

**NAUČNO-NASTAVNOM VIJEĆU
ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U SARAJEVU
Odsjek za automatiku i elektroniku**

Sarajevo, 29.06.2011. godine

Mr. sc. Emir Omerdić dipl.el.ing
Dr Ivana Ribara 15/22
75000 Tuzla
Tel: 035-260 -169, 061-896-624
e-mai: emiromerdic@yahoo.com

PREDMET: Prijava prijedloga teme doktorske disertacije

Poštovani,

Obraćam Vam se sa molbom da u skladu sa pravilima i procedurama Elektrotehničkog fakulteta i Univerziteta u Sarajevu, razmotrite prijedlog teme doktorske disertacije sa radnim naslovom:

On-line modeliranje i optimizacija industrijskog procesa s ciljem povećanja profita i efikasnijeg ekološkog rada

Prijava sadrži:

1. Prijedlog naslova disertacije na bosanskom i engleskom jeziku
2. Obrazloženje teme
3. Stanje u oblasti kojoj tema pripada
4. Osnovne ciljeve i plan istraživanja
5. Metodologiju istraživanja
6. Očekivani izvorni naučni doprinos disertacije
7. Literatura

Uz prijavu prilažem:

1. Popis i primjer objavljenih radova
2. Kratku biografiju stručnog i naučnog djelovanja

3. Izjavu da postupak sticanja akademskog stepena doktora nauka nisam pokrenuo niti u jednoj drugoj ustanovi
4. Ovjerenu kopiju diplome završenog studija
5. Ovjerenu kopiju diplome o stečenom naučnom stepenu magistra
6. Kopiju uplatnice na žiro račun fakulteta

Za mentora prilikom izrade doktorske disertacije predlažem van.prof.dr. Jasmina Velagića dipl.el.ing, sa kojim sam obavio konsultacije i dobio saglasnost za prijavu navedene teme doktorske disertacije.

1. PRIJEDLOG NASLOVA DISERTACIJE

Bosanski:

ON-LINE MODELIRANJE I OPTIMIZACIJA INDUSTRIJSKOG PROCESA S CILJEM POVEĆANJA PROFITA I EFIKASNIJEG EKOLOŠKOG RADA

Engleski:

ON-LINE MODELING AND OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PROCESS WITH AIM OF MAXIMIZATION OF PROFIT OR ECOLOGICAL EFFICIENCY

2. OBRAZLOŽENJE TEME

U procesima dizajna, izgradnje, upravljanja i eksploatacije industrijskih postrojenja neophodno je definirati kriterije za njihovo vrednovanje, a koji se oslanjaju na dva ključna aspekta:

- Zadovoljenje dinamike rada u određenim granicama.
- Ušteda u nabavci opreme za automatizaciju postrojenja i podešenju regulatora.

Nažalost, zalihe energenata u svijetu se smanjuju uz istovremeni porast njihovih cijena i broja konkurentnih industrijskih postrojenja. U vezi s tim javlja se potreba za racionalnijim korištenjem energenata, kao i iznosa novca za njihovo plaćanje. Dobro podešena automatska oprema u industrijskom postrojenju smanjuje broj niskokvalificiranih radnika i povećava kvalitet proizvoda, kao i kontinuitet proizvodnje kvalitetnih proizvoda. Prva faza automatizacije u industrijskim postrojenjima jest ugradnja procesorskih upravljačkih jedinica, programibilnih logičkih kontrolera (PLC-ovi) i distribuiranih upravljačkih jedinica (DCS-ovi), za vođenje i vizualizaciju industrijskih procesa. Nakon toga slijedi faza podešavanja regulatora sa stajališta povećanja profita ili boljeg rada postrojenja, naprimjer, nestanak crnog dima iz dimljaka. Ova druga faza predstavlja motivaciju za istraživanje u predloženoj oblasti doktorske disertacije.

