

Asistent Bakir Lačević, dipl. el. ing
Bjelave 53, 71000 Sarajevo
Kanton Sarajevo, Bosna i Hercegovina
Tel. 061 533 024
email: bakir.lacevic@etf.unsa.ba

Datum: 31.08.2006. godine

Univerzitet u Sarajevu
Elektrotehnički fakultet
Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo

Nastavnonaučnom Vijeću putem
Odsjeka za automatiku i elektroniku

Predmet: Prijava teme magistarskog rada

Podnosim prijavu za prijedlog teme za izradu magistarskog rada pod nazivom:

**PODEŠAVANJE PARAMETARA UPRAVLJAČKIH ZAKONA GENETIČKIM
ALGORITMIMA**

Rad sa navedenim naslovom predstavlja sintezu rezultata projekta "**Rechnergestuetzter Reglerentwurf fuer ein komplexes Servosystems-Roboterarm: Neuro-Genetische Regler mit adaptive Opeartoren**" (finansiran od strane DAAD-a, 2002-2003, koordinator Vanr. Prof. Dr Zikrija Avdagić, dipl. el. ing.) i samostalnog istraživanja mogućnosti primjene genetičkih algoritama za projektovanje sistema upravljanja brzinom i pozicijom mobilnog robota. Budući da odabrana tema pripada oblasti primjena metoda vještačke inteligencije za projektovanje sistema automatskog upravljanja, predlažem da mentor izrade magistarskog rada bude Vanr. Prof. Dr Zikrija Avdagić, dipl. el. ing.

S poštovanjem,

Bakir Lačević

Obrazloženje prijedloga teme magistarskog rada

NAZIV TEME:

PODEŠAVANJE PARAMETARA UPRAVLJAČKIH ZAKONA GENETIČKIM ALGORITMIMA

CILJEVI RADA

Prvi cilj rada je jezgrovit opis principa funkcionisanja samog genetičkog algoritma (GA) koji se bazira na konceptima Darwin-ove teorije evolucije i Mendel-ovih zakona nasljeđivanja, te prikaz metodologije primjene GA za projektovanje sistema automatskog upravljanja. U okviru rada biće govora o podešavanju parametara sistema upravljanja sa poznatom strukturom. Podešavanje se vrši s ciljem minimizacije unaprijed zadanog kriterijalnog funkcionala (indeksa performanse sistema). Ovakav princip biće ilustriran parametrizacijom nekih klasičnih upravljačkih zakona (PID, LQR) u simulacionom okruženju. Ovdje će biti obrazložene glavne prednosti ovakvog pristupa.

Drugi cilj rada je primjena prikazane metodologije za rješenje konkretnih problema složenijeg karaktera. Ovdje se mogu jasno izdvojiti dva zadatka:

1. Podešavanje parametara neuronskog regulatora robotske ruke
2. Podešavanje parametara regulatora pozicije i brzine mobilnog robota

U okviru prvog zadatka, implementirano je upravljanje dvosegmentnom robotskom rukom na bazi vještačkih neuronskih mreža. Parametri regulatora (neuronskih mreža) su podešeni primjenom GA u simulacionom okruženju uz pomoć matematičkog modela konkretne robotske ruke. Naročita pažnja je poklonjena adaptaciji operatora GA, s ciljem poboljšanja performanse samog algoritma. Regulatori, proizvedeni vještačkom evolucijom, su testirani na realnom objektu i prikazani su odgovarajući rezultati koji svjedoče o prednostima primijenjene metode u odnosu na klasične.

U okviru drugog zadatka, analitički je projektovana originalna struktura za upravljanje pozicijom i brzinom mobilnog robota sa dva neovisna pogonska točka, na bazi teorije stabilnosti po Ljapunov-u. Parametri ove strukture su podešeni pomoću GA. Poseban akcenat je stavljen na naknadnu modifikaciju proizvedenih struktura s ciljem smanjenja normi regulirajućih veličina (brzina i momenata). Dobra performansa sistema upravljanja je potkrijepljena odgovarajućim simulacijskim rezultatima.

