izuzetnu zahvalnost dugujem Prof. dr Milisavu Kalajdžiću. Takodje, za veoma korisne savete i pomoć zahvaljujem se Prof. dr Draganu Milutinoviću. Zahvalnost dugujem i kolegama sa Katedre, posebno Branku Kokotoviću, dipl.inž. maš., na pomoći u realizaciji rada.

U tehničkoj obradi rada učestvovali su Snežana Gajić, Nenad Stefanović, dipl.inž.maš, Irena Stefanjuk, dipl.inž. maš, Biljana Uzelac, dipl.inž.maz., i Rade Krndija, dipl.inž.maš., te im se ovom prilikom srdačno zahvaljujem.

A u t o r

S A D R Ž A J:

1.	UVOD	1
2.	KLASIFIKACIJA MEHATRONSKIH SKLOPOVA	3
	2.1. Pojam mehatronike	3
	2.2. Projektovanje mehatronskih sistema	5
	2.3. Generalna klasifikacija mehatronskih sklopova	9
	2.4. Zaključak	15
3.	KLASIFIKACIJA MONTAŽNIH ZADATAKA	16
	3.1. Robotizovana montaža danas	16
	3.2. Generalna klasifikacija montažnih zadataka	17
	3.3. Zaključak	19
4.	NANOTEHNOLOGIJA, VEŠTAČKI ŽIVOT I INSEKT ROBOT	20
	4.1. Osnovne definicije i pojmovi	20
	4.2. Novi pristup veštačkoj inteligenciji u robotici	22
	4.3. Veštački život i roboti	24
	4.4. Kako insekt roboti mogu promeniti oblast robotike	25
	4.5. Zaključak	27
5.	KONCEPCIJSKO PROJEKTOVANJE MIKROROBOTA ZA VIŠENAMENSKU MONTAŽU MEHATRONSKIH SKLOPOVA, BAZIRANIH NA PRINCIPIMA INSEKT ROBOTA	28
	5.1. Formulisanje koncepta inteligentnog autonomnog mikrorobota (IAM) za višenamensku montažu mehatronskih sklopova	28
	5.1.1. Neurobiološke osnove i neuronske mreže	28
	5.1.2. Inteligentan autonoman mikrorobot - neuronski modeli	34
	5.1.3. Metodologija rekonfiguracije strukture mobilnog IAM	38
	5.1.4. Odredjivanje pozicije i orijentacije baze mobilnog robota	40

5.2. Analogija kao metod za donošenje odluka pri projektovanju ponašanja IAM	42
5.3. Formalizacija tehnološkog postupka montaže mehatronskih sklopova pomoću IAM	46
5.4. Zaključak	55
6. SIMULACIJA PROJEKOVANE STRUKTURE IAM	56
6.1. Opis rada simulacionog programskog paketa INSEKT	56
6.2. Realizacija koncepta IAM	57
6.3. Primer projektovane strukture IAM	60
6.4. Zaključak	64
7. ZAKLJUČAK	65
8. LITERATURA	66
9. PRILOG	69

1. U V O D

Stalni razvoj fleksibilnih tehnoloških sistema uslovljava i promene u industrijskoj robotici. Naime, potpuno automatizovan sistem za tehnologiju montaže, koja se smatra veoma kompleksnom, obuhvata i istraživanje autonomnosti robota.

Autonomni roboti podrazumevaju razvoj upravljačkih algoritama baziranih na veštačkoj inteligenciji, koja ima potpuno nov koncept u ovoj oblasti robotike /8/. Danas se autonomnost robota zasniva na mogućnostima učenja i donošenja odluka o akcijama, koje se pri izvršenju postavljenog zadatka, kroz inteligentno ponašanje robota, izvršavaju. Trenutno se u Laboratoriji za veštačke insekte (**Artificial Insect Laboratory**) na MIT-u (**Massachusetts Institute of Technology**) pod rukovodstvom Prof. Rodney Brooks-a intenzivno radi na istraživanju u oblasti inteligentnih autonomnih mobilnih robota, koji inteligentno ponašanje zasnivaju na inteligenciji insekta. Otuda toj novoj kategoriji naziv **INSEKT ROBOT**. Insekt roboti pripadaju trećoj generaciji robota. Inteligentno ponašanje insekt robota obuhvata elementarna ponašanja poput izbegavanja prepreka, praćenja ivica objekata, istraživanja okoline i sl. Inteligentni upravljački sistem insekt robota podrazumeva paralelan pristup svakom od elementarnih nivoa ponašanja, pri čemu viši nivoi mogu u zavisnosti od kompleksnosti zadatka uključiti i niže nivoe /7/.

Pored Prof. Rodney Brooks-a koji je tvorac ideje, ovom oblašću se bavi i dr Randall Beer koji je, u okviru **Department of Computer Engineering and Science, Case Western Reserve University**, iz Cleveland-a, razvio veštački insekt na istim osnovama /3/.

Ovaj rad ima dva osnovna cilja. Prvi se odnosi na razumevanje i definisanje novih pravaca u razvoju inteligentnog ponašanja robota treće generacije kojoj pripada insekt robot, a drugi na testiranje tako uspostavljenih nivoa adaptivnog ponašanja autonomnog robota, kroz kompjutersku simulaciju i verifikaciju. Nivoi inteligencije robota, koji su obuhvaćeni u radu dati su preko istraživanja okoline, slobodnog kretanja bez kontakta sa objektima i izbegavanja kolizije sa objektima iz okruženja. Upravljački algoritmi koji ostvaruju inteligentno adaptivno ponašanje insekt robota bazirani su na neuronskim mrežama, tako da je u radu detaljno objašnjen princip kreiranja neuronskih kontrolera.

Rad obuhvata više celina, od kojih su sledeće najbitnije:

- * Klasifikacija mehatronskih sklopova sa oblastima njihove primene, posebno u okviru mikro i nanotehnologije (poglavlje 2);
- * Klasifikacija montažnih zadataka (poglavlje 3);

- * Konceptijsko projektovanje mikrorobota baziranih na principima insekt robota kao moguće paradigme za projektovanje veštačkog života i veštačke inteligencije (poglavlje 4 i 5);
- * Simulacija rada projektovane strukture robota u svom radnom ambijentu (poglavlje 6).

U oblasti nauke o projektovanju razvijen je koncept **Inteligentnog Autonomnog Mikrorobota (IAM)** kao nove vrste inženjerskog proizvoda. Konceptijsko projektovanje mikrorobota za montažu proizvoda mehatronske klase obuhvata projektovanje u okviru tri različite, ali u kontekstu mehatronike srodne oblasti inženjerskog angažovanja: mašinstva, elektronike i software-a. U radu je izvršena integracija sva tri različita pristupa.

Za rešavanje postavljenog problema koristi se metod računarskog projektovanja ukupnog radnog ambijenta i strukture robota. Korišćenjem simulacionog programskog paketa **INSEKT** izvršena je provera projektovane strukture.