

**MILESA SREĆKOVIĆ • RADOVAN RADOVANOVIĆ
ANĐELKA MILOSAVLJEVIĆ • STEVO JAĆIMOVSKI**

**LASERSKE TEHNIKE
I METROLOGIJA
U FORENZIČKIM NAUKAMA**

Beograd, 2017.

Prof. dr Milesa Srećković
Prof. dr Radovan Radovanović
Prof. dr Anđelka Milosavljević
Prof. dr Stevo Jaćimovski

LASERSKE TEHNIKE I METROLOGIJA
U FORENZIČKIM NAUKAMA
I IZDANJE

Recenzenti

Dr Slobodan Bojanić, redovni profesor

Dr Stanko Ostojić, vanredni profesor

Dr Nenad Ivanović, naučni savetnik

Izdavač

AKADEMSKA MISAO

Bul. kralja Aleksandra 73, Beograd

Dizajn naslovne strane

Zorica Marković, akademski slikar

Tehnički urednik

Željko Hrček

Tiraž

150 primeraka

Štampa

Akademski misao

11120 Beograd, Primorska 21

ISBN: 978-86-7466-658-6

Autori izražavaju posebnu zahvalnost uvaženim kolegama koji su dali značajan istraživački doprinos sadržaju monografije: Predragu Jovaniću (DEO II, Glava III), Veljku Zarubici (DEO II, Glava V), Slađani Pantelić (DEO II, Glava VII), Tomislavu Stojiću (DEO II, Glava IV), Sanji Jevtić (DEO II, Glava IX), Anđeli Spasić (DEO II, Glava I), Draganu Knezeviću (DEO II, Glava VIII; DEO III, Glava II), Nikoli Slavkoviću (DEO II, Glava VIII; DEO III, Glava VIII), Draganu Družjaniću (DEO II, Glava VIII), Aleksanderu Kovačeviću (DEO III, Glava V), Nadi Ratković Kovačević (DEO III, Glava VI), Dejanu Bogosavljeviću (DEO III, Glava VI), Milovanu Janićijeviću (DEO III, Glava VII) i Biljani Simić (DEO III, Glava IX).



SADRŽAJ

UVOD	13
I DEO	17
1 SAVREMENI I POTENCIJALNI METODI U FORENZICI	19
2 PRIMENA KOHERENTNIH ELEKTROMAGNETNIH ZRAČENJA U OPTIČKOM DIJAPAZONU U FORENZIČKIM NAUKAMA	27
3 METODE EKSPERIMENTALNE FIZIKE	31
Materijali nekrystalne strukture	31
Primena spontanog Rayleighovog i Brillouinovog rasejanja	31
Intenzitet Brillouinovih komponenti. Polarizacija komponenta	33
Merenje brzine zvuka i relaksacionih frekvencija	33
Spontano Ramanovo rasejanje	36
Tehnike merenja i prečišćavanja	37
Laserska spektroskopija atoma i molekula	39
4 LINEARNI I NELINEARNI FENOMENI	43
Uvodni pojmovi za nove elektromagnetne i elektrooptičke fenomene koji su sa laserima dobili eksperimentalnu potvrdu	43
Nelinearni optički efekti i transformacija laserskog zračenja	44
5 METODE ZA ISPITIVANJE PLAZME POMOĆU LASERA	51
Karakteristike laserskih snopova od interesa za plazmu	51
Optička svojstva plazme	54
Dijagnostika plazme pomoću rasejanja lasera	55
Rasejanje na slobodnom elektronu	55
Rasejanje zračenja plazmom	56
Thomsonovo rasejanje u plazmi	58
Određivanje parametara plazme kada preovladava rasejanje na slobodnom elektronu	59
Kolektivno rasejanje	59

