

Emir Beganović  
Grada Bakua 15/3, Sarajevo  
Telefon: 033 767 810  
Mobitel: 061 131 532  
Email: [emir.beganovic@gmail.com](mailto:emir.beganovic@gmail.com)

Elektrotehnički fakultet Sarajevo  
Zmaja od Bosne bb, Kampus Univerziteta u Sarajevu

Naučno-nastavnom vijeću  
Putem vijeća Odsjeka za računarstvo i informatiku

***PREDMET: zahtjev za ocjenu podobnosti kandidata i teme za izradu doktorske disertacije***

Ovim putem obraćam vam se s molbom da mi se odobri izrada doktorske disertacije na temu

**„Modeliranje gasova i elektrolita u krvi korištenjem neuro-fuzzy logike“**

**„Modelling of blood gases and electrolytes using neuro-fuzzy logic“**

Predložena tema je sastavljena na osnovu mog dosadašnjeg istraživanja u području bioinformatike i inteligentnih metoda pretraživanja u oblasti vještačke inteligencije i data mininga. Detaljniji opis predložene doktorske disertacije je dat u prilogu ovog zahtjeva.

Konsultacije u vezi doktorske disertacije sam obavio sa prof. dr Zikrijom Avdagić.

Imajući u vidu dosadašnju saradnju u naučno istraživačkom radu, kao i polje istraživanja predložene teme doktorske disertacije, izražavam želju da istraživanje nastavim sa red. Prof. dr Zikrijom Avdagićem.

U prilogu dostavljam:

1. Obrazloženje predložene teme
2. Podaci o biografiji
3. Ovjerenu kopiju diplome o sticanju magistra nauka
4. Ovjerenu kopiju diplome dodiplomskog studija
5. Fotokopija uplatnice
6. Izjava da postupak stjecanja akademskog stepena doktora nauka nije pokrenuo ni u jednoj drugoj ustanovi

S poštovanjem,

mr. sci Emir Beganović dipl. Ing. el.

Sarajevo, 26. Septembar 2011. godine

## Obrazloženje teme

Na kraju svog oksidativnog ciklusa u ćeliji se stvara, kao krajnji product, voda ( $H_2O$ ) i ugljen dioksid ( $CO_2$ ), koji se jako brzo sjedinjuju u ugljenu kiselinu ( $H_2CO_3$ ). Sama ugljena kiselina je nepostojana i veoma brzo se disocira na jon vodonika ( $H^+$ ) i bikarbonatni jon ( $HCO_3$ ). Na ovaj način se dnevno oslobađa oko million puta više jona vodonika nego što je dozvoljeno. Sa fiziološke tačke gledišta acido-bazna ravnoteža predstavlja održavanje koncentracije jona vodonika ( $H^+$ ) u veoma uskim, dozvoljenim granicama. Organizam posjeduje brojne regulatorne mehanizme, a njihov značaj je u tome što milimolarne vrijednosti vodonikovih jona drže u nanomolarnim vrijednostima (polazna literatura [7], [8], [9], [10], [15], članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 do 42, izvori 2, 3, 4, 5 6, 7, ).

Poremećaj acido-bazne ravnoteže se dešava često i veoma je bitno da ljekar kliničar u pravo vrijeme prepozna i prati poremećaj homeostaze vodonikovih jona i elektrolita u organizmu. Poremećaj na ovom nivou daće, prije svega, oštećenje funkcija srca i pluća, a zatim i drugih organa, što može često rezultovati ireverzibilnim procesima sa fatalnim ishodom.

Pri ocjenjivanju kritično bolesnih pacijenata [15], ključnu ulogu igra status gasova, pH vrijednost i elektroliti u krvi. Razlog za intenzivan monitoring leži u činjenici da se kod vitalno ugroženih bolesnika promjene dešavaju iz časa u čas. Jedna od najdramatičnijih situacija u medicinskoj praksi jeste tretman srčanog zastoja, kada je potrebno pH, te nivo gasova arterijske krvi, održivati svakih pet minuta tokom kardio-pulmonarne reanimacije, tako da gasni analizator predstavlja nezaobilaznu opremu svih jedinica intenzivne njege i urgentnih blokova. Bolesnici sa primarnim poremećajem na nivou respiratornog sistema imaju sklonost ka brzom narušavanju ravnoteže gasova u krvi i pH, iz prostog razloga što su pluća jedan od najbitnijih regulatorskih mehanizama u održavanju acido-bazne ravnoteže. Brojne su plućne bolesti koje narušavaju gasnu razmjenu, dovode do respiratorne insuficijencije, čije praćenje i liječenje kiseonikom nije moguće bez adekvatnog praćenja acido-baznog statusa.

