



Co-funded by the
Tempus Programme
of the European Union



UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI
UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
„GRIGORE T. POPA”, IAȘI



Anatolie IAVORSCHI, Călin - Petru CORCIOVĂ, Victor ȘONTEA

Instrumentație Biomedicală

Aprobat pentru editare de către Senatul Universității Tehnice a Moldovei

Autori:

Anatolie Iavorschi, lector superior, magistru
Călin – Petru Corciovă, conf. univ., dr., Iași
Victor Șonțea, prof. univ., dr.

Coordonator:

Victor Șonțea, prof. univ., dr.

Recenzenți:

Viorel Nacu, prof. univ., dr. hab. în șt. medicale
Victor Vovc, prof. univ., dr. hab. în șt. medicale

Manualul se editează cu suportul financiar al proiectului **TEMPUS BME-ENA Project No. 543904-TEMPUS-1-2013-GR-TEMPUS-JPCR**.

Manualul a fost elaborat în cadrul realizării proiectului TEMPUS BME-ENA „Inițiativa Educațională Tempus în Inginerie Biomedicală pentru Regiunea Vecinătății de Est” (**543904-TEMPUS-1-2013-GR-TEMPUS-JPCR**).

Acest proiect a fost finanțat cu sprijinul Comisiei Europene. Această publicație reflectă numai punctul de vedere al autorilor și Comisia nu este responsabilă pentru eventuala utilizare a informațiilor pe care le conține.

The manual is published with the support of **TEMPUS BME-ENA Project No. 543904-TEMPUS-1-2013-GR-TEMPUS-JPCR**.

The manual was developed within the TEMPUS BME-ENA Project ”Biomedical Engineering Education Tempus initiative in Eastern Neighbouring Area”, (**543904-TEMPUS-1-2013-GR-TEMPUS-JPCR**).

This project has been funded with support from **the European Commission**. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Lector: *Marcela Mardare*

Tehnoredactare computerizată: *Olga Carpenco*

Copertă: *Anatolie Iavorschi*

Descrierea CIP A Camerei Naționale A Cărții

Iavorschi, Anatolie.

Instrumentație Biomedicală / Anatolie Iavorschi, Călin-Petru Corciovă, Victor Șonțea; coord: Victor Șonțea; Univ. Tehnică a Moldovei, Univ. de Medicină și Farmacie ”Grigore T. Popa”, Iași, Proiectul TEMPUS

BME-ENA. – Chișinău: Pontos, 2017 (Tipogr. ”Europress”). – 312 p.

Bibliografie la sfârșitul manualului. Apare cu suportul financiar al Proiectului TEMPUS

BME-ENA. – 150 ex.

ISBN 978-9975-51-866-6.

© Anatolie Iavorschi, Călin-Petru Corciovă, Victor Șonțea, 2017

© Coperta: Anatolie Iavorschi, 2017

CUPRINS

PREFAȚĂ	7
CAPITOLUL I. SURSE DE SEMNALE BIOMEDICALE	9
1.1. Introducere în Instrumentația Biomedicală	9
1.2. Potențialul de acțiune al celulei nervoase.....	10
1.2.1. Stările de polarizare, depolarizare și repolarizare ale celule vii	13
1.2.2. Circuitul electric echivalent al membranei celulare.....	16
1.2.3. Excitabilitatea sistemelor. Reobaza și Cronaxia	18
1.3. Semnale biomedicale.....	20
1.3.1. Criterii de clasificare a biosemnalelor	20
1.4. Semnale perturbatoare	26
1.5. Procesarea semnalelor biomedicale.....	28
CAPITOLUL II. MIJLOACE DE CAPTARE A SEMNALELOR BIOMEDICALE.....	35
2.1. Culegerea semnalelor biomedicale electrice	36
2.2. Electrozi de culegere a semnalelor electrofiziologice	38
2.3. Culegerea semnalelor biomedicale neelectrice.....	44
2.4. Traductoare.....	45
2.4.1. Caracteristici statice ale traductoarelor	47
2.4.2. Caracteristici dinamice ale traductoarelor.....	49
2.5. Exemple de traductoare cu aplicații biomedicale	51
2.5.1. Traductoare pentru fonocardiografie	51
2.5.2. Traductoare pentru mecanograme.....	52
2.5.3. Traductoare pentru măsurarea directă a presiunii	53
2.5.4. Traductoare pentru oscilografie	54
2.5.5. Traductoare pentru măsurarea debitelor	55
2.5.6. Traductoare pentru pneumografie.....	56
2.5.7. Traductoare pentru pletismografie.....	56
2.5.8. Traductoare pentru analiza gazelor	57
2.5.9. Traductoare pentru spirometrie și spirografie.....	57
2.6. Biosenzori.....	58
2.6.1. Biosenzori electrochimici	60
2.6.2. Biosenzor enzimatic amperometric și conductometric	62
2.6.3. Biosenzori optici	63