Uticaj magnetnog polja na rasejanje	61
Granice primenljivosti metoda rasejanja	63
Eksperimentalni uređaj	63
Visokotemperaturna plazma	63
Merenja rasejanjem plazme sa cw laserima	65
Određivanje parametara plazme po spektrima rasejanog zračenja	66
Primena holografske interferometrije – HI za dijagnostiku plazme	68
Plazmotroni i drugi uređaji sa laserskim plazmama	73
Uticaj parametara snage i stabilnost HCN lasera	76
6 NELINEARNA OPTIKA I VIŠEFOTONSKI EFEKTI	79
Savremene spektroskopije – linearne, nelinearne i efekti nelinearne optike od interesa za razvoj novih metoda	79
Mikroskopija sa višim harmonicima	83
Mikroskopija na bazi drugog harmonika SHIM	83
Optička mikroskopija	85
7 STIMULISANO RAMANOVO RASEJANJE	87
Ramanovo rasejanje u benzenu	90
Opis stimulisanog Ramanovog rasejanja formalizmom vezanih talasa	91
Ramanovo rasejanje viših redova	98
Eksperimentalni rezultati i primena stimulisanog ramanovog rasejanja	100
a) Ramanovo rasejanje u sredini sa samofokusiranjem	100
b) Indukovano rasejanje u sredini bez samofokusiranja	101
c) Antistoksove i više komponente rasejanja	102
d) Stoksove i antistoksove komponente više rasejanja	103
8 STIMULISANA RASEJANJA SVETLOSTI	105
Indukovano rasejanje Brillouina /Mandelstamm – Brillouina	105
Rasejanje Brillouina u tečnostima	105
Stimulisana temperaturna rasejanja Brillouina i Rayleigha	109
Indukovano rasejanje krila Rayleigha	112
Drugi tipovi indukovano rasejanja svetlosti	115
9 GENERACIJA DRUGOG HARMONIKA	117
Tensor nelinearne dielektrične propustljivosti-konstante	118
Fizička priroda nelinearnih koeficijenata	119
10 UVOD U MATRIČNU OPTIKU I PRIMENA	125
Matrični metodi u paraksijalnoj optici	125

Matrica pomeraja T	127
Matrica prelamanja R	128
Tanko sočivo	129
Dobijanje totalne matrice M	131
Matrični opis svojstava optičkog sistema	132
$ABCD$ Matrica	135
II DEO	139
1 DTA I DRUGE FIZIČKO-HEMIJSKE METODE ZA UTVRĐIVANJE GENEZE EKSTAZIJA I DRUGIH NARKOTIČKIH MATERIJALA	141
1.1. Mehanizam delovanja ekstazija	145
1.2. Eksperimentalni deo	148
2 LASERSKI ATOMIZATORI U ANALITIČKOJ SPEKTROSKOPIJI	153
2.1. Laseri u atomskoj apsorpcionoj i fluorescentnoj spektroskopiji	155
2.1.1. Tipovi lasera	155
2.1.2. Režimi rada	157
3 KVANTIFIKACIJA VIZUELNIH INFORMACIJA	165
3.1. Vizuelne informacije	174
3.1.1. Kvantifikacija morfoloških svojstava	175
3.2. Primena metodologije na ispitivanju adhezivnosti materijala.	180
4 MULTIFRAKTALNA ANALIZA MONOHROMATSKE SLIKE	189
4.1. Detekcija ivica CANNY-evim detektorom	189
4.2. Osnovi multifraktalne teorije	191
4.2.1. Osnovni koncept multifraktalne teorije	192
4.3. Multifraktalna segmentacija slike	194
4.3.1. Definisavanje mera	194
4.3.2. Detekcija ivica – α eksponent	195
4.3.3. Hausdorff-ov $f(\alpha)$ spektar	198
4.3.4. Detekcija ivica, tekstura i površi – $f(\alpha)$ spektar	200
4.4. Modifikacija multifraktalne analize prilagođena isticanju mikrokalci- fikacija u digitalnom mamogramu	203
4.5. Eksperimentalni rezultati	205
4.5.1. Prvi primer	205
4.5.2. Drugi primer	205