Danas se monitoring pH vrijednosti i elektrolitskog sastava tjelesnih tečnosti mjeri putem aparata nazvanog analizator gasova u krvi. Mjesto ovakvog aparata je prije svega u jedinicama intenzivne njege, kako medicinskog tako i hirurškog tipa, te na odjeljenjima za liječenje plućnih bolesti. Veoma je važno naglasiti da se ovi sofisticirani aparati moraju odlikovati visokim kvalitetom i pouzdanošću.

Rezultati acido-baznog statusa mogu direktno uticati na rezultate liječenja, te studija koja bi tretirala metode i uređaje bi svakako dala doprinos u ovoj oblasti i ukazala na ispravan odabir opreme koja mora biti sastavni dio svake jedinice intenzivne njege i pulmoloških odjeljenja.

Ocjenjivanje parametara gasova krvi može se podijeliti u podgrupe, statusa kiseonika, povezanih metaboličkih parametara, elektrolita i acidobaznog statusa.

Pošto se svaka grupa sastoji od nekoliko parametara, obim podataka koje treba interpretirati može biti jako veliki.

Parametri gasne analize:  $pO_2$ -parcijalni pritisak  $O_2$  u krvi,  $pCO_2$ -parcijalni pritisak  $CO_2$  u krvi,  $BE_{OX}$  Base Excess u gasovima krvi,  $temp$  toplota krvi,  $Hb$  koncentracija hemoglobinu u krvi.

Elektroliti:  $cK^+$  kalij,  $cNa^+$  natrij,  $cCl$  hlor,  $cCa^{2+}$  kalcij.

Kako je već naglašeno, poremećaj acido-bazne ravnoteže se dešava često i bitno je da kliničar u pravo vrijeme prepozna i prati poremećaj homeostaze vodikovih jona i elektrolita u organizmu.

Stoga je korisno imati pristupačan ekspertni sistem koji bi pomogao u određenim dijelovima ocjenjivanja.

### **Stanje u oblasti kojoj tema pripada**

Teorijska objašnjenja gasova u krvi su dostupna od strane većeg broja autora. Prema mojim istraživanjima i saznanjima ističu se objavljene knjige renomiranih naučnika, a nevedene u polaznoj literaturi [6], [7], [8], [9], [15], , članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, do 40, izvori 2, 3, 4, 5, 6, 7, .

Važno je uočiti da su kod svih autora parametri koji se odnose na gasnu analizu krvi, podjeljeni u grupe i to: parametri plinova u krvi, elektroliti i metabolički parametri.

Primjeri modeliranja gasne analize korištenjem fuzzy logikom, korištenjem MATLAB softvera je navedeno u knjigama [3], [6], [12], dok sami principi i detalji modeliranja pomoću fuzzy i neuro-fuzzy sistema su dati u knjigama [1], [4], [11], [13], [14], [16].

Posebno bih izdvojio rad autore:

Mashhour Bani Amer, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Jordan University of Science and Technology, P.O. Box 3030, 22110 Irbid, Jordan sa radom „ An adaptive neurofuzzy technique for determination of blood acidity“ (41).

Ovaj rad predstavlja adaptivni neurofuzzy-baziranu metodu za određivanje kiselosti krvi (pH). Glavna prednost ove metode u usporedbi s konvencionalnim koje se koriste za mjerenja pH krvi je da je sposoban za procjenu pH krvi, bez potrebe za pH senzorom, što zauzvrat smanjuje količinu uzorak krvi potreban za obavljanje hemijske analize.

Ova metoda koristi ugljični dioksid u krvi, parcijalni pritisak ( $p\text{CO}_2$ ) i bikarbonata ( $\text{HCO}_3^-$ ) kao tačke ulaza, a neurofuzzy logika predviđa vrijednost pH krvi. Ova metoda je provjerena pomoću 60 test podataka. Dobiveni rezultati su pokazali da su pH imaju dobre vrijednosti predviđene ovom metodom skladu s eksperimentalno izmjerenim pH vrijednosti. Visok koeficijent korelacije (87,6%) između izmjerenih i predviđenih pH vrijednosti odražava način sposobnost za mjerenje (procjena) pH vrijednosti pomoću  $p\text{CO}_2$  i bikarbonata ( $\text{HCO}_3^-$ ), a tačnost zadovoljavajući kliničke zahtjeve.

