

BI  **ICT**

IT'16
ŽABLJAK

XXI

međunarodni naučno - stručni skup

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

SADAŠNJOST I BUDUĆNOST

Urednik
Božo Krstajić

IT'16

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST -

Urednik
Božo Krstajić

*Zbornik radova sa XXI međunarodnog naučno - stručnog skupa
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održanog na Žabljaku od 29. februara do 05. marta 2016. godine*

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost 2016

Glavni urednik
Prof. dr Božo Krstajić

Izdavač
Univerzitet Crne Gore
Elektrotehnički fakultet
Džordža Vašingtona bb., Podgorica
www.etf.ucg.ac.me

Tehnička obrada
Aleksandra Radulović
Centar informacionog sistema
Univerziteta Crne Gore

Tiraž
150

Podgorica 2016.

Sva prava zadržava izdavač i autori

Organizator

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Suorganizatori:

BIO-ICT Centar izvrsnosti

Skup su podržali:

Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije

Ministarstvo nauke

Programski odbor

Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ljubiša Stanković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, Podgorica, MNE
Dr Branko Kovačević, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milorad Božić, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, BIH
Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Zoran Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Milica Pejanović-Đurišić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Despina Anastasiadou, Research & Development Innovation Academy, Solun, GRC
Dr Dejan Popović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, SRB
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Le Xie, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, Radoviš, MKD
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Alex Sprintson, Texas A&M University, College Station, TX, USA
Dr Nikša Tadić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za Informacione Tehnologije, Podgorica, MNE
Dr Stevan Šćepanović, Prirodno-matematički fakultet, Podgorica, MNE

Organizacioni odbor

Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Saša Mujović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, Podgorica, MNE
Vladan Tabaš, dipl.ing., Čikom, Podgorica, MNE

Sekretarijat

Aleksandra Radulović, CIS Univerzitet Crne Gore, MNE

P R E D G O V O R

Poštovani učesnici i čitaoci,

Čitate XXI zbornik radova Međunarodnog naučno-stručnog skupa "INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost" (IT'16) koji je uspješno održan od 29. februara do 05. marta 2016. godine na Žabljaku. Programski odbor je izvršio selekciju kvalitetnih radova koji su prezentovani i publikovani ovdje, a najbolji (prema ocjenama recenzenata) će biti prošireni i objavljeni u časopisu Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore ("ETF Journal of Electrical Engineering").

Šta bih izvdjio kao karakteristiku ovogodišnjeg Skupa i samih radova koji su pred vama. Prije svega, tematsku obojenost konferencije i velikog broja autorskih radova bioinformatikom kao jednim od savremenih pravaca razvoja ICT-a i nauke uopšte. Ovome je poseban doprinos dao prvi Centar izvrsnosti u oblasti bioinformatike u Crnoj Gori koji je bio suorganizator ovogodišnje konferencije. Rezultati multidisciplinarnih istraživanja i prezentacija inovativnih rješenja BIO-ICT centra izvrsnosti, koja su rezultat saradnje i rada više naučno-istraživačkih institucija i partnera iz inostranstva, su pobudili najviše interesovanja i dali dodatni kvalitet Skupu.

I ove godine je nastavljeno tradicionalno učešće studenata na Skupu. Novi kvalitet je da su, pored studenata ETF-a, učestvovali u radu i studenti druga dva univerziteta - "Univerzitet Mediteran" i "Univerzitet Donja Gorica". Studentske aktivnosti su obilovale temama i gostima, a cilj studentske sekcije je bilo motivisanje studenata za uključivanjem u naučno-istraživački rad i predstavljanje dijela mogućnosti koje im se nude.

Na kraju, treba dodati, da je Durmitor i ove godine bio nestvarno topao prema učesnicima i u bukvalnom i u prenosnom značenju. Snijega je bilo taman za slikanje, temperature su bile prolječne i ugodne za šetnju, a gostoprimstvo i druženje u skladu sa vremenom.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednom skupu možete naći na web adresi konferencije www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

SADRŽAJ

Mirjana Kranjac (<i>Rad po pozivu</i>) STRATEŠKI RAZVOJ NA PRINCIPIMA PAMETNE SPECIJALIZACIJE, PRIMER VOJVODINE STRATEGIC DEVELOPMENT BASED ON PRINIPLS OF SMART SPECIALIZATION, CASE OF VOJVODINA.....	1
Jelena Ljucović, Tripo Matijević, Snežana Šćepanović, Ranka Stanković, Ivan Obradović REALIZACIJA PLATFORME ZA POVEZIVANJE AKADEMSKOG I PRIVREDNOG SEKTORA PRIMJENOM OTVORENIH OBRAZOVNIH RESURSA REALIZATION OF PLATFORM FOR BLENDING ACADEMIC AND ENTREPRENEURIAL SECTOR BY USING OPEN EDUCATIONAL RESOURCES	6
Snežana Šćepanović, Ivan Mraković PRIMJENA AMOS EMS APLIKATIVNOG SOFTVERA U PROCESU UPRAVLJANJA SOFTVERSKIM ZAHTJEVIMA USAGE OF AMOS EMS APPLICATION SOFTWARE IN PROCESS OF SOFTWARE REQUIREMENTS MANAGEMENT	10
Jelena Šuh, Jelena Petrović PRIMENA KONCEPTA BLENDED UČENJA U KORPORATIVNOM OKRUŽENJU TELEKOMUNIKACIONE KOMPANIJE IMPLEMENTATION OF THE BLENDED LEARNING CONCEPT IN A CORPORATE ENVIRONMENT OF TELECOMMUNICATION COMPANY	14
Mladen Bukilić, Tripo Matijević SKENIRANJE RANJIVOSTI INFORMACIONOG SISTEMA KORIŠĆENJEM OPEN SOURCE ALATA VULNERABILITY SCANNING OF INFORMATION SYSTEM USING OPEN SOURCE TOOLS.....	18
Hristina Bojović, Bratislav Bojović, Risto Bojović ZNAČAJ IT ZA IZOLOVANE ZAJEDNICE IMPORTANCE OF IT FOR ISOLATED COMMUNITIES	22
Gordana Laštovička-Medin STEAM PEDAGOGY & ICT ENHANCED LEARNING: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE AND PARALLAX'S FORUMS AS WEB-ENABLED MENTORS STEAM PEDAGOGIJA & UNAPRIJEDJENO UČENJE ICT TEHNOLOGIJOM: BOE-BOT ROBOT, YOUTUBE I PARALLAX FORUMI KAO WEB MENTORI.....	26
Gordana Laštovička-Medin LEARNING COREOGRAPHY AS INTERPLAY OF SCIENTIFIC AND AESTHETIC DIMENSION OF KNOWING: CRAFTING KNOWLEDGE WITH CONDUCTIVE PAINT AND MICROCONTROLLERS KOREOGRAFIJA UČENJA KAO INTERPLEJ NAUČNE I ESTETSKE DIMENZIJE SAZNAVANJA: KRAFTING ZNANJA POMOCU PROVODNE BOJE I MIKROKONTROLORA	30