Autor nastoji proširiti i prilagoditi model dobiven u magistarskom radu, koji se bavio isključivo radom u stacionarnom stanju, dinamičkim procesima i promjenama u radu industrijskog tehnološkog procesa. Za to je potrebno obaviti on-line modeliranje, to jest dobivanje modela procesa koji će opisivati i dinamiku u industrijskom procesu, a nakon toga obaviti on-line optimizaciju korištenjem kriterija povećanja profita, odnosno smanjenja zagađenja okoline.

Moguće koristi od modeliranja procesa su sljedeće:

- bolje razumijevanje procesa proizvodnje,
- identificiranje uvjetnih predikcija,
- virtuelni razvoj prototipa za nove softversko/hardverske komponente,
- optimizacija sistema upravljanja,
- unapređivanje karakteristika termalnih procesa,
- ekološka razmatranja,

- proučavanje ponašanje sistema za parametre izvan radnog područja,
- prikupljanje podataka sa dijagnostičkim relacijama između ostalih osobina procesa u određenim situacijama za razvoj sistema za otkrivanje i izolaciju mjesta kvara,
- obuka i trening operatorskog osoblja kroz igru/rekonstrukciju opasnih ili hitnih scenarija i uvježbavanje osoblja,
- definiranje i potvrđivanje procedura za sigurnosne operacije.

Kod razvoja on-line modela u radu se razmatraju sljedeći aspekti:

- Razvoj matematičkog modela baziranog na jednačinama koje se izvode iz zakona o održanju mase i energije i ostalim diferencijalnim jednačinama koje definiraju prijenos mase i toplote u kotlu i turbini. Ovaj pristup daje najbolji uvid u fizikalnost sistema jer se bazira na poznatim fizičko-hemijskim karakteristikama procesa koji se modelira i izražava se diferencijalnim ili drugim jednačinama dobro poznatim iz teorijskog znanja o tom sistemu a koristi prednosti novih personalnih računara za bržu obradu podataka i izvođenje simulacija.
- Razvoj statističkog modela metodama regresione analize ili metodom odzivnih površina (RSM – Response Surface Method). Navedene metode se baziraju na statističkim pokazateljima i sve novijim pristupima statističkog i ekonometrijskog pristupa modeliranja industrijskih procesa, kod kojih je za dobivanje boljih modela poželjno eksperimentisanje u blizini postojeće radne tačke. Ova metoda sve više dobiva na značaju kako se performanse personalnih računara unapređuju i poboljšavaju, jer je potrebna obrada velike količine podataka u kratkom vremenu, odnosno u on-line režimu (realno vrijeme).
- Razvoj modela na bazi inteligentnih sistema, korištenjem neuronskih mreža i fuzzy modela. Zadnjih 15-ak godina objavljen je veliki broj radova na ovu temu. Prednosti fuzzy i neuronskog modeliranja ogledaju se u intuitivnim pristupima zaključivanja i učenja (adaptacije), svojstvenih ljudskom načinu razmišljanja. Ogroman broj radova iz ove oblasti rezultirao je u velikom broju razvijenih metoda i algoritama koji su dali dobre rezultate u praksi.

Kvalitet, efikasnost i robusnost dobivenih modela uspoređivat će se na osnovu definirane funkcije cilja koja ovisi o modelu i cijeni ulaznih energenata (ugalj ili gas), kao i cijeni proizvedenog MW električne energije. Nakon toga, dobivenu funkciju cilja treba optimizirati metodama: nelinearnog programiranja, direktnog traženja ili genetskog algoritma tako da dobiveni model (u konkretnom slučaju termoelektrana) daje najveći profit. Prilikom optimiziranja vodi se račun o ograničenjima na tehnološke parametre koji moraju biti u određenim granicama (to konkretno znači da treba vršiti optimizaciju sa ograničenjima izraženim u obliku nejednakosti).

Na kraju je potrebno razviti adaptivni algoritam, što predstavlja i glavni doprinos rada, koji će na bazi promjena cijena energenata i cijene električne energije mijenjati postavne veličine (engl. set-points) regulatora u fabrici tako da se postigne maksimalni profit.