CAPITOLUL III. PRELUCRAREA PRIMARĂ A SEMNALELOR BIOMEDICALE.....65

3.1. Amplificarea semnalelor biomedicale.....	65
3.1.1. Configurații ale amplificatorului operațional.....	65
3.1.2. Amplificatoare de instrumentație.....	72
3.1.3. Amplificatoare flotante	75
3.2. Filtrarea analogică a semnalului	77
3.2.1. Zgomote în instrumentație biomedicală.....	77
3.2.2. Filtre analogice pasive	80
3.2.3. Filtre analogice active	93
3.3. Conversia analog digitală a semnalelor	98
3.4. Mijloace de înregistrare grafică și vizualizare a semnalelor	104
3.4.1. Clasificarea inscripțiilor	104
3.4.2. Osciloscopice medicale.....	106
3.4.3. Indicatoare.....	112
3.4.4. Monitorizarea Holter.....	113
3.5. Sisteme de achiziție de date biomedicale	115

CAPITOLUL IV. INSTRUMENTAȚIA BIOMEDICALĂ PENTRU DIAGNOSTIC ÎN MEDICINĂ..... 117

4.1. Instrumentație biomedicală pentru determinarea parametrilor cardiovasculari	117
4.1.1. Electrocardiografia.....	117
4.1.2. Fotopletismografia	127
4.1.3. Pulsoximetria	135
4.1.4. Variabilitatea ritmului cardiac	140
4.2. Măsurarea presiunii arteriale	146
4.2.1. Metode invazive de măsurare a presiunii arteriale	148
4.2.2. Metode neinvazive de măsurare a presiunii arteriale.....	148
4.3. Măsurarea parametrilor respiratorii	152
4.3.1. Determinarea parametrilor biomecanici	154
4.4. Electroencefalografii.....	168
4.5. Instrumentație pentru Analizorul Vizual și Auditiv	175
4.5.1. Determinarea parametrilor morfostructurali	176
4.5.2. Măsurarea parametrilor bioelectrici	180
4.6. Instrumentație pentru analizatorul acustico-vestibular.....	184
4.6.1. Explorarea parametrilor aparatului auditiv	185

CAPITOLUL V. UTILIZAREA CURENȚILOR ELECTRICI ÎN DIAGNOSTIC ȘI RECUPERARE MEDICALĂ 189

5.1. Stimularea electrică a țesuturilor vii.....	189
5.2. Stimularea electrică funcțională (FES).....	193
5.3. Metode de electroterapie cu utilizarea diferitor forme de curenți electrici	194
5.3.1. Curentul continuu.....	195
5.3.1.1. Acțiunile biologice ale curentului galvanic (continuu)	195
5.3.1.2. Efectele fiziologice ale curentului galvanic	196
5.3.1.3. Aparatura pentru curent galvanic (continuu) în recuperarea medicală	198
5.3.1.4. Modalități de aplicare a galvanizărilor. Băi galvanice. <i>Ionogalvanizarea</i>	201
5.3.2. Curentul de joasă frecvență.....	205
5.3.2.1. Mod de acțiune	205
5.3.2.2. Caracteristici ale formelor de curenți utilizați.....	206
5.3.2.3. Curentul diadinamic	207
5.3.3. Curenții de medie frecvență.	210
5.3.3.1. Moduri de aplicare ale curenților de medie frecvență.....	211
5.3.3.2. Efecte fiziologice ale curenților de medie frecvență.....	213
5.3.4. Curenți de înaltă frecvență.....	213
5.3.4.1. Proprietățile fizice ale curenților de înaltă frecvență	216
5.3.4.2. Acțiuni biologice și fiziologice ale curenților de înaltă frecvență	217
5.3.4.3. Aparatura pentru curenți de înaltă frecvență.....	219