Gordana Laštovička-Medin EMERGING INTERFACES FOR CONCEPTUAL CHANGE: CO-DESIGNING MODEL OF COOPERATION OF LEARNER, ARTIFACT – LEGO NXT AND REMOTE LAB EMERGING INTERFEJSI ZA KONCEPTUALNE PROMJENE: KODIZAJNIRANI MODEL KOOPERACIJE UČENIKA, ARTIFACTA – LEGO NXT I UDALJENE LABORATORIJE	34
Vasilija Šarac, Sašo Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Čingoski PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U SIMULACIJI ENERGETSKIH PRETVARAČA APPLICATION OF SOFTWARE PSIM IN SIMULATION OF POWER CONVERTERS	38
Sanja Bauk IoT PRIMJENE I NJIHOV UTICAJU NA DIGITALNU PODJELU IoT's APPLICATIONS AND THEIR IMPACT ON DIGITAL DIVIDE	42
Aleksandar Ristić, Sandra Ristić ŠKOLSKI I POSLIJEŠKOLSKI PROGRAMI – INFORMACIONO DRUŠTVO REPUBLIKE SRPSKE SCHOOL AND AFTERSCHOOL PROGRAMS – IT SOCIETY OF REPUBLIC OF SRPSKA	46
Maja Kukusheva Paneva, Biljana Chitkusheva Dimitrovska, Goce Stefanov, Vasilija Šarac PRIMENA PROGRAMSKOG PAKETA PSIM U PROUČAVANJA DIODNOG ISPRAVLJAČA PSIM AS EDUCATIONAL TOOL FOR TEACHING DIODE RECTIFIER	50
Marko Bošković UMREŽENI UPRAVLJAČKI SISTEMI NETWORKED CONTROL SYSTEMS.....	53
Tomislav B. Šekara, Marko Bošković, Milovan Radulović, Boško Cvetković NOVA METODA ZA OPTIMIZACIJU PIDC REGULATORA POD OGRANIČENJIMA NA PRETEK FAZE I OSJETLJIVOST NA MJERNI ŠUM A NOVEL METHOD FOR OPTIMIZATION OF PIDC REGULATORS UNDER CONSTRAINTS ON PHASE MARGIN AND SENSITIVITY TO MEASUREMENT NOISE	57
Marko Bursać, Goran Tričković, Radislav Vulović PROJEKTOVANJE INFORMACIONOG SISTEMA ZA AUTOMATIZACIJU POSLOVNIH PROCESA RADIO LOKOMOTIVSKIH UREĐAJA DESIGN INFORMATION SYSTEM FOR AUTOMATION BUSINESS PROCESSES OF RADIO LOCOMOTIVE DEVICES	61
Bojan Ćuković, Saša Mujović NEOVLAŠĆENO KORIŠĆENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U USLOVIMA PRIMJENE BROJILA NA DALJINSKO OČITAVANJE UNAUTHORIZED USE OF ELECTRICITY IN TERMS OF APPLICATION OF SMART METERS	65
Boško Cvetković, Mihailo Lazarević, Taško Maneski, Petar Mandić, Budimir Lutovac, Tomislav B. Šekara AKVIZICIJA PODATAKA KORIŠĆENJEM RAZVOJNE PLOČE RASPBERRY PI MODEL B DATA ACQUISITION USING SINGLE BOARD COMPUTER RASPBERRY PI MODEL B	69
Duško Parezanović, Dragan Vidaković PRAKSA RSA ŠIFROVANJA THE PRACTICE OF RSA ENCRYPTION	73