3. STANJE U OBLASTI KOJOJ TEMA PRIPADA

Razvoj metoda i koncepata simulacije procesa je čvrsto povezan sa razvojem kompjuterskih nauka, kao i razvojem hardvera i programskih jezika. Prve praktične primjene ovih metoda su počele još 1970-ih razvojem prvog hardvera za akviziciju podataka i programa napisanih u FORTRAN i C programskim jezicima. Modeliranje hemijskih svojstava i osobina sistema je u stvarnosti počelo znatno ranije, npr. kubna jednačina stanja i Antoine-ova jednačina su razvijene još u 19 vijeku.

U početku je simulacija procesa korištena za simulaciju procesa u stacionarnom, stabilnom stanju. Ti modeli odražavaju maseni i energetski bilans stacionarnih procesa, ali se ignoriše bilo kakva promjena u vremenu.

Konkretni primjer razvoja matematičkog modela kotla i turbine u termoelektrani na bazi fizikalnih i zakona termodinamike je na ilustrativan način prikazan u doktorskoj disertaciji [1]. Dinamički model sa prikazanim dekomponiranjem složenog modela na manje i jednostavnije modele, kao i algoritmom za pisanje S funkcije u Matlabu je dat u radu [2]. Vrlo efikasan razvoj modela sa jasno naznačenim uticajem pojedinih fizikalnih komponenti, kao npr. dužina cjevovoda, tip cijevi,..., na ponašanje odziva modela su demonstrirani u radu [3]. Korištenje sofisticiranih performansi novijih procesora u PC-ima za intenzivne proračune numeričkim metodama i razvoj toolbox-a za Matlab i Simulink su predložila i opisala nekolicina autora u radu [4].

Idejni princip statističkog modeliranja sistema sa osvrtom na optimizaciju troškova kao i primjenu postepene (engl. stepwise) regresije, odnosno RSM metode za matematičko modeliranje stacionarnih sistema, predložila je skupina njemačkih autora [5]. Jedan od pristupa iz ove grupe modeliranja razvio je i autor prijedloga ove doktorske disertacije u svom magistarskom radu [6]. Pri tome, ukoliko bude omogućeno da se vrši dizajniranje eksperimenata za potpunu primjenu metode RSM, tj za izvođenje eksperimenata u industrijskom procesu u kuboidalnom dijelu koji najbolje odgovara opisanom modelu, to će omogućiti povećanje tačnosti modela a time i pokušaj da se u praksi potvrde sve prednosti ove metode i dobivanje najboljeg modela, čiji kvalitet bi se trebao potvrditi ANFIS (engl. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) tabelom i ostalim pokazateljima (R^2 , R^2 adjusted, F, ...).

Primjena linearnog programiranja u optimizaciji modela termoelektrane za kombinovanu proizvodnju električne i toplinske energije, dobivenih višeregresionom analizom ili neuronskim mrežama je detaljno objašnjena u radu [7]. Metodologija, algoritmi, testiranje sistema i praktični primjeri statističkog modeliranja procesa su detaljno opisani u [8].

Uvođenje fuzzy logike u proces modeliranja multivarijabilnih nelinearnih dinamičkih sistema sa raspodjeljenim parametrima i izraženim transportnim kašnjenjima, kakav je u suštini termoelektroenergetski blok u termoelektranama, je predložio autor Dražen Lončar u svojoj doktorskoj disertaciji [9]. Primjenu mješovite neuro-fuzzy strukture u modeliranju što je u tom trenutku značilo ogroman poticaj čak i "revoluciju" za veliki porast broja naučno-istraživačkih radova sa primjenom neuronskih mreža, fuzzy struktura itd., predložila je grupa autora [10]-[11].