5 ETALONIRANJE ATOMSKIH APSORPCIONIH I FTIR/NIR SPEKTROFOTOMETARA U UV/VIS I NIR/IR DELU SPEKTRA OPTIČKOG ZRAČENJA	209
5.1. Etaloniranje apsorpcionih spektrofotometara	209
5.1.1. Predmet i primena etaloniranja	209
5.1.2. Tok i sadržaj procedure (opis aktivnosti)	211
5.1.3. Analiza merne nesigurnosti i određivanje rezultata merenja sa praktičnim primerom	214
5.1.4. Etaloniranje atomskih apsorpcionih spektrofotometara	216
5.1.5. Etaloniranje FTIR/FTNIR (Fourier transform infrared/ Fourier transform near infrared spectroscopy) spektrofotometara	225
5.1.6. Analiza merne nesigurnosti i određivanje rezultata merenja sa praktičnim primerom	230
6 JEDAN METOD LASERSKE FORENZIČKE DETEKCIJE I APARATURE	233
6.1. Nekoliko stavova	233
6.2. Tehnički aspekt pronalaska	235
6.2.1. Osnove	235
6.2.2. Kratak opis uređaja	237
6.2.3. Detaljan opis metode uređaja	237
6.2.4. Drugi uređaj sa laserom	238
6.2.5. Podaci o nalazima na otiscima prstiju pomoću lasera	242
7 OPTIČKI SENZORI U SPOJU BIOLOGIJE, HEMIJE I ELEKTRONIKE	245
7.1. Optički senzori – princip rada	245
7.1.1. Optički izvori svetlosti	246
7.1.2. Optički prijemnici svetlosti	250
7.1.3. Optičko vlakno kao senzor (medijum prenosa)	251
7.2. Optički biosenzori	255
7.3. Neki načini primene optičkih vlakana u biosenzorima	256
7.3.1. O optičkim bandlovima	259
7.3.2. Optičko sprezanje fiberoptičkih snopova i rezolucija	264
8 TERMOVIZIJSKI NIŠAN	267
8.1. Glavne konture jednog termovizijskog nišana	267
8.2. Implementacija senzora nišana u digitalne video mreže	271
9 OPASNOSTI I PROPISI – POŽARI I EKSPLOZIJE	279
9.1. Mere zaštite	283

9.2. Eksplozije i požari	287
III DEO	291
1 PRILAZI KRIPTOGRAFIJI	293
Istorija kriptovizija. Opšti pojmovi i definicije	294
Podela kriptografije	295
Kriptografski sistemi	295
2 BIOMETRIJSKE METODE ZA IDENTIFIKACIJU LJUDI	299
Uvod	299
Geometrija ruke	301
Oko – mrežnjača i dužica	301
Lice	301
Glas	302
Rukopis	302
Nokti	302
Otisci prstiju	303
Biometrija na granici	303
Scenario o biometriji 2016	304
Osnovni biometrijski koncepti	304
Biometrijske tehnologije	306
Tehnologije i arhitektura biometrijskih sistema	308
Medicinski aspekti biometrije	309
Direktna medicinska implikacija	309
Indirektne medicinske implikacije	310
Poređenje i univerzalnost biometrijskih postupaka	311
Poređenje karakteristika	312
Tačnost	312
Protok, propusna moć podataka	313
Tržišta i cene	314
Održavanje sistema	315
Više o otiscima prstiju, računarskoj obradi i definicijama	315
Računarska obrada i klasifikacija slike	315
Biometrijski podaci	316
Biometrijski uzorak	316
Biometrijski sistem	316
Poređenje	317

3 OPTIČKI KORELATORI	321
Slučaj I. Idenične slike	322
Slučaj V. Višestruke slike	323
4 OPTIČKE MEMORIJE. PRORAČUN HOLOGRAFSKE MEMORIJE	325
Glavne stavke zapisa	328
Izbor lasera i materijala fotosloja za zapis holograma	330
Proračun karakteristika holograma	332
5 OSNOVE I PRIMENE NEURONSKIH MREŽA	335
Uvod	335
Definicija neuronske mreže	335
Tipovi neuronskih mreža	338
Teorijske osnove celularne neuronske mreže	338
Konstrukcija celularne neuronske mreže	340
Primene neuronskih mreža	342
Kratka istorija neuronskih mreža	344
6 KLASTEROVANJE POMOĆU VEŠTAČKIH NEURONSKIH ILI NEURALNIH MREŽA	347
1. Neuroračunarstvo	347
1.1. Veštačke neuronske mreže	348
1.2. Povezivanje veštačkih neurona	348
1.3. Osobine veštačkih neuronskih mreža	349
1.4. Klasifikacija veštačkih neuronskih mreža	351
1.5. Aktivacione funkcije ili transfer funkcije – funkcije prenosa	354
1.6. Glavne primene veštačkih neuronskih mreža	359
1.7. Neuroračunar – realizacija veštačke neuronske – neuralne mreže	360
2. Kohonenove mape obeležja – mreže sa samoorganizacijom	361
2.1. Bočna – lateralna povratna sprega i klasteri aktivacije	362
Primer	363
2.2. Pojednostavljenje procesa računanja	365
2.3. Očuvanje topologije u procesu samoorganizacije	365
2.4. Mere sličnosti vektora	366
Korelacija	367
Euklidovo rastojanje	367
Metrika Minkovskog	368
2.5. Dvodimenzionalni sistem sa samoorganizacijom	368