Žarko Zečević, Tomo Popović, Zdravko Uskoković, Božo Krstajić ALGORITAM ZA ESTIMACIJU SINHROFAZORA I FREKVENCIJE SYNCHROPHASOR AND FREQUENCY ESTIMATION ALGORITHM.....	77
Aleksandar Sošić MACHINE-TO-MACHINE KOMUNIKACIJA U LTE-ADVANCED MREŽAMA MACHINE-TO-MACHINE COMMUNICATIONS IN LTE-ADVANCED NETWORKS.....	81
Alija Dervić, Nikša Tadić, Milena Erceg KONTROLABILNI STRUJNI POJAČAVAČ U CMOS TEHNOLOGIJI OPTIMIZOVAN ZA PRIMJENE U OPTO-ELEKTRONSKIM INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIM TEHNOLOGIJAMA CMOS CONTROLLABLE CURRENT AMPLIFIER OPTIMIZED FOR OPTO-ELECTRONIC INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES.....	85
Milan Mišić, Bojan Prlinčević, Stefan Panić, Petar Spalević, Bojana Milosavljević ZAVISNOST PERFORMANSI PRENOSA SLIKE POŽARA KROZ RICIJAN FSO KANAL OD INDEKSA SCINCILACIJE DEPENDENSE OF PERFORMANCE FSO TRANSMISSION ON IMAGE FIRE DETECTION OVER RICEAN TURBULENCE CHANNELS OF ON SCINCILACION INDEX.....	89
Aleksandar Dedić, Budimir Lutova JEDAN PRIMJER HARDVERSKO REALIZACIJE FIR FILTRA KORIŠĆENJEM MIKROKONTROLERA AN EXAMPLE OF HARDWARE INPLEMENTATION OF A FIR FILTER USING A MICROCONTROLLER	93
Aleksandar Milenković, Dragan Janković, Miloš Marjanović, Petar Rajković PREDLOG HARDVERSKO-SOFTVERSKOG MODULA ZA EVIDENTIRANJE DOLASKA PACIJENATA U ČEKAONICI IZABRANOG LEKARA UPOTREBOM RFID TEHNOLOGIJE PROPOSAL FOR HARDWARE-SOFTWARE MODULE FOR RECORDING ARRIVAL OF PATIENTS IN THE WAITING ROOM OF THE CHOSEN DOCTOR BY USING RFID TECHNOLOGY	97
Violeta Stojanović, Dijana Kostić, Zoran Milivojević, Zoran Veličković OCENA SUBJEKTIVNE RAZUMLJIVOSTI CVC LOGATOMA U AMBIJENTU PRAVOSLAVNE CRKVE ASSESSMENT OF THE SUBJECTIVE INTELLIGIBILITY OF CVC LOGATOMS IN THE ENVIRONMENT OF ORTHODOX CHURCH	101
Zoran Veličković, Zoran Milivojević, Miloško Jevtović UTICAJ PREDIKCIONIH STRUKTURA H.264 KODERA NA KVALITET EKSTRAHOVANOG VODENOG ŽIGA IZ HAOS DOMENA THE EFFECT OF PREDICTION STRUCTURES H.264 ENCODER TO QUALITY OF EXTRACTED WATERMARK FROM THE CHAOS DOMAIN.....	105
Nataša Savić, Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, Darko Brodić OPTIMIZACIJA PARAMETRA GREVILLE-OVOG INTERPOLACIONOG JEZGRA U SPEKTRALNOM DOMENU OPTIMIZATION OF THE PARAMETER OF GREVILLE INTERPOLATION KERNEL IN THE SPECTRAL DOMAIN	109

Zoran Milivojević, Dejan Blagojević, Marina Milivojević PERCEPTUALNA EFIKASNOST DISPLEJA MOBILNIH TELEFONA SONY XPERIA THE PERCEPTUAL EFFICIENCY OF THE DISPLAY OF SONY XPERIA MOBILE.....	113
Tomo Popović, Milutin Radonjić, Žarko Zečević, Božo Krstajić JEDNO IOT CLOUD RJEŠENJE NA BAZI OPEN SOURCE ALATA AN IOT CLOUD SOLUTION BASED ON OPEN SOURCE TOOLS	117
Ana Miletić, Aleksandra Radulović, Božo Krstajić “ZELENA” RAČUNARSKA UČIONICA THE GREEN COMPUTER ROOM.....	121
Nataša Popović, Tomo Popović FRAKTALNA ANALIZA DIGITALNIH SLIKA RETINE FRACTAL ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES OF RETINA	125
Jelena Končar, Sonja Leković ANALYSIS OF MAIN CONDITIONS FOR DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC COMMERCE IN THE REPUBLIC OF SERBIA ANALIZA OSNOVNIH USLOVA ZA RAZVOJA I PRIMENU ELEKTRONSKE TRGOVINE U REPUBLICI SRBIJI	129
Eleonora Milić, Milena Stanković KORIŠĆENJE WEB SOKETA ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA U REALNOM VREMENU NA WEB-U USING THE WEB SOCKETS FOR REAL TIME DATA COLLECTION ON THE WEB	133
Ana Miletić, Slavica Tomović, Igor Radusinović SOFTVERSKI DEFINISANA INFRASTRUKTURA ZA MOBILNI CLOUD A SOFTWARE DEFINED INFRASTRUCTURE FOR THE MOBILE CLOUD	137
Miloš Kosanović, Mirko Kosanović PRIMENLJIVOST RESTful WEB SERVISA U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA APPLICABILITY OF RESTful WEB SERVICES IN WIRELESS SENSOR NETWORKS	141
Katerina Cekova, Sašo Gelev BLUETOOTH UPRAVLJANJE MOBILNIM ROBOTOM CONTROLLING MOBILE ROBOT VIA BLUETOOTH	145
Jasna Cekova, Blagoj Delipetrev SISTEM ZA ZDRAVSTVENO PRAĆENJE KORIŠĆENJEM MOBILNIH TELEFONA I NOSIVIH UREĐAJA HEALTH MONITORING SYSTEM USING MOBILE PHONES AND WEARABLE DEVICES	149
Aleksa Srdanov, Dragan Milovanović DEKOMPOZICIJA ALGORITMA ZA REŠAVANJE SUDOKUA DECOMPOSITION OF SUDOKU ALGORITHM	153
Aleksa Srdanov, Nada Ratković Kovačević NEODLUČIVOST U PROBLEMIMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE UNDECIDABILITY IN PROBLEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	157