CAPITOLUL VI. INSTRUMENTAȚIE BIOMEDICALĂ PENTRU TERAPIE 222

6.1. Stimulatorul electric cardiac.....	222
6.2. Defibrilatorul cardiac.....	226
6.3. Sisteme de electrochirurgie	231
6.4. Incubatoare neonatale	239
6.4.1. Modul Aer („Mode Air”).....	243
6.4.2. Modul Piele („Mode Skin”).....	243
6.4.3. Sistemul de control și monitorizare a concentrației de oxigen	244
6.4.4. Sistemul de control și monitorizare a umidității	244
6.4.5. Sistemul de măsurare și monitorizare a greutateii corporale.....	245
6.5.6. Mentenanța echipamentului	Error! Bookmark not defined.
6.5. Pătuțul încălzit	Error! Bookmark not defined.

CAPITOLUL VII. ECHIPAMENTE DE LABORATOR.....	246
7.1. Spectrofotometre	246
7.2. Flamfotometrele.....	248
7.3. pH-metrul.....	250
7.4. Autoanalizoarele.....	254
7.4.1. Principiul de funcționare al analizoarelor de biochimie	255
7.4.2. Metoda End-point	257
7.4.3. Metoda kinetică.....	258
7.4.4. Calibrarea.....	259
7.4.5. Analizorul automat.....	260
7.5. Electroforeza.....	267
7.6. Cromatografia.....	269
7.7.1. Schema de principiu a cromatografului	270
7.7. Măsurarea parametrilor mediului intern	272
7.7.1. Determinarea apei totale	275
7.7.2. Determinarea apei extracelulare	276
7.7.3. Determinarea apei plasmatice	276
7.8. Instalații de sterilizare.....	278
7.8.1. Sterilizarea cu aer cald	279
7.8.2. Sterilizarea cu aer umed.....	280
7.8.3. Sterilizarea la rece.....	282
7.8.4. Controlul sterilizării	282
 CAPITOLUL VIII. ELECTROSECURITATEA ÎN DOMENIUL INSTRUMENTAȚIEI BIOMEDICALE	 284
8.1. Efectele curentului electric asupra organismului viu	284
8.2. Alimentarea în curent alternativ. Protecția prin legarea la pământ și protecția prin legarea la nul	289
8.3. Curenți de scurgere în aparatura electrică medicală.....	294
8.4. Clasificarea dispozitivelor medicale. Clasele de protecție	299
8.5. Electrosecuritatea în sălile de operație	304
8.6. Recomandări de îmbunătățire a gradului de securitate electrică	307
 BIBLIOGRAFIE	 306

PREFAȚĂ

Ingineria Biomedicală este un domeniu interdisciplinar, unde științele ingineresti cooperează la soluționarea problemelor specifice a Ingineriei, Medicinii și Biologiei. Domeniul Ingineriei Biomedicale s-a conturat din necesitatea cooperării dintre personalul medical și specialiștii în inginerie, informatică și științe exacte, pentru rezolvarea problemelor interdisciplinare legate de modernizarea mijloacelor de tratament, cercetare medicală și managementul tehnologiilor medicale. Evaluarea experienței globale în domeniu, a demonstrat că dispozitivele medicale performante reprezintă partea indispensabilă a actului medical în prevenirea, diagnosticarea corectă și tratarea unor maladii ce ocupă primele poziții în structura mortalității și morbidității. Utilizarea eficientă a acestora, presupune, în mod prioritar, sporirea numărului de investigații și tratament cost eficiente și calitative. Datorită progreselor recente în domeniul tehnicilor, tehnologiilor și produselor aplicate în medicină, bioingineria a devenit un subiect central, în special printre companiile cu profil medical.

Întreținerea, verificarea și managementul dispozitivelor medicale au devenit prioritare în politica de sănătate a multor state, multe studii dovedind că prin politici coerente în acest domeniu, se poate îmbunătăți raportul cost/eficienței utilizării tehnologiilor medicale avansate, creșterea siguranței pacienților și, nu în ultimul rând, creșterea calității actului medical.