2.6. Matematička definicija rezultata uređenja	370
2.7. Testiranje Rezultata Samoorganizacije	371
2.8. Automatsko izdvajanje dimenzija obeležja	371
2.9. Algoritam obučavanja mape samoorganizacije	372
7 DIJAGNOSTIČKE METODE ZASNOVANE NA OPTIČKOJ BISTABILNOSTI SA POTENCIJALNOM PRIMENOM ZA PRECIZNO MERENJE KOEFICIJENTA APSORPCIJE	375
UVOD	375
Teorijski prilaz	375
Aparatura i metod merenja	376
Eksperimentalni rezultati	379
Optička bistabilnost i primena u kvantnoj elektronici	380
8 DIGITALNA MULTIMEDIJALNA FORENZIKA	383
Geometrijski bazirana forenzika slike	385
9 OSNOVE ZAŠTITE PODATAKA U SISTEMU STORAGE	387
1.1 Konsolidacija skladištenja podataka	388
1.2. Tehnologija skladištenja podataka	390
1.3. Konektivnost	391
1.4. RAID nivoi	393
Parity disk	400
1.5. DAS – Direct Attached Storage	401
1.6. SAN – Storage Area Network	402
1.7 NAS – Network Attached Storage	404
NAS implementacije	406
1.8. IP SAN i Native iSCSI	407
10 LITERATURA	411



UVOD

Oblast forenzike zahteva specifične tehnike kontrole, ispitivanja, praćenja i ocene kvaliteta i kvantiteta materijala, sa visokim stepenom pouzdanosti rezultata, često i sa malim količinama uzoraka. Tehnike zapisa, čuvanja i obrade podataka imaju mnogo dodirnih tačaka u domenu optike. Laserska tehnika, koja predstavlja sigurnu podršku nedestruktivnim tehnikama ispitivanja materijala, „olakšala” je primenu optičkih metoda, a razvijen je i niz novih metoda koherentne optike, koji se odvijaju u kategorijama, koje kreću od kontinualnih do najkraćih postojećih impulsa elektromagnetnog zračenja u području attosekunde i zeptosekunde.

U monografiji će biti razmotrene izabrane tehnike zasnovane na metodima primene visoko-koherentnih osobina, ali i metode na bazi nelinearnih fenomena. Biće razmotrena interdisciplinarna sprega više naučnih metoda, koja omogućava indirektno merenje veličina, što je mnogo teže realizovati „neoptičkim” i „nelaserskim metodama”.

Postoje laseri i laserski sistemi za forenziku, i druge oblasti, njihovi patenti sistema vezanih direktno za forenzičke i druge primene. Mnogo spektroskopija, linearnih i nelinearnih, se koristi u detekciji tragova metala, organskih materijala, koje ne mogu bez lasera. Jedna od podela bi bila vezana za procese:

1. rasejanje i mogućnosti u biološkim i neorganskim zadacima,
2. u detekciji materijala (Raman, LIBS),
3. u detekciji veličina makročestica (Rayleigh, Mie)
4. u detekciji povreda prekida vlakna, materijala, makroskopske i mikroskopske veličine, uslovno.

Pored rasejanja, biće razmatrane tehnike za analize slike, turbidimetriju, nefelometriju, fluorescenciju i ostale laserske tehnike u analizi krvi, protoka, grupa ćelija... Selekcija izotopa, tragovi ugljenika i poreklo, imaju veze sa metodama ispitivanja tragova i ruda, zemlje i različitim energetske procesima. Današnji instrumentarijum se ne može zamisliti bez Röntgena (aparata) i druge aparature za eksploziv u tragovima, Röntgena za ispitivanje tečnosti, skenera za robu i poštu, vozila za gašenje požara... Govoriće se o:

1. vrstama lasera,
2. LAMMA kombinacijama „time of flight sistema” i elektronske mikroskopije,
3. nelinearnoj optici i njenim primenama,
4. paraleli: medicina/umetnost, forenzika razvijana u humanom pravcu...