Radiša Stefanović, Aleksa Srdanov POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI ALGORITMA BEZ IZMENE KODA IMPROVING EFFICIENCY ALGORITHM WITHOUT CHANGES CODE.....	161
Petar Sekulić, Milija Bajčeta, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, Andrej Mihailović JEDAN PRISTUP OPTIMIZACIJI GRADSKOG SAOBRAĆAJA ONE APPROACH TO THE OPTIMIZATION OF PUBLIC TRANSPORT.....	165
Petar Sekulić, Slobodan Đukanović, Igor Đurović PRIMJENA METODE VEKTORA NOSAČA U DETEKCIJI PLAMENJAČE VINOVE LOZE DETECTION OF DOWNY MILDEW IN GRAPEVINE LEAVES USING SUPPORT VECTOR MACHINE	169
Elma Hot, Vesna Popović-Bugarin ANALIZA FUZZY K-MEANS KLASERIZACIJE KORISTEĆI PEDOLOŠKU BAZU PODATAKA CRNE GORE ANALYSIS OF FUZZY K-MEANS CLUSTERING METHOD USING DATABASE OF SOIL SAMPLES SAMPLED IN MONTENEGRO	173
Nikola Bulatović, Trifun Savić, Nikola Žarić, Ana Pešić, Aleksandar Joksimović, Marko Nikolić MONITORING OF SEA WATER PARAMETERS – “SMART BUOY” SYSTEM DEVELOPMENT MONITORING PARAMETARA MORSKE VODE – RAZVOJ SISTEMA "PAMETNA BOVA"	177
Trifun Savić, Milutin Radonjić PREDLOG RJEŠENJA ZA DALJINSKU KONTROLU PUTEM INTERNET APLIKACIJE ONE SOLUTION FOR REMOTE CONTROL THROUGH INTERNET APPLICATION	181
Stefan Vujović, Miloš Brajović, Vesna Popović-Bugarin, Nedeljko Latinović, Jelena Latinović, Milija Bajčeta WEB SERVIS ZA MONITORING VINOGRADA I PREDVIĐANJE OBOLJENJA VINOVE LOZE A WEB SERVICE FOR GRAPEVINE MONITORING AND FORECASTING A DISEASE	185
Miloš Brajović, Stefan Vujović, Vesna Popović-Bugarin, Slobodan Đukanović, Mirko Knežević, Ana Topalović BAZA PODATAKA ZA ANALIZU ZEMLJIŠTA I EKSPERTNI SISTEM ZA DAVANJE PREPORUKA ZA ĐUBRENJE POLJOPRIVREDNIH KULTURA SOIL ANALYSIS DATABASE AND THE EXPERT SYSTEM FOR RECOMMENDATIONS OF FERTILIZATION IN AGRICULTURE.....	189
Vlatko Cingoski, Saso Gelev, Goce Stefanov, Vasilija Sarac INTEGRIRANE SOLARNE TERMoeLEKTRANE: SLUCAJ TE BITOLJ INTEGRATED SOLAR-THERMAL POWER PLANTS: TPP BITOLA CASE STUDY	193
Vladan Durković, Željko Đurišić IDEJNO REŠENJE I EKONOMSKA OPRAVDANOST IZGRADNJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KROVU LABORATORIJE TEHNIČKIH FAKULTETA U PODGORICI CONCEPTUAL DESIGN AND ECONOMIC FEASIBILITY OF BUILDING ROOF TOP PHOTOVOLTAIC POWER PLANT ON THE LABORATORY OF TECHNICAL FACULTY IN PODGORICA	197

Biljana Petrevska, Vlatko Cingoski, Saso Gelev OD PAMETNIH SOBA DO PAMETNIH HOTELA FROM SMART ROOMS TO SMART HOTELS	201
Nebojša Delibašić, Novak Jauković, Milovan Radulović KOMUNIKACIONI PROTOKOLI U INTELIGENTNIM OBJEKTIMA COMMUNICATION PROTOCOLS IN INTELLIGENT BUILDINGS	205
Ana Grbović CFC U STEP7 OKRUŽENJU - INTERKONEKCIJA I PARAMETRIZACIJA UMJESTO PROGRAMIRANJA CFC IN THE STEP 7 ENVIRONMENT - INTERCONNECTION AND PARAMETERIZATION INSTEAD OF PROGRAMMING	209
Kenan Duraković, Ramo Šendelj ANALIZA SAJBER INCIDENATA U CRNOJ GORI ANALYSIS OF CYBER SECURITY INCIDENTS IN MONTENEGRO.....	213
Saso Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Cingoski, Vasilija Šarac DETEKCIJA I IZOLACIJA NEISPRAVNOSTI U SISTEMIMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA SYSTEMS FOR DETECTION AND IDENTIFICATION OF AUTOMATION SYSTEM FALURES	217
Tijana Radulović, Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić HAOS U MIKROTALASNOM KOLPICOVOM OSCILATORU CHAOS IN MICROWAVE COLPITTS OSCILLATOR	221
Marko Babić, Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić HAOTIČNA DINAMIKA U VIBRACIJAMA NA HELIKOPTERU CHAOTIC DYNAMICS IN HELICOPTERS VIBRATIONS	225
Luka Lazović, Ana Jovanović, Vesna Rubežić, Dragan Filipović IMPLEMENTACIJA SOFVERSKEG PAKETA AWR ZA PROJEKTOVANJE MIKROTALASNIH FILTARA IMPLEMENTATION OF AWR FOR MICROWAVE FILTER DESIGN	229
Luka Lazović, Žarko Zečević, Vesna Rubežić, Ana Jovanović PREDLOG ALGORITMA ZA ADAPTIVNI BEAMFORMING A NEW ALGORITHM FOR ADAPTIVE BEAMFORMING	233
Arsenije Maliković, Milica Ljumović, Dragan Filipović IMPLEMENTACIJA WIPL-D SOFVERSKEG PAKETA U PROJEKTOVANJE MULTISEKCIIONOG ČEBIŠLJEVLJEVOG TRANSFORMATORA IMPLEMENTATION OF WIPL-D SOFTWARE PACKAGE IN CHEBYSHEV MULTISECTION MATCHING TRANSFORMER DESIGN	237
Jelena Šoškić, Budimir Lutovac, Dragan Filipović ANALIZA PATCH ANTENE NA OSNOVU REZONATORSKOG MODELA PATCH ANTENNA ANALYSIS BASED ON CAVITY MODEL	241