Michal Andrlik ([michal.andrlik@lfl.cuni.cz](mailto:michal.andrlik@lfl.cuni.cz)) iz Laboratory of Biocybernetics and Computer Aided Teaching Institute of Pathophysiology 1<sup>st</sup> Faculty of Medicine, Charles University Praha (izvor 1.) objavljen je rad pod nazivom: Modelling of blood gases exchange. Kako se navodi za ovaj rad se koristili: SimPlayer, fiziološki simulator, Matlab/Simulink, Bloody Mary, edukacioni simulator za respiraciju i transport gasova u krvi. Ovo modeliranje je rađeno za grupu parametara gasova u krvi.

## Osnovni ciljevi i plan istraživanja

Osnovni cilj je izrada modela gasova i elektrolita u krvi na osnovu polazne i eventualne nove literature: [6], [7], [8], [9], članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, izvori 2, 3, 4, 5, 6, 7, , a korištenjem fuzzy i neuro-fuzzy logike [3], [4], [5], [11], [12], [14], [16], do[25].

Plan se sastoji u tome da se na osnovu : [6], [7], [8], [9], članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, linkovi 2, 3, 4, 5, 6, 7, definiše objektni sistem, korištenjem neuro-fuzzy logike [3], [12], [4], [11], [13], [14] do [25].

## Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja bi se sastojala od teoretskog proučavanja objavljenih teorijskih postavki iz oblasti acido-baznog statusa gasova i elektrolita u krvi: [6], [7], [8], [9], članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 do 41, izvori 2, 3, 4, 5, 6, 7, kao i proučavanju metoda i tehnika iz oblasti vještačke inteligencije kao i oblasti softverskog inženjeringa [1], [3],[4] [5], [12], [11], [12], [13], [14], [16] do [25].

U okviru ove teze realizovat ću slijedeće:

- Analiza parametara gasova krvi i elektrolita
- Transformacija parametara gasova krvi i elektrolita u neuro-fuzzy sistem
- Redukovanje i filtriranje transformisanih podataka
- Pregled i analiza postojećih skupova podataka iz acido-baznog statusa i elektrolita
- Kreiranje interne struktura skupova podataka
- Zaključci i smjernice za dalje istraživanje

Kod modeliranja bi se koristili u: Matlab razvojno okruženje (Softverska prezentacija fuzzy-neuro-fuzzy sistema, njegovih elementa i njihove međupovezanosti), fiziološki simulatori SimPlayer, „Bloody Mary“ softver simulator respiracije i transporta gasova u krvi.

Istraživanje bi se izvodilo na Elektrotehničkom fakultetu u Sarajevu u Inteligentnoj laboratoriji.

Modeliranje bi se sastojalo u tome da bi se na ranije razvijen model objavljenih teorijskih postavki iz oblasti acido-baznog statusa, modelirao i model iz oblasti elektrolita. Jedan neuro-fuzzy blok će se koristiti kod modeliranja međusobnih uticaja ove dvije grupe parametara.

Napominjem, ulazni parametri acido-baznog statusa su  $pO_2$ -parcijalni pritisak  $O_2$  u krvi,  $pCO_2$ -parcijalni pritisak  $CO_2$  u krvi,  $BE_{OX}$  Base Excess u gasovima krvi,  $temp$  toplota krvi,  $Hb$  koncentracija hemoglobinu u krvi, a elektrolita :  $cK^+$  kalij,  $cNa^+$  natrij,  $cCl$  hlor,  $cCa^{2+}$  kalcij. Izlazni parametri su stanja, dijagnoze za pacijenta.

## Očekivani izvorni naučni doprinos disertacije

Na osnovu korištenja predhodnih istraživanja (literature: [6], [7], [8], [9], [10], [15], članci 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, izvora 2, 3, 4, 5, 6, 7, i alata u kojima su se koristili fuzzy logika i neuro-fuzzy modeliranje na postojeće, ali ograničene skupove podataka došlo bi se do složenijeg modela koji generira funkciju u smislu zadovoljenja predhodnih

skupova parametara i novog skupa parametara **elektrolita** što doprinosi originalnosti modela,

[3], [6], [12], [4], [11], [13], [14], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25].

Znači, ovaj model bi sa svojom strukturom obuhvatio sve skupove za modeliranje **gasova i elektrolita** i svojim mehanizmima razrješio interakcije koje nastaju kada se dodaje novi skup.