Optimizacija i ekonomska profitabilnost, tj povećanje efikasnosti bloka putem podešavanja regulatora na zadane vrijednosti koji bi se trebala dobiti metodama linearnog ili nelinearnog programiranja sa ograničenjima su opisane u [12]-[15]. Pronalaženje globalnog minimuma funkcije metodama genetskog algoritma (GA) opisano je u [16]-[20].

Prednosti hardversko-softverskih platformi firme National Instruments kod kreiranja matematičkih modela industrijskih procesa, lahkooća njihovog rukovanja uz postojanje moćnih alata sa jakim matematičkom pozadinom, moćnim procesorima kao i paralelni rad više jezgri procesora pri

akviziciji, filtriranju, upisivanju u bazu podataka, obradi podataka i izradi matematičkih alata unutar real-time okruženju su opisani u radovima [23]-[25].

Sve metode koje će se koristiti imaju određene prednosti, koje su ukratko navedene u poglavlju 2.

U nastavku se sumiraju nedostaci metoda opisanih pod tačkama 2. i 3. prethodnog poglavlja:

- Metoda matematičkog modeliranja bazirana na jednačinama koje se izvode iz zakona o održanju mase i energije i ostalim diferencijalnim jednačinama koje definiraju prijenos mase i toplote u kotlu i turbini – nedostaci ove metode ogledaju se u tome da su promjene koje nastaju na modelu usljed starenja, korištenja i habanja teško mjerljive (npr. naljep u cijevima koji uzrokuje povećanje pritiska u njima usljed smanjenja presjeka, proces gorenja dosta ovisi o energetske vrijednosti uglja koji u tom momentu ulazi u ložište, a on-line informaciju o tome je teško ili skoro nemoguće imati u realnom vremenu, itd.). Prema tome, za kvalitetan model potrebno je znatno teoretsko predznanje o procesu koji se želi modelirati, a također je potreban i veliki vremenski period za poboljšavanje modela usljed „neidealne dinamike“ proizašle iz neizvjesnosti parametara modela.
- Razvoj statističkog modela metodama regresione analize ili metodom odzivnih površina uz korištenje znanja iz ekonometrike – nedostaci ove metode su: zahtijeva se izuzetno mnogo proračunavanja što je bio i najveći problem za njenu primjenu u on-line režimu. Pojava sve moćnijih personalnih računara, pogotovo pojava procesora sa više jezgri i paralelno procesiranje, čine ove metode zanimljivim za modeliranje industrijskih procesa. Iako su ove metode osjetljive na netačne podatke, one posjeduju u svojim algoritmima rješenja za identifikaciju „sumnjivih“ mjerenja i izbace ih iz modela. Korištenje ovog pristupa zahtijeva dobro poznavanje osnova statistike kao i metoda regresionih analiza, t-raspodjela, normalna raspodjela, R^2 , ANOVA, i ostalih definicija i pojmova iz statistike, a te oblasti se vrlo malo izučavaju na tehničkim fakultetima. Prednost je da se kod modeliranja koriste podaci koji se uzimaju iz DCS-ovih baza, bez zadavanja testnih funkcija, osim kod popravljivanja modela u RSM-u ali su i te prepravke bazirane na eksperimentima u blizini radne tačke. Na ovaj način se dobiva model u kojem su promjenljive slobodno izabrane, pa osoba koja obavlja modeliranje treba za promjenjive izabrati one veličine koje su upravljive, tako da se u sljedećoj fazi mogu pronalaziti optimalne vrijednosti tih veličina koje bi se koristile kao set-pointi za regulatore koji upravljaju procesom.
- Razvoj modela na bazi inteligentnih sistema (npr. ANFIS) je vrlo dobra metoda sa dobrim rezultatima u praksi. Njen najveći nedostatak u odnosu na zadatke i ciljeve postavljene u prijavi disertacije ogleda se u tome da dobiveni model ima veliki broj težinskih faktora i parametara koje je teško povezati sa fizikalnim pokazateljima, odnosno regulatorima. To znači, da je u fazi modeliranja ovaj pristup dobar, ali kada se traže optimalni parametri sa stanovišta najprofitabilnije proizvodnje tada ovaj model pokazuje svoje velike nedostatke.