DETEKCIJA I IZOLACIJA NEISPRAVNOSTI U SISTEMIMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA SYSTEMS FOR DETECTION AND IDENTIFICATION OF AUTOMATION SYSTEM FAILURES

Saso Gelev, Goce Stefanov, Vlatko Cingoski and Vasilija Šarac,
Faculty of Electrical Engineering, "Goce Delcev" University - Štip, Republic of Macedonia

Sadržaj: U radu je prezentovan jedan concept automatske dijagnostike, izolacije i identifikacije neispravnosti (Automatic Fault Detection and Isolation and Identifikation- FDI) u sistemima automatskog upravljanja.. Primenjen je estimacijski priod koji je posebno značajan za automatsko upravljanje sistemima, jer je zasnovan na fundamentalnim strukturalnim karakteristikama dinamičkih sistema observabilnost i kontralabilnost, a koristi stabilnost modelske redundanse. Kao estimacioni observer u FDI sistemima koriste se Kalmanov i Luenbergov filter. U ovom radu je primenjen Kalmanov filter zato što Kalmanovi filtri raspolažu generičkim svojsvima funkcionalne izdržljivosti nezavisno od stohastičke prirode šuma ili defektne degradacije tehnoloških komponenata sistema. Matematički model prikazan je u prostoru stanja, a simulacija je realizovana u programskom paketu Matlab i Simulink.

Abstract: *The aim of this paper is to present a new concept of automatic fault Detection, isolation and identification (FDI) of automation systems. In the paper, the state estimation approach was used, which is particularly important for automatic control systems. This approach is based on fundamental structure characteristics of dynamic systems such as observation ability and controllability, and stability of the model redundancy. Kalman filters and Luenberger observers are used as estimators for the proposed FDI system. In the proposed concept, the Kalman filter because Kalman filters were utilized, because they have generic properties of functional endurance independent of the stochastic nature of possible appearance of any jeopardizing noise of the analused sustem, or defective degradation of technological components of the system. The mathematical model is presented in the state space, a simulation is realized in MATLAB and Simulink environment.*

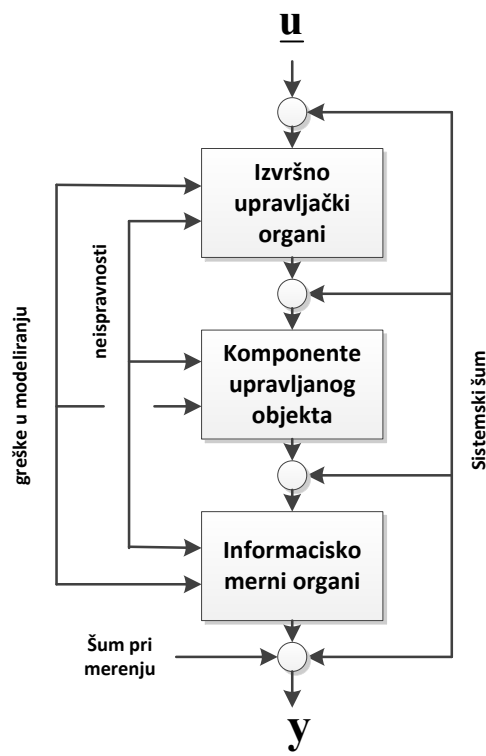
Ključne reči: FDI, Kalman, Matlab simulink, observabilnost, upravljivost

1. UVOD

Sistemi automatskog upravljanja su sve složeniji i sofisticiraniji. Posledica toga je sve veća potreba tolerancije neispravnosti, koja se postiže poboljšanjem individualne sigurnosti funkcionalnih celina, kao i efikasnom otkrivanju izolaciji i identifikaciji neispravnosti [1]. U ovom radu ćemo se osvrnuti na (FDI) otkrivanju neispravnosti i izolaciji. U toku zadnjih decenija istraživanja o FDI dobijaju sve veći interes u svetu. Veliki potsticaj dolazi od strane teorije savremenog upravljanja koja je zasnovana na silnim tehnikama matematičkog formulisanja, procene stanja i identifikacije parametara. U toku razvoja pojavila se nova filozofija FDI metodologije. Ona je više zasnovana na upotrebi analitičke (funkcionalne) nego fizičke redundanse [5]. Drugim rečima koristi se matematički model sistema ili njegovih delova.

2. FORMULISANJE PROBLEMA FDI

Dat je dinamički sistem prikazan na slici 1 [1]. \underline{u} je vektor ulaznih varijabli, a \underline{y} vektor izlaznih varijabli. Sve neispravnosti se svode na jedan vektor, a svi drugi efekti koji prikrivaju neispravnosti, u takozvanom vektoru nepoznatih ulaza.



Slika 1. Blokovski pretstavljen sistem

Sistem je u prostoru stanja dat jednačinama 1 i 2 [6], [7].