Posebno su interesantna paralelna istraživanja na temu kvantnih računara zasnovanih na nuklearnim i optičkim fenomenima, uopšte. Mnoge tematike su ujedinjene na putu smanjenja dimenzija računara, od kada se o tome priča. Kubit, koherentnost i mnogo drugih pojmova se meša danas.

Važna tematika obuhvatiće aktivne sisteme i bezbednosno inženjerstvo. Karakteristični slučajevi havarija značajnih objekata i konstrukcija, nažalost, su postojali i postoje i služe za eksperimentalne provere modela o pretpostavkama za havarije, koje bi se mogle izbeći. Traženje korelacija sa njima, može da posluži za izbegavanje unapred predviđenih katastrofa. Sistemi vezani za udobnost i bezbednost drumskih i šinskih vozila, nalaze mesta i u građevinarstvu. Granice povratne sprege se primenjuju sa novim parametrima aktivnih sistema. Tu su i aktivno upravljanje vibracijama (oscilacijama), visećim mostovima, bukom, jaki vetrovi, povremeni udari vazдушnih masa, seizmička pomeranja tla. Tu su i kritični režimi, raznih prilaza i kategorija.

Aktivan odziv se mora obezbediti da produži i delimično funkcionisanje. Tako se konstituiše u najširem smislu bezbednosno inženjerstvo. Dolazi se do novog načina konstruisanja objekata i sistema i konstrukcija najviših dinamičkih mogućnosti upravljanja havarijom u cilju sprečavanja još težih oblika, katastrofalnih razmera.

Zaštiti od požara i ostalim vidovima zaštite u razvijenim zemljama se posvećuje velika pažnja i obezbeđuju se značajna sredstva, zbog neprocenljivosti ljudskih života i vrednovanja materijalnih dobara. Tehnički sistemi i oprema za zaštitu od požara su obavezni deo uređaja javnih i poslovnih objekata, stambenih zgrada, a sve češće i porodičnih kuća. Za zaštitu u javnim objektima, koriste se samostalni detektori, mali sistemi sa nekoliko detektora i sistemi sa velikim brojem detektora, povezanih u sistem pod kontrolom protivpožarne centrale. U periodu pre brzog širenja digitalne tehnologije, detektori su imali dva stanja izlaza. Približna lokacija mesta požara vršila se zbog grupnog zonskog priključivanja na centralne stanice. Napredak je, naravno, ostvaren i na tom polju. Detektori, koji prate jednu ili više promenljivih veličina su sada osnovni sistemi za rano otkrivanje požara. U cilju pouzdanosti, nadziru se pojava plamena i karakterističnih gasnih produkata, najčešće ugljenmonoksida. I tu se opet spajamo sa daljinskom detekcijom lidarima, radarima, rdarima, itd. Posebno su ovde od interesa različiti detektori.

Forenzička istraživanja porekla havarije, požara, moraju da se zasnivaju na najnovijim saznanjima iz više oblasti. U ovoj monografiji su za izabrane tematike predstavljene osnove ili su direktno prikazana neka stanja, merne tehnike i rešenja sa vrlo poznatim efektima, ali i sa najsofisticiranijim mernim metodama današnjice.

Postojeći softveri u otkrivanju autentičnosti pisanih dokumenata, traženju autentičnosti dokumenata i zapisa na raznim medijumima, zavisno od složenosti zahteva, podrazumevaju dalji razvoj softverskih alata. Oni imaju za bazu matematičke prilaze zasnovane na različitim osnovama i teorijama prepoznavanja oblika. Zbog razvoja medicinskih uređaja, razvijena je metodologija analize slike sa ciljnim traženjem specifičnosti jedinke ili patogenog stanja.

Različite predstave, transformacije u odabranim ciljnim zadacima, traže dalje razvijanje programa za autentičnost zapisa. Tu treba veliki posao obaviti, analizirati postojeći ili specifičnosti softverskog alata za obradu slike (Photoshop 9 i dr. i mogućnost zloupotrebe u cilju falsifikovanja skeniranih dokumenata (potpisa, itd.).