Predložena doktorska disertacija bi trebala iskoristiti prednosti svih navedenih modela, te ih primijeniti ih u praksi. Nadalje bi se iskoristile performanse novijih računara i paralelno se izvršavao veći broj radnji kako bi se omogućilo on-line modeliranje. Najvjerovatnije, a to zavisi i od rezultata i tačnosti dobivenih modela, će se optimizirati statistički model za dobivanje optimalnih parametara sa ekonomskih stajališta. U vezi s tim bi se kombinirala ekonometrija,

koja uključuje algoritme garch modeliranja, sa genetskim algoritmima i NLP-om (nelinearno programiranje sa ograničenjima) u cilju najbržeg i najsigurnijeg traženja optimuma funkcije cilja za maksimalni profit.

4. CILJEVI, ZADACI I PLAN ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je razviti tehniku matematičkog modeliranja i primijeniti je na konkretnom industrijskom procesu (u našem slučaju energana u fabrici GIKIL - blok od 12 MW), te obaviti usporedbu dobivenih rezultata sa nekim od postojećih metoda sa aspekata:

- Tačnosti dobivenog modela na podacima sa kojima je isti naučen.
- Tačnosti na definiranim testnim validacijskim podacima.
- Vremena i složenosti procedure za dobivanje pojedinog modela.
- Najbolji model po nekom od gore iskazanih kriterija izraziti kao funkciju cilja, pri čemu treba uzeti u obzir i cijenu energenata kao i cijenu kWh el. energije i izvršiti maksimizaciju profita metodama NLP i GA.

Pri gore navedenom cilju, prilikom uzimanja podataka potrebno je podatke filtrirati i uočiti one među njima koji potiču od neispravnih uređaja ili su „oštećeni“ prilikom prijenosa podataka od transmitera do DCS-a.

Drugi cilj je razviti softver za on-line modeliranje i on-line optimizaciju po cijenama energenata i traženje set point-a za regulatore upravljivih veličina u modelu.

Plan je da se prilikom obilaska odabranog industrijskog procesa, autor upozna sa tehnologijom i sistemom koji će modelirati, kao i opremom i načinom pisanja mjernih podataka. Takođe, u razgovoru sa domaćinima postrojenja treba utvrditi mogućnost sprovođenja ekperimentalnog dizajniranja (DOE) što bi omogućilo izbacivanje eventualnih lažnih tačaka iz mjerne liste i dobivanje što tačnijeg modela.

Sljedeći korak, je da se razvije softver koji će metodom najmanjih kvadrata odrediti multiregresijsku funkciju, ANFIS ili fuzzy funkciju koja najbolje opisuje dati proces. Također, od domaćina treba dobiti i podatke koji bi se uvrstili u teoretski model bloka na bazi fizikalnih zakona.

Na kraju, treba razviti softver, koji će na bazi metoda nelinearnog programiranja i genetskog algoritma naći maksimum funkcije profita kao i adaptivnog algoritma prilagođavanja-traženja set up vrijednosti regulatora koje će davati najveći profit u funkciji cijene energenata i cijeni proizvedene električne energije.

Sve navedene softvere treba razviti u MATLAB okruženju, pri čemu se u pojedinim fazama mogu koristiti i drugi napredni softverski alati. Dobivene modele treba provjeriti u estimaciji na podacima koje nisu vidjeli u fazi učenja.

Na kraju, najveći i najvažniji cilj je dobivene parametre u stvarnosti probati u procesu proizvodnje u energani GIKIL-a i vidjeti stvane ekonomske pokazatelje primjene ovih metoda.

Također, velika moguća praktična korist od rada može biti i za analizu/učenje operatera na konkretnom pogonu, što će autor disertacije obezbijediti na način da modele ugadi u MATLAB ili Excell okruženju prihvatljivom za operatore, gdje će zadavanjem pojedinih parametara izlazi iz modela biti prikazivani i biti mogući za usporedbu sa stvarnim mjerenim vrijednostima.