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) + \mathbf{E}\mathbf{d}(t) + \mathbf{K}\mathbf{f}(t) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{F}\mathbf{d}(t) + \mathbf{G}\mathbf{f}(t) \quad (2)$$

\mathbf{x} je $n \times 1$ vektor stanja, \mathbf{u} je $p \times 1$ ulazni vektor, \mathbf{y} je $q \times 1$ vektor izmerenih izlaza i $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ su poznate matrice. $\mathbf{E}\mathbf{d}$ modelira nepoznate ulaze do mehanizama i dinamičkog procesa, $\mathbf{K}\mathbf{f}$ definira neispravnosti u mehanizmima i komponentama, $\mathbf{F}\mathbf{d}$ definira nepoznate ulaze u senzore i $\mathbf{G}\mathbf{f}$ definira senzorske neispravnosti.

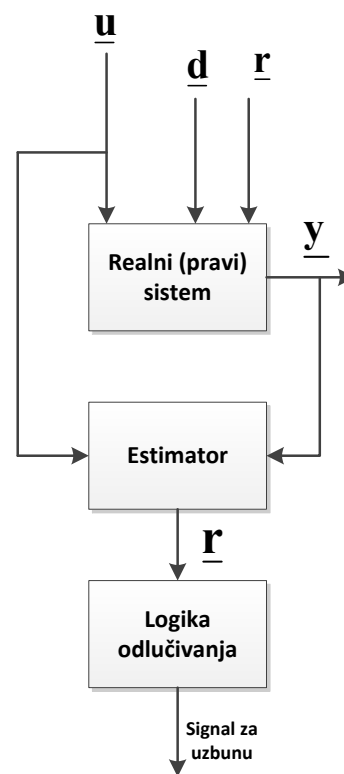
Procedura estimacije razvijena na bazi redundanse koristeći jednačine 1 i 2 može se grubo podeliti u dve faze [1], [2]:

- (1) Stvaranje rezidualne funkcije koja je naglašena vektorom neispravnosti \mathbf{f} .
- (2) Odlučivanje i izolacija o neispravnosti (vreme, lokacija, nekada i vid, veličinu i izvor).

3. GENERISANJE RESIDUALA

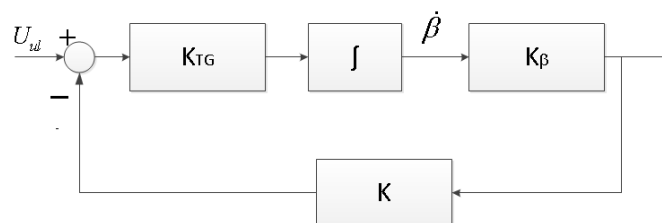
Postoji veliki broj koncepata stvaranja reziduala koji se mogu svesti na nekoliko: pristup prostoru parnosti, pristup namenskog observera i pristup identifikacije parametara. Postoje i međusobne veze između ova tri pristupa, zato jer svi završavaju procenom stanja [4], [5]. Jedan od mogućih načina kojim se može proveriti neispravnost u sistemu je provera kontralabilnosti i observabilnosti sistema. Ova provera se izvodi u modalnom domenu. Ukoliko u matricama \mathbf{B}^* i \mathbf{C}^* nema nula sistem je kontralabilan i observabilan. Ako u matricama postoji nula onda sistem nije kompletno observabilan ili kontralabilan. Znači da u sistemu koji je ranije bio kontralabilan i observabilan postoji neispravnost.

Najčešće primenjivani pristup je namenski observer (Dedicated observer approach). Osnovna ideja ovog pristupa je u tome što se vrši rekonstrukcija izlaza sistema pomoću observera ili Kalmanovog filtra koristeći procenjenu grešku ili inovaciju kao residual za otkrivanje i izolaciju grešaka. Najprostija konfiguracija upotrebljavana za otkrivanje grešaka je pojedinačni estimator (observer ili Kalmanov filter) gde je svaki estimator vođen samo jednim najsigurnijem izlazom, a kompletan izlaz je rekonstruiran. Sporedba pravog izlaza \mathbf{y} sa procenjenim izlazom koristeći ulaznu logiku dozvoljava jednostavno otkrivanje i izolaciju neispravnosti. Na slici 2 prikazan je pojedinačni Kalmanov filter vođen vektorom celosnog ulaza i koristi se fakt da je inovacija i šum sa nula prosekom i poznatom kovarijansom kada se ne javlja neispravnost, pojava grešaka je nadgledana statističkim testovima beline, prosečnosti i kovarijansom. Izolacija grešaka se izvodi na osnovu različitih hipoteza. Na osnovu greške (signal uzbune) donosi se odluka o daljem upravljanju. Sistem upravljanjem vatrom "BOFI" opremljen je uređajem za automatsko navođenje topa na cilj. Rastojanje do cilja meri se laserskim dalinomerom i to je osnovni ulazni parametar u sistem. Sistem ima više režima rada. Jedan od osnovnih je režim praćenja. U režimu praćenja sistem kontinuirano određuje poziciju cilja i parametre kretanja cilja tako da u svakom trenutku ima potrebne podatke za usmeravanje topa poluautomatski ili ako je greška velika ručno na cilj.



Slika 2. Pojedinačni estimator (\underline{d} -vektor nepoznatih ulaza, \underline{r} -rezidual, \underline{u} -ulazni vektor, \underline{y} -izlazni vektor)

Svi podaci potrebni za usmeravanje topa u tački susreta dolaze u računar. Rad sistema je zasnovan na tome da se cilj kreće pravolinijski, konstantnom brzinom. Nakon opaljivanja top se usmerava u tački susreta gde bi se nalazio cilj posle određenog vremena nakon opaljivanja, a na osnovu pretpostavke o pravolinijskom kretanju konstantnom brzinom. Osnovni zadatak računara je da izračuna pravougaone koordinate X, Y, Z, na osnovu kojih servopogon upravlja topom po pravcu i elevaciji. Upravljački signali servopogona su električni signali. Upravljački signal može biti generisan nišanskim radarom ili od komandne palice operatora. U oba slučaja dopunski uticaj imaju systemske smetnje i smetnje opkruženja koji utiču na senzore. Sistem servo upravljanja pravcem je nelinearan. Linearizacijom dobija se model prikazan na sledećoj slici [6].