Gradul de dotare a instituțiilor medicale cu dispozitive medicale performante și asigurarea unui nivel corespunzător de profesionalism al cadrelor medicale reprezintă instrumentele-cheie în asigurarea bunei funcționări a sistemului de sănătate și exercită un impact direct asupra eficacității funcționale a sistemului, asupra calității serviciului și gradului de satisfacere a beneficiarului.

Manualul *Instrumentație Biomedicală* are ca scop formarea studenților în domeniul Ingineriei Biomedicale, care urmează studii de licență și masterat.

Această specializare interdisciplinară este destinată, conform cerințelor contemporane racordate la standardele europene în domeniu, pregătirii inginerilor în organizarea și executarea cercetărilor diagnostice, procedurilor de tratament, asigurarea suportului tehnic și operațional pentru utilizatorii de echipamente clinice și de tehnologie medicală, efectuarea întreținerii, planificării dispozitivelor

medicale pentru asigurarea eficacității, siguranței și utilizării dispozitivelor medicale.

Manualul are la bază o informație robustă, selectată din diferite referințe științifice: cărți, manuale, articole din reviste și manuale a conferințelor de specialitate și este structurat pe 8 capitole, având o succesiune prin conținut.

Primul capitol cuprinde informație despre originea semnalelor biomedicale, criteriile de clasificare și metodele de procesare a semnalelor biomedicale.

Capitolele doi și trei sunt dedicate mijloacelor de captare, procesare și prelucrare primară a semnalelor biomedicale electrofiziologice și neelectrice.

Capitolele patru – șapte cuprind metodele și tehnicile principale utilizate în organizarea și executarea cercetărilor diagnostice, procedurilor de tratament și reabilitare: instrumentație biomedicală pentru diagnostic, terapie și echipamente de laborator în medicină.

Capitolul opt este dedicat electrosecurității în domeniul instrumentației medicale, efectelor curentului electric asupra organismului viu și recomandărilor de îmbunătățire a gradului de securitate electrică.

Diversitatea și multitudinea informației despre instrumentație medicală este foarte mare și, din acest motiv, sunt selectate cele mai generale, care, în opinia autorilor, nu trebuie să lipsească dintr-un curs de instrumentație biomedicală. Cunoștințele obținute de studenți din manualul dat, pot servi ca o platformă pentru acumularea ulterioară independentă a cunoștințelor în domeniu.

Victor Șontea
Călin – Petru Corciovă
Ana Iavorschi

BIBLIOGRAFIE

1. Aston R. (1990), *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Macmillan, New York.
2. Barbara Christe L. (2009), *Introduction to Biomedical Instrumentation*, Cambridge University Press.
3. Bronzino J. (2000), *The Biomedical Engineering Handbook*, CRC Press & IEEE Press, vol. I+II.
4. Borza P., Matlac I., Nicu M. (1996), *Aparatură biomedicală*, Ed. Tehnică, București.
5. Binnie CD, Prior PF. (1994), *Electroencephalography*, Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 57: 1308 – 19
6. Bruce J. Fisch (2010), *Epilepsy and Intensive Care Monitoring: Principles and Practice*, Demos Medical Publishing
7. Brychta R., Shiavi R., Robertson D., (2007), *A Simplified Two-Component Model of Blood Pressure Fluctuation*, Am.J.Physiol., 292(2), H1193-H1293.
8. Corciovă C., Ciorap R. (2014), *Instrumentație Biomedicală*, Editura Universității de Medicină și Farmacie „Grigore T.Popa”, Iași.
9. Costin Hariton, (2000), *Electronică medicală*, Editura Universității de Medicină și Farmacie „Grigore T.Popa”, Iași.
10. Dugdale D.C, (2014), *What is blood pressure? How it is measured*, MNT Knowledge Center,
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/007490.htm>
11. Dempster J., (1993), *Computer Analysis of Electrophysiological Signals*, Academic, London.
12. Ederle J., Blanchard S., Bronzino J.D., (2005), *Introduction to Biomedical Engineering*, Elsevier Academic Press.
13. Geddes L.A., Baker L.E. (1989), *Principles of Applied Biomedical Instrumentation*, 3rd Ed. Wiley-Interscience, New York.