OČEKIVANI REZULTATI

Glavni rezultati ovog rada se mogu podijeliti na rezultate metodološkog, i one problemski specifičnog karaktera. Prvi su vezani za razvoj relativno fleksibilnog algoritma (čije je jezgro genetički algoritam - GA) i odgovarajućih programa (u MATLAB/Simulink okruženju) koji omogućuju parametrizaciju širokog spektra upravljačkih zakona (PID, LQR, neuronske mreže, fuzzy regulatori, itd.). Bitno je napomenuti da je složenost podešavanja parametara invarijantna u odnosu na izabrani kriterijalni funkcional.

Osnovni rezultat problemski specifičnog karaktera je vezan za sam GA. Razvijen je specifični GA sa adaptivnim operatorima i velikim selekcijskim pritiskom koji omogućava relativno brzu konvergenciju ka suboptimalnom rješenju, čak i sa malom populacijom. Ovakav algoritam je osigurao bolju performansu neuronske mreže (regulatora) od klasičnog algoritma (backpropagation). Testirane su različite metode adaptacije operatora i, u skladu sa rezultatima, doneseni odgovarajući zaključci. Drugi bitan rezultat je analitički projektovana struktura za upravljanje pozicijom i brzinom mobilnog robota na bazi stabilnosti po Ljapunovu. Zbog većeg broja parametara koji figurišu u strukturi, nije ih pogodno podešavati ručno, te je primijenjen GA. Konačno, razvijen je princip modifikacije dobijene upravljačke strukture, na bazi hibridnog upravljanja, koji reducira norme regulirajućih veličina (brzina i momenata).

PLANIRANI PROGRAMSKI SADRŽAJ

1. UVOD

U uvodu će ukratko biti prikazan koncept parametarske optimizacije generalno, kao i primjena datog koncepta u projektovanju sistema automatskog upravljanja. Ovakav prikaz će biti popraćen kratkim istorijatom problematike. Dalje, biće riječi o motivaciji za korištenje genetičkog algoritma (GA) u svrhu podešavanja parametara upravljačkih zakona. Konačno, biće objašnjena struktura ostatka samog rada.

2. GENETIČKI ALGORITMI

- **Uvod**

Objašnjena je biološka motivacija pojave GA i kratak istorijat. Definisani su osnovni pojmovi iz terminologije GA. Prikazane su grube varijante pseudokoda i dijagrama toka GA. Prikazan je koncept binarne reprezentacije jedinki.

- **Operatori GA**

Objašnjeni su principi funkcionisanja glavnih operatora GA: selekcije, ukrštanja i mutacije, kao i najčešće primjenjivani tipovi ovih operatora

- **Teorija GA**

Dati su osnovni koncepti teorije GA. Formulisan je tzv. "Šema teorem", kao i "Hipoteza o gradivnim blokovima"

- **Adaptacija operatora GA**

Opisane su osnovne funkcije operatora selekcije, ukrštanja i mutacije i objašnjena je potreba za adaptabilnošću ovih operatora. Prikazani su neki pokazatelji stanja populacije, na osnovu kojih je moguće vršiti adaptaciju.

- **Genetički algoritmi za podešavanje parametara regulatora**

Formulisan je problem izbora parametara upravljačkog zakona s ciljem minimizacije kriterijalnog funkcionala. Prikazan je općeniti metod primjene GA za pronalazak suboptimalnog vektora parametara. Dat je jednostavan princip

jednoznačnog preslikavanja regulatora u binarno kodirani hromozom. Ovakav princip je ilustriran podešavanjem parametara nekih klasičnih upravljačkih zakona (PID, LQR) u simulacionom okruženju.

- **Zaključak**

U ovoj dijelu su rezimirani bitni dijelovi iz tekućeg poglavlja i doneseni su odgovarajući zaključci.

3. PODEŠAVANJE PARAMETARA NEURONSKOG REGULATORA ROBOTSKE RUKE

- **Uvod**

Opisan je objekat upravljanja - dvosegmentna, hidraulički pogonjena robotska ruka. Prikazan je koncept sinteze sistema upravljanja u širem smislu. Data je topologija upravljačke strukture i objašnjen njen izbor.

- **Neuronske mreže**

Dat je istorijat razvoja neuronskih mreža. Prikazan je matematski model osnovne gradivno-funkcionalne jedinice mreže - vještačkog neurona, kao i najčešće varijante aktivacijskih funkcija. Navedene su i standardne arhitekture neuronskih mreža, a potom je opisan generalni koncept supervizorskog učenja, kao i najčešće primijenjivana metoda - backpropagation (BP) algoritam. Objašnjeni su prednosti primjene GA za podešavanje parametara mreže.