Slika 3. Linearizovani model servopogona

Prenosna funkcija modela je:

$$G(s) = \frac{U_{\beta}(s)}{U_{vl}(s)} = \frac{\frac{1}{K}}{\frac{T_{\beta}}{KK_{TG}}s^2 + \frac{1}{KK_{TG}}s + 1} = \frac{\frac{1}{K}}{T_A s + 1} \frac{1}{T_1 s + 1}$$

Umetanjem vrednosti za parametre u prenosnoj funkciji dobijene eksperimentalnim putem dobijamo sledeći rezultat:

$$G(s) = \frac{1876}{s^2 + 152,82 \cdot s + 533}$$

Transformacijom u prostoru stanja dobijamo sledeće jednačine:

$$\dot{x}_1 = x_2$$

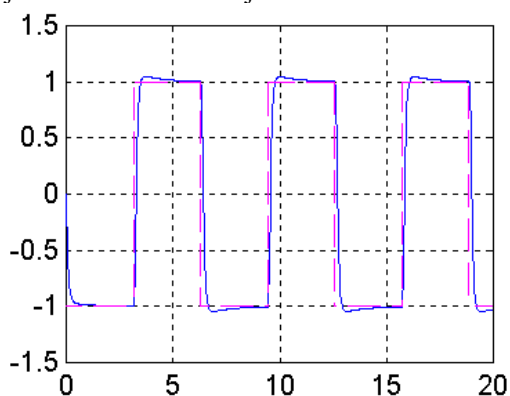
$$\dot{x}_2 = -533 \cdot x_1 - 152,82 \cdot x_2 + 1876 \cdot U$$

$$y = x_1$$

Mitrice sistema, ulazna i izlazna su:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -533 & -152,82 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1876 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C} = [1 \quad 0]$$

Na slici 4 prikazan je upravljački signal i realizacija sistema u situaciji kada nemamo smetnje.



Slika 4. Situacija kada ne postoje smetnje: crvena linija - ulazni signal, plava linija - odziv sistema

Rang sistemske matrice A iznosi **rank(A)=2**. Matrica kontralabilnosti sistema je

$$\mathbf{Co} = 1.0e+005 \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0.0188 \\ 0.0188 & -2.8669 \end{bmatrix}$$

Rang matrice Co je **rank(Co)=2**.

Matrica observabilnosti sistema iznosi

$$\mathbf{Ob} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rang ove matrice je **rank(Ob)=2**.

Zato što su rang matrice Co i matrice Ob jednaki rangu sistemske matrice možemo zaključiti da je dati sistem kontralabilan i observabilan.

Do istog zaključka možemo doći ako transformišemo sistem u modalnom domenu i zatim izvršimo iste provere. Rešavanem jednačine $|A - \lambda \cdot I| = 0$ nalazimo sopstvene vrednosti i adekvatne sopstvene vektore:

$$\lambda_1 = -3.571218434 \quad \lambda_2 = -149.2487816$$

$$\mathbf{V}^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -3.571218434 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{V}^2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -149.2487816 \end{bmatrix}$$

Modalna matrica je:

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -3.571218434 & -149.2487816 \end{bmatrix}$$

Ulazna i izlazna matrica u modalnom domenu su:

$$\mathbf{A}^* = \begin{bmatrix} -3.571218434 & 0 \\ 0 & -149.2487816 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ -12.9444 \end{bmatrix} \quad \mathbf{C}^* = [1 \quad 1]$$

Zato što matrice **B*** i **C*** nemaju nule znači da je sistem kompletno kontralabilan i kompletno observabilan. Jednačine stanja i izlazna jednačina sistema u modalnom domenu su:

$$\dot{x}_1^* = -3.57128434 \cdot x_1^* + 12.9444 \cdot u$$

$$\dot{x}_2^* = -149.2487816 \cdot x_2^* - 12.9444 \cdot u$$

$$y^* = x_1^* + x_2^*$$

Da vidimo kakve promene se dešavaju kada dođe do prekida veza u modalnom domenu, tj. kada se pojave nule u matricama **B*** i **C***.

4. PROMENE U MATRICI B*

1) U matrici **B*** pojavljuje se nula tj. dolazi do prekida veze upravljačkog signala i prvog moda.

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 0 \\ -12.9444 \end{bmatrix}$$

Vraćamo se ponovu u prostoru stanja. Nova matrica **B'** u prostoru stanja iznosi:

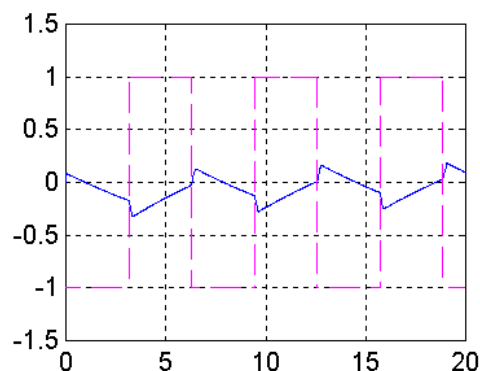
$$\mathbf{B}' = \begin{bmatrix} -12.9444 \\ 1931.935929 \end{bmatrix}$$

Matrica kontralabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{Co} = \begin{bmatrix} -12.9444 & 1931.935929 \\ 1931.935929 & -288339 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice Co jednaka je nuli. Na osnovu toga zaključujemo da postoji neispravnost aktuatora broj 1.