14. Gray Robert P., Meyer G. R. (1993), *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits*, third edition, John Wiley & Sons, Inc., USA.
15. Guyton A., (1998), *Fiziologia Umană și Mecanismele Bolilor*, Cap. VII, Respirația, pp. 255-279.
16. Iavorschi A., Șontea V., Pirtac V., Lazari E., Luchita M., Bobu V., (2013), *Complex Device for Heart Activity Monitoring*, Proceedings of the 2nd International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2013), Chisinau, Moldova, April 18-19 2013, pp. 569-571. ISBN 978-9975-62-343-8
17. Iavorschi A., Pahomi V., Pirtac V., Anghiloglu D., Railean S., Bragarenco A., Scripnic V., (2011), *Information system analysis of heart rate variability*, Proceedings of the International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011), Chisinau, Moldova, pp. 445-447. ISBN 978-9975-66-239-0
18. Kerr W., Dalton J., Gliebe P., (1937), *Some physical phenomena associated with the anxiety states and their relation to hyperventilation*, Annals of Internal Medicine 11:962–92.
19. Khandpur R.S. (2005), *Biomedical Instrumentation. Technology and Application*, Ed. McGraw-Hill
20. Lathi B. P., (1998), *Signal Processing and Linear Systems*, Carmichael, CA: Berkeley Cambridge.
21. Malik M., Farrell T., Cripps T., Camm AJ., (1989), *Heart rate variability in relation to prognosis after myocardial infarction: selection of optimal processing techniques*, Eur. Heart. J,10:1060-74.
22. Malik M., Xia R., Odemuyiwa O.et all, (1993), *Influence of the recognition artefact in the automatic analysis of long-term electrocardiograms on time-domain measurement of heart rate variability*, Med. Biol. Eng. Comput. 31: 539-44.
23. Машин В.А., (2007), *Нестационарность и длительность временного ряда сердечного ритма при диагностике функциональных состояний*, Биофизика, Т. 52, No 2, с. 344–354

24. Malliani A., Pagani M., Lombardi F., Cerutti S., (1991), *Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain*, Circulation, 84:1482-1492.
25. Milnor W.R., (1990), *Cardiovascular Physiology*. New York, US: Oxford University Press, Section 14, pp. 454-477.
26. Pagani M., Lombardi F., Guzzetti S., Rimoldi O., Furlan R., Pizzinelli P., Sandrone G., Malfatto G., Dell'Orto S., Piccaluga E., Turiel M., Baselli G., Cerutti S., Malliani A., (1986), *Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog*, Circ Res. 59:178-193.
27. Niedermeyer E., Lopes da Silva., (2005), *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications and related fields*, Fifth edition, Lippincott Williams & Wilkins.
28. Northrop R.B. (2002), *Non-Invasive Instrumentation and Measurements in Medical Diagnosis*. CRC Press, Boca Raton, FL.
29. Rangaraj M. Rangayyan., (2002), *Biomedical Signal Analysis, A Case-Study Approach*, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada.
30. Рангаян Р.М. (2008), *Анализ биомедицинских сигналов*, Москва.
31. Popa Rustem, (2006), *Electronică medicală*, Ed. Matrix Rom, București.
32. Policeac A., (1986), *Aparate electronice aplicate în medicină*, Litografia Institutului Politehnic Timișoara.
33. Prutchi, D., Norris, M. (2005), *Design and development of Medical Electronic Instrumentation*, John Wiley & Sons Publication.
34. Rotariu C., (2009), *Sisteme de telemonitorizare a parametrilor vitali*, Editura Universității de Medicină și Farmacie „Grigore T.Popa”, Iași.
35. Saulea A., Vovc V., (2008), *Fiziologie experimentală, culegere de lucrări practice la fiziologie*, Chișinău.
36. Saul JP., Albrecht P., Berger RD., Cohen RJ., (1988), *Analysis of long term heart rate variability: methods, 1/f scaling and implications*, Computers in Cardiology 1987: IEEE Computer Society press, Washington, pp. 419-22.