- **Treniranje neuronske mreže pomoću GA**

Prikazan je princip kodiranja cijele neuronske mreže u binarni hromozom, kao i korištene strukture neuronske mreže. Objašnjene su etape procesa vještačke evolucije neuronskih regulatora, kao i specifičnosti primijenjenog GA

- **Mehanizmi adaptacije operatora GA**

Testirane su tri metode adaptacije operatora ukrštanja i mutacije. Prethodno su objašnjeni principi djelovanja ovih metoda. Na kraju su upoređene efikasnosti i pouzdanosti ovih metoda.

- **Realizacija upravljanja objektom i rezultati mjerenja**

U ovom dijelu je prikazana implementacija upravljanja realnom robotskom rukom pomoću dSpace modula. Za upravljanje su korištene neuronske mreže koje su rezultat evolucije u simulacionom okruženju. Na kraju su prikazani i komentarisani rezultati mjerenja.

- **Zaključak**

U ovoj dijelu su rezimirani bitni dijelovi iz tekućeg poglavlja i doneseni su odgovarajući zaključci.

4. PODEŠAVANJE PARAMETARA REGULATORA POZICIJE I BRZINE MOBILNOG ROBOTA

- **Uvod**

Dat je kratak istorijat razvoja mobilne robotike. Objašnjene su potrebe za kvalitetnim i pouzdanim algoritmima navigacije i upravljanja pozicijom i brzinama mobilnog robota.

- **Praćenje zadane trajektorije**

Objašnjen je koncept praćenja virtuelnog robota. Definisana je greška praćenja i izvedena njena dinamika.

- **Upravljanje kinematičkim modelom**

Dat je kinematički model mobilnog robota. Prikazana je topologija upravljanja u kojoj je dovoljan regulator pozicije. Analitički je projektovana struktura za upravljanje pozicijom koja omogućuje stabilno (u smislu Ljapunov-a) praćenje zadane trajektorije. Objašnjena je cjelokupna procedura primjene GA za podešavanje parametara regulatora pozicije. Naveden je i princip hibridizacije regulatora pozicije s ciljem smanjenja normi regulirajućih veličina (linearne i ugaone brzine robota). Prikazani su rezultati odgovarajućih simulacija.

- **Upravljanje dinamičkim modelom**

Izveden je dinamički model mobilnog robota na osnovu energetskih atributa platforme i Euler-Lagrange-ovih jednačina druge vrste. Prikazana je topologija upravljanja na bazi kaskade regulacionih petlji brzine i pozicije mobilnog robota. U tu svrhu je projektovan regulator brzine (unutrašnja petlja). GA je primijenjen za simultano podešavanje parametara oba regulatora. Opet je opisan hibridni regulator korišten za redukciju normi regulirajućih veličina (brzina i momenata). Konačno, performansa sistema je potvrđena simulacijskim rezultatima.

- **Zaključak**

U ovoj dijelu su rezimirani bitni dijelovi iz tekućeg poglavlja i doneseni su odgovarajući zaključci.

5. ZAKLJUČAK

U ovoj poglavlju su rezimirani bitni dijelovi iz prethodnih poglavlja i doneseni su odgovarajući zaključci.

KORIŠTENE METODE I RESURSI

- **Teorijski koncepti**

- o Genetički algoritmi
- o PID algoritam
- o LQR algoritam
- o Neuronske mreže
- o Mobilna robotika
- o Teorija stabilnosti po Ljapunov-u
- o Analitička mehanika
- o Hibridno upravljanje
- o Fuzzy logika

- **Korišten softver**

- o MATLAB/Simulink paket
 1. GAOT (Genetic Algorithm Optimization) toolbox
 2. Neural network toolbox
 3. Control systems toolbox
 4. Signal processing toolbox
 5. Communications toolbox
 6. DSP blockset
- o ControlDesk

- **Korišten hardver**

- o dSpace modul

- **Laboratorijski resursi**

- o Laboratorija za inteligentno upravljanje Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu
- o Laboratorija za automatiku - Lehrstuhl fuer Regelungstechnik (Friedrich Alexander University, Erlangen-Nuernberg)
- o Laboratorija za robotiku i autonomne sisteme Elektrotehničkog fakulteta u Sarajevu