Konačni praktični cilj je da parametri dobiveni optimizacijom budu potvrđeni u praksi čime bi se postigli:

- Ušteda, to jest povećanje profita.
- Manje zagađenje okoline.

Plan aktivnosti na radu je sljedeći:

- Obići pogone i pokupiti podatke o mjerenjima, obaviti razgovore sa inženjerima koji vode proces u energani
- Razviti matematičke modele procesa.
- Izvršiti optimizaciju modela sa stanovišta maksimalnog profita.
- Primjeniti te parametre u praksi i uporediti sa efikasnošću u odnosu na vrijeme prije upotrebe tih parametara
- Objaviti nekoliko članaka u časopisima ili na konferencijama od međunarodnog značaja.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Metodologije istraživanja se zasnivaju na matematičkoj teoriji nelinearnih sistema, termodinamici, osnovama statističkog modeliranja i RSM-u, fuzzy logike i neuronskih mreža, metodama linearnog i nelinearnog programiranja sa ograničenjima kao i genetskoog algoritma sa primjenom u traženju minimuma funkcije.

Osim teorijskog razmatranja navedenih sistema i tehnika u disertaciji će se koristiti postupci estimacije, identifikacije i modeliranja, projektiranja, kao i simuliranja dobivenih algoritama i struktura radi dokazivanja opravdanosti njihovog korištenja i poboljšanja koje one unose u odnosu na dosad korištene kao i kvalitativnog poređenja određenih metoda. Pri tome će se koristiti razni softverski alati za optimizaciju dobivenih modela sa aspekta povećanja profita uz istovremeno, kontinuirano držanje procesa u tehnički dozvoljenim ograničenjima (engl. optimization with constraints).

6. OČEKIVANI IZVORNI NAUČNI DOPRINOSI DISERTACIJE

Izvorni naučni doprinosi doktorske disertacije su:

- 1 Razvoj metoda matematičkog modeliranja industrijskih procesa i optimizacije, te njihova validacija i verifikacija kroz numeričke simulacije i eksperimente na konkretnom industrijskom postrojenju. Izbor najboljeg modela obavlja se na osnovu definiranog kriterija kvalitete, odnosno funkcije koja predstavlja jednačinu sa najmanjom akumulativnom greškom za podatke koje je model imao u fazi učenja ili u fazi testiranja (uobičajeno je da se uzima u fazi testiranja). Nakon toga se za dobiveni najbolji model određuje funkcija cilja, gdje je cilj najveći profit uz tehnološka ograničenja - nejednakosti, i računa se njen maksimum korištenjem nelinearnog programiranja uz ograničenja u obliku nejednakosti i genetskog algoritma.

- 2 Matematička formulacija i formalizacije algoritma za adaptivno prilagođavanje parametara u industrijskom procesu koji bi davali najveći profit, a koji bi se mijenjali sukladno promjenama cijena energenata i sirovina, odnosno konačne cijene koštanja gotovog proizvoda. Za navedeni algoritam bi se razvio i softverski model u programskom paketu Matlab i/ili Labview.
- 3 Izrada trenažnog matematičkog modela za osoblje koje upravlja pogonima energane koji bi na osnovu upisanih vrijednosti mjerenja na određenim mjestima u procesu i dobivenog najboljeg matematičkog modela računao izlaze na tačkama koje daje model. Ovim bi se stvorili uvjeti za bolje ovladavanje industrijskim procesom i omogućilo uočavanje određenih nedostaka u procesu, ukoliko se dobivene vrijednosti značajno razlikuju od mjernih veličina.