37. Slobozeanu A., Zatuşevski I., Creţu A., Şontea V., (2011), *Advanced potential of the photolpetismograph ppg-2 in the non-invasive vascular diagnosis*, Proceedings of the International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011), Chisinau, Moldova, pp.304-306. ISBN 978-9975-66-239-0.
38. Scripnic V., Şontea V., Zatuşevski I., Saulea A., Zemţovski E., Iavorschi A., Pîrţac V., Socolov V., Alexeeva N., (2011), *New investigation technologies of the cardiovascular system and of the vegetative nervous system*, Proceedings of the International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011), Chisinau, Moldova, pp.310-312. ISBN 978-9975-66-239-0.
39. Scripnic V., Zemtsovsky E., Saulea A., Sontea V., Minciuna V., Deac A., Vasiliev N., (2011), *Issues of classification, terminology and criteria for diagnosis of arrhythmia*, Proceeding of E-Health and Bioengineering Conference, Romania, pp. 81-84, ISBN 978-606-544-078-4
40. Stanley W.D., (1994), *Operational Amplifiers with Linear Integrated Circuits*, Macmillan College Publishing Company, third edition, USA
41. Şontea V., Iavorschi A., Pirtac V., Pahomi V., Anghiloglu D., (2012), *Complex Device for Recording and Signal Processing of Cardiac Activity*, Proceedings of tge XXXII Internationa Scientific Conference ELNANO 2012, April 10-12 2012, Kyiv, pag. 160-161. УДК 621.38:620.3(063).
42. Şontea Victor, Iavorschi Anatolie, Pîrţac Valeriu, Pahomi Valeriu, Anghiloglu Dmitrii, (2012), *Dispozitiv complex de înregistrare şi prelucrare a semnalelor activităţii cardiace*, Proceedings of the 4th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics” ICTEI 2012, May 17-20 2012, Volume II, pp. 346-350. ISBN 978-9975-45-201-4.
43. Şontea V., Iavorschi A., Pahomi V., Pîrţac V., Anghiloglu D., Railean S., (2011), *Complex device for recording and signal processing of cardiac activity*, Proceedings of the International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME-2011), Chisinau, Moldova, pp.307-309. ISBN 978-9975-66-239-0
44. Şontea V., Iavorschi A., Pahomi V., Pîrţac V., Anghiloglu D., (2011), *Sistem de înregistrare şi prelucrare a semnalelor ECG şi FPG pentru*

analiza Variabilității Ritmului Cardiac, Proceedings of the 7th International Conference on “Microelectronics and Computer Science” (ICMCS-2011), Chisinau, Moldova, pp.389-392. ISBN 978-9975-45-174-1

45. Șontea V., Iavorschi A., Lazari E., Luchita M., Arpentii N., *Human Interface of Complex Electronic System for Monitoring and Diagnostics in Medicine*, Proceedings of the 8th International Conference on Microelectronics and Computer Science (ICMCS-2014). October, 22-25, 2014, Chisinau, Republic of Moldova, pp. 430-431. ISBN 978-9975-45-329-5.
46. Șontea V., Iavorschi A., Lazari E., Luchita M., Arpentii N., Railean S., (2014), *Complex Electronic System for Monitoring and Diagnostics in Medicine*, 2nd Regional Workshop Health Technology Management (HTM), Chișinău, R. Moldova..
47. Tomescu Dana, Droc Gabriela, (2010), *Monitorizarea Perioperatorie*, Proceedings Congres SRATI 2010.
48. Vasilescu V., (1977), *Biofizică medicală*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
49. Togawa T., Tamura T. Oberg P.A., (1997), *Biomedical Transducers and Instruments*, CRC, Boca Raton, FL.
50. Topoliceanu F., Lozneanu S., (1985), *Bioelectrometrie*, Editura Tehnică, București.
51. Webster J.G. (1988), *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, John Wiley, New York.
52. Webster J. G., (1998), *Medical Instrumentation: Application and Design*, 3rd ed. New York, NY: Wiley.
53. Wise D.L., (1991), *Bioinstrumentation and Biosensors*, Marcel Dekker, New York.
54. Wise D.E. (Ed.) (1990), *Bioinstrumentation: Research, Developments and Applications*, Butterworth, Stoneham, MA.