Na slici broj 5 prikazan je otkaz aktuatora broj 1.



Slika 5. Izlazni signal sistema za otkaz prvog aktuatora: crvena linija -ulazni signal, plava linija - odziv sistema

2) Ako je prekinuta veza upravljačkog signala i drugog moda:

$$\mathbf{B}^* = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Nova matrica \mathbf{B}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{B}' = \begin{bmatrix} 12.9444 \\ -46.2272799 \end{bmatrix}$$

Matrica kontralabilnosti sistema u prostoru stanja je :

$$\mathbf{C}_0 = \begin{bmatrix} 12.9444 & -46.2272799 \\ -46.2272799 & 165.0877143 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{C}_0 je približno jednaka nuli (zaokruženo na 4 decimalu). Zato što je determinata jednaka nuli zaključujemo da postoji neispravnost drugog aktuatora.

PROMENE U MATRICI \mathbf{C}^*

1) U matrici \mathbf{C}^* pojavljuje se nula, tj. prekida se veza izlaza i prvog senzora.

$$\mathbf{C}^* = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

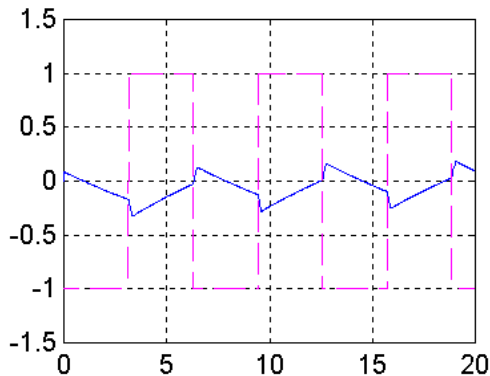
Nova matrica \mathbf{C}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{C}' = \begin{bmatrix} -0.0245 & -0.0069 \end{bmatrix}$$

Matrica observabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{O}_b = \begin{bmatrix} -0.0245 & 3.6777 \\ -0.0069 & 1.029958 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{O}_b jednaka je nuli, znači sistem nije observabilan, tj. postoji neispravnost senzora broj 1. Realizacija sistema za otkaz senzora broj 1 prikazana je na slici broj 6.



Slika 6. Izlazni signal sistema za otkaz prvog senzora: crvena linija -ulazni signal, plava linija – odziv sistema

2) U matrici \mathbf{C}^* pojavljuje se nula, tj. prekida se veza izlaza i drugog senzora.

$$\mathbf{C}^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Nova matrica \mathbf{C}' u prostoru stanja iznosi:

$$\mathbf{C}' = \begin{bmatrix} 1.0245 & 0.0069 \end{bmatrix}$$

Matrica observabilnosti u prostoru stanja je:

$$\mathbf{O}_b = \begin{bmatrix} 1.0245 & 3.6777 \\ 0.0069 & 0.029958 \end{bmatrix}$$

Determinanta matrice \mathbf{O}_b je približno jednaka nuli (zaokruženo na 3 decimalu) znači postoji neispravnost na senzoru broj 2.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prezentovan jedan koncept automatske dijagnostike i identifikacije neispravnosti (Automatic Fault Detection, Isolation and Identification-FDI) .

Postoje više načina rešavanja FDI problema, ali u ovom radu prikazan je estimacioni priod u prostoru stanja, posebno značajan za automatsko upravljanim sistemima, jer je baziran na fundamentalnim strukturalnim karakteristikama dinamičkih sistema, observabilnost i kontralabilnost. Posebno je značajno da se kao estimator koristi Kalmanov filter koji nalazi veliku primenu u vojnim sistemima. Brzi razvoj računarske tehnologije daje velike mogućnosti smanjenja grešaka, što je naročito značajno u vojnim sistemima jer je razvojem tehnologije smanjeno vreme dejstva napadnih sredstava iz vazdušnog prostora, što zahteva da se greške svedu na što manju veličinu čime bi se smanjilo i vreme reagovanja sistema, što je osnovni preduslov za uspešno izvršenje postavljenog zadatka.

Značajno je napomenuti da je ovaj način FDI dobar i daje rezultate za ovaj primer. Uopšteno ne mora da važi za svaki sistem. Da bi to utvrdili moramo izvršiti detaljnija ispitivanja.

LITERATURA

- [1] R.N. Clark and W.M. Walton (1975), "Detecting Instrument Malfunction in Control Systems". IEEE Trans. Aerosp. & Electr. Systems, AES-16, 468-473.
- [2] R.J. Patton, P.M. Frank and P.N. Clark (eds.) (1989), Fault Diagnosis in Dynamic Systems: Theory and Applications. Prentice Hall, Englewood Cliffs W.
- [3] R.M. Franc (1990), " Fault Diagnosis in Dynamic Systems using Analitical and Knowlwdge Redundancs-A Surves and Come New Results". **Automatica**, **26**, 459-474.
- [4] P.M. Frank (1992), "Fault Diagnosis in Dynamic Sysrems using Software Redundancs" **European J. of Diagnosis and Safets in Automation**, 1 (2), 113-143.
- [5] P.M. Frank (1996) " Analytical and Qualitative Model-based Fault Diagnosis-A Survey and Come New Results".*European J. of Control*, 2 6-28.
- [6] S.Adrinek (1985), "MATematski model Simulacija I identifikacija SAUV BOFI"-Visoke vojnotehnicke skole KoV JNA-Zagreb.
- [7] N.S.Nise (1995) " Control Systems engineering"-addicon-Wesley Publishing Company.
- [8] S.P.Banks (1986) "Control Systems engineering" – Prentics-Hall, Englewood Cliffs NJ