7. POPIS KORIŠTENE LITERATURE

- [1] A. Hailu, “ Simulation of modern steam power plant”, *Addis Ababa University Faculty of Technology, Mechanical Engineering Department, Graduate Program in Thermal Engineering* - postgraduate thesis; June 2005.
- [2] L. Changliang, L. Jizhen, N. Yuguang, J. Xiuzhang, “Nonlinear Modeling And Simulation For Large Scale Coal-Fired Power Unit”, *The 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society-New York*, November 2 - 6, 2004, Busan, Korea.
- [3] P.K. Muralimanohar, “Advanced power plant modeling with applications to the advanced boiling water reactor and the heat exchanger”, *Faculty of Rensselaer Polytechnic Institute New York*, December 2009
- [4] A. Salehi, A.R. Seifi, , and A.A. Safavi, ., “ Combined-Cycle Plant Simulation Toolbox for Power Plant Simulator”, *The Pacific Journal of Science and Technology*, Volume 9. Number 1. May-June 2008.
- [5] P. Bangert, “Increase of coal burning efficiency via automatic mathematical modeling”; *Algorithmica technologies GmbH, Germany*. 2010
- [6] E. Omerdić, “Matematičko modeliranje peći za proizvodnju klinkera i optimizacija dobivenog modela”, *Elektrotehnički fakultet Tuzla*, 2006.
- [7] D. Pekka, J. Immonen, “Mathematical Models in Cogeneration Optimization”, *ABB Automation, Inc. Wickliffe, Ohio, USA*.
- [8] National Institute of Standards and Technology ,“Engineering statistics handbook,” <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/eda.htm>, 2006.

- [9] D. Lončar, "Primjena neizrazite logike u regulacijskom sustavu termoeenergetskog bloka," *Doktorska disertacija-Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje*, Zagreb - 2001.
- [10] J.-S. Roger Jang and Chuen-Tsai Sun and Eiji Mizutan , "Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence," *MATLAB Curriculum Series*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1997. (ISBN 0-13-261066-3).
- [11] T. Tagaki and M. Sugeno, "Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 15, pp. 116-132, 1985.
- [12] Lj. Martić, "Nelinearno programiranje- Odabrana poglavlja," *Informator - Zagreb*, 1973.
- [13] D. G. Luenberger, "Linear and Nonlinear Programming," *Kluwer Academic Publishers* - 2003.
- [14] "Optimization Toolbox 3.0", *User's guide for Matlab7.0.1 (R14)*, The MathWorks - 2002.
- [15] H.W.Kuhn and A.W.Tucker, "Nonlinear Programming," *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, 1951, 481-492.
- [16] Darrell Whitley "A genetic algorithm tutorial," *Computer Science Department Fort Collins CO 80253*.
- [17] Goldberg, D. E. "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Reading", MA: Addison-Wesley, 1989.
- [18] Forrest, S. (1993), "Genetic algorithms: Principles of natural selection applied to computation", *Science* 261:1993.
- [19] Holland, J. H. "Genetic algorithms", *ScientificAmerican* July 1992:66-72.
- [20] Mitchell, M., "An Introduction to Genetic Algorithms," *Cambridge, MA: MIT Press*, 1996
- [21] Omitaomu O.A, Jeong M.K, Badiru A.B., "On line support vector regression with varying parameters for time-dependent data," *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics –part a: systems and humans*, vol 41, no 1: january 2011.
- [22] Haisheng Li. , "Online training of support vector regression," *Sixth international conference on natural computation (ICNC): 2010 IEEE*.
- [23] I. Stefan, L. Stefan, N. Bidica, C. Moraru, I. Stefanescu, and O. Balteanu. , "A Concept about using LabView for Estimation of In-Vessel Tritium Inventory in a WDS," *World Academy of Science, Engineering and Technology* , 2007
- [24] B.Hemalatha;A.V. Juliet, N.Natarajan, "Boiler level control using Labview," *International Journal of Computer Applications* , 2010

[25] M. Zahran, Y. Atia, A. Al-Hussain, I. El-Sayed “LabVIEW Based Monitoring System Applied for PV Power Station,” *Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Automatic control, modelling & simulation*, 2010