U eri progressa računarstva, kompjuterska forenzika, dobija sve veći značaj. Ta naučna disciplina, prikuplja, čuva, prezentuje podatke elektronske obrade, memorisane specifičnim memorijama. Digitalni računari, dovode do naziva digitalna

forenzika. Alati i tehnike su relativno dostupni, ali se traži rad na raznim fizičkim lokacijama. Najveći broj alata nudi veliki spektar funkcionalnosti, dok su neki dizajnirani samo za specijalne zadatke. Razlika je i po ceni. Zato je važno i komparativno poznavati njihove prednosti i nedostatke. Razvoj donosi i „antiforezičke” tehnike i alate. Ovakvo razmišljanje bi moglo da se sprovede za svaku od oblasti forenzike i za odabir najbolje ili optimalne metode za određene zadatke.

Metodi na materijalima, koji pod dejstvom jonizujućeg zračenja ispuštaju zračenje, scintilatori (kol. fosfori, fluori, luminofore), od prvih metoda sa scintariskopima, mnogo su napredovali i koriste se uz savremenu nuklearnu elektroniku i metode merenja fosforescencije i fotoluminiscencije. Pored toga što se ti materijali nalaze u detektorima, za merenja broja naelektrisanih čestica, gama kvanata, brzih i sporih neutrona, za merenje doze (β^+ , β^- , γ i neutrona), za ispitivanje spektara γ zračenja i neutrona, važna je i efikasnost za dato zračenje, posebno za γ zračenje. Sa druge strane, pri istraživanju materijala u forenzici, postoje mnoge oblasti, gde se pobuđuju materijali i traže određene koicidencije i istorije uzoraka. Posebno su važne oblasti, gde se ulazi u dozimetriju pojedinih zračenja lasera, kvantnih generatora, prirodnih i veštačkih radioaktivnih izvora i snopova ubrzanih čestica, gde se koriste scintilatori SrS(Eu, Sm) kao prah, tablete ili luminofore NaCl(Ag), KCl(Ag). Termoluminiscentni dozimetri, treba da se povežu i sa i hemoluminiscencijom.

Ključne reči grafitna vlakna, grafitne bombe, elektroenergetski sistemi; NATO operacije, prenosna mreža, imaju ovde svoja mesta. Tokom NATO agresije na SRJ, pored municije na bazi osiromašenog uranijuma, krstarećih raketa, avio bombi i dr., značajno mesto su zauzimale „grafitne” bombe. Razmatranje njihovih osobina (ustvari vlakana staklo-aluminijum) i posledica njihovih dejstava na elektroenergetski sistem i postrojenja je aktuelna problematika, počevši od oblasti elektroenergetike i osvetljenja, do mnogobrojnih uzgrednih oblasti, bez kojih se ne može zamisliti normalan život u savremenoj civilizaciji. Kao posledica primene ovih vlakana, nastaju teške havarije, visoki prenaponi, pražnjenja i isključenja, što predstavlja opasnost za sve elektroenergetske uređaje. Grupe istraživača ETF, VMA i IHNS iz Beograda, vršile su ispitivanja osobina ovih vlakana sa gledišta optičke mikroskopije i optike, a u Institutu bezbednosti izvršena su merenja nivoa radioaktivne kontaminacije dostavljenih uzoraka „grafitnih” vlakana. Može se danas dalje diskutovati o mogućnostima nekih drugih prilaza, analizirati potencijalna opasnost po zdravlje, koja može nastupiti od samih vlakana, kao i od njihovog dejstva na elektroenergetski sistem.

Izuzetno široka je oblast metoda za zaštitu podataka. Koriste se interni softversko-hardverski mehanizmi. Uz definisan pojam bezbednosti softvera i zahteva za sistem zaštite u pogledu očuvanja tajnosti, logičkog integriteta i funkcionalne korektnosti računarskog sistema, konstatuje se da su tu osnovni elementi za stepen sigurnosti zaštite na principu zasnovanosti sistema o tehničkoj realizaciji. Izbor antivirousnog softvera za zaštitu radnih stanica i drugi zadaci u ovoj oblasti predstavljaju, takođe, deo ove forenzičke discipline.