## Polazna literatura

### *Knjige:*

- [1] Z. Avdagić, **Vještačka inteligencija i fuzzy-neuro-genetika**, GrafoArt Sarajevo – 2003;
- [2] John D.Enderle, Joseph D.Bronzino, **Introduction to Biomedical Engineering**, Academic press, Oxford, 2011.;
- [3] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa, **Introduction to fuzzy logic using MATLAB**, Springer 2007.;
- [4] Mahdi Mahfouf, **Intelligent systems modeling and decision support in bioengineering**, Artech Mahfouf, Boston, 2006.;
- [5] Isabell Bloch, Alfredo Petrosino, Andrea Tettamanzi **Fuzzy logic and applications**, Springer Science Business, 2006.;
- [6] Ole Siggaard-Andersen, **The Acid-Base Status of the Blood**, Munksgaard-Copenhagen, 1984, 4. Revised edition;
- [7] Richard A.Preston, M.D. MedMaster, Inc. **Acid-Base, Fluids, and Electrolytes**, Miami, sixth printing 2002.;
- [8] A.B. Anup, **Arterial Blood Gas Analysis Made Easy** Lincoln Complex, New York 1996.;
- [9] Lawrence Martin, M.D., **All You Really Need to Know to Interpret Arterial Blood Gases**, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 1999.;
- [10] David E. Goldberg, **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**, Addison Wesley Longman Inc. – 1999 – Massachusetts;
- [11] Horia-Nicolai Teodorescu, Abraham Kandel, Lakhmi C.Jain, **Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems in Medicine**, CRC Press 1999 – New York;
- [12] Nikola Kasabov, **Evolving Connectionist Systems**, Springer-Verlag London Limited – 2003;
- [13] Ralph Kimball, Margy Ross, **The Data Warehouse Toolkit, Second Edition, The Complete Guide to Dimensional Modeling**, John Wiley & Sons, Inc. – 2002;
- [14] **Fuzzy Logic Toolbox User's Guide**, Matlab®, The MathWorks Inc. – 1996 (II izdanje).
- [15] **Bloodgas Handbook**, Radiometer, Copenhagen, 2008.;
- [16] Puyin Liu, Hong-Xing Li, „**Fuzzy neural network theory and application**“, World Scientific, 2004.;
- [17] Rafik Aziz ogly Aliev, R.R. Aliev, „**Soft computing and its applications**“, World Scientific, 2001.;
- [18] Leszek Rutkowski, „**Flexible neuro-fuzzy systems**“, Springer, 2004.;
- [19] Leszek Rutkowski, „**New soft computing techniques for system modeling, pattern classification and image processing**“, Springer, 2004.;

- [20] Leszek Rutkowski, „**Artificial intelligence and soft computing – ICAISC 2004.**“, 7th international conference, Zakopane, Poland, June 7-11, 2004.; Springer, 2004.;
- [21] Senen Barro, Roque Marin, „**Fuzzy logic in medicine**“, Springer, 2004.;
- [22] Horia-Nicolai Teodorescu, Abraham Kandel, L.C. Jain, „**Fuzzy and neuro-fuzzy systems in medicine**“, CRC Press, 1998.;
- [23] Katty Peeva, Yordan Kyosev, „**Fuzzy relational calculus**“, World Scientific, 2004.;
- [24] Vasil Sgurev, „**Intelligent Systems**“, Springer, 2010.;
- [25] Antonie J. Van den Bogert, Anne Su, „**A weighted least squares method for inverse dynamic analysis**“, Taylor&Francis, 2008.;

Članci:

1. A. Badnjević, E. Beganović, V. Gvozdenović, G. Šehić, „**Automated Closed Loop Controller of Inspired Oxygen System for Improved Mechanical Ventilation in Newborns**“, IEEE 34th International convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (MIPRO) 23.-27. May
2. A. Badnjević, E. Beganović, O. Mušić, „**Facts about solution based and cartridge based devices for blood gas analyses**“, IEEE 18th International Conference on System, Signals and Image Processing, 16-18 June 2011, Sarajevo Bosnia and Herzegovina
3. Endres DB, Rude R. „**Mineral and bone metabolism**“: Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics (4th edition) Ed: Burtis C. Ashwood E. and Bruns D. 2006 Elsevier: Missouri
4. Inzucchi S. „**Understanding hypercalcemia – its metabolic basis, signs and symptoms**“. Postgrad Med 2004; 115(4): 69-76
5. Holick M, Krane S, Potts J. „**Calcium phosphorous and bone metabolism: calcium regulating hormones**. In“: Principles of Internal Medicine 1998. McGraw Hill: New York
6. Brown E, Pollak M et al. „**Calcium ion sensing cell surface receptors**“. New Eng J Med 1995; 366: 575-80
7. Robertson W, Marshall R „**Calcium measurement in serum and plasma**“. CRC reviews in Clin Lab Sci 1979; 11: 271-304
8. Onifade K. Mohammed A, Peterson J *et al.* „**Ionized calcium: indications and advantages of its measurement**“. J Lab Med 2005; 29(4): 235-40
9. McClean FC, Hastings AB. „**The state of calcium in the fluids of the human body. Conditions affecting ionization of calcium**“ J Biol Chem 1935; 108: 285-322
10. Barker, W. J. Roberts, J. R., and Hedges, J. R. (Eds.), „**Arterial puncture and cannulation**. In“: Clinical Procedures in Emergency Medicine, 3rd edition. Saunders, Philadelphia, pp. 308–322, 1998.
11. Mortenson, J. D., „**Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation and incision**“. Circulation. 35:1118–1125, 1967.

12. McGillivray, D., Ducharme, F. M., Charron, Y., Mattimoe, C., and Treherne, S., „**Clinical decision making based on venous versus capillary blood gas values in the wellperfused child**“. *Ann. Emerg. Med.* 34:58–63, 1999.
13. Kelly, A. M., Kyle, E., and McAlpine, R., „**Venous PCO<sub>2</sub> and pH can be used to screen for significant hypercarbia in emergency patients with acute respiratory disease**“. *J. Emerg. Med.* 22:15–19, 2002.
14. Kelly, A. M., Kerr, D., and Middleton, P., „**Validation of venous PCO<sub>2</sub> to screen for arterial hypercarbia in patients with chronic obstructive airways disease**“. *J. Emerg. Med.* 28 (4):377–379, 2005.
15. Murphy, R., Thethy, S., Raby, S., Beckley, J., Terrace, J., Fiddler, C., et al., „**Capillary blood gases in acute exacerbations of COPD**“. *Respir. Med.* 100 (4):682–686, 2006.
16. Ibrahim, I., Ooi, S. B., Yiong Huak, C., Sethi, S., „**Point-of-care bedside gas analyzer: limited use of venous PCO<sub>2</sub> in emergency patients**“. *J Emerg Med.* 2008 (in press).
17. Ak, A., Ogun, C. O., Bayir, A., Kayis, S. A., and Koylu, R., „**Prediction of arterial blood gas values from venous blood gas values in patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease**“. *Tohoku J Exp Med.* 210 (4):285–290, 2006.
18. Adrougi HJ, Madias NE. „**Management of lifethreatening acid–base disorders**“. *N Engl J Med.* . 1998, 338(1):26–34.
19. Alvarez Romero GA, Ramirez Silva MT, Rojas Hernandez A, Hernandez Rodriguez , „**Monitoring of the pH using ISFET sensors in electroplating process**“. *J Appl Res Technol. PR.* 2005. 3:163–168.
20. Gebrich JL, Lubbers DW, Optiz N, Hansmann DR, Miller WW, Tusa JK, Yafuso M. 1986. „**Optical fluorescence and its application to an intravascular blood gas monitoring system**“. *IEEE Trans Biomed Eng. BME-33:* 117–132.
21. Guler N, Gurgun F, Varol F. 2001. „**An intelligent medical decision: antenatal fetal risk assessment by neurofuzzy technique for blood flow velocity waveforms from umbilical and cerebral artery**“. *Proc IEEE Conf Neural Netw.4:* 2700–2705.
22. Gutierrez G. „**A mathematical model of tissue–blood carbon dioxide exchange during hypoxia**“. *Am J Respir Clin Care Med.* 169:525–533. 2004.;
23. Hall DG. „**Ion-selective membrane electrodes: a general limiting treatment of interference effects**“. *J Phys Chem.* 100: 7230–7236. 1996.;
24. Harris CJ, Brown M, Bossley KM, Mills DJ, Feng M. **Advances in neurofuzzy algorithms for real-time modeling and control.** *Eng Appl Artif Intell.* 9(1):1–16. 1996.;
25. Ihara J. „**A structural analysis of criteria for electing model variables**“. *IEEE Trans Syst Man Cybern.* 10(8): 460–466. 1980.;
26. Ihara J. b. „**Group method of data handling towards a modeling of complex system**“. *IV. Syst Control.* 24:158–168. (in Japanese). 1980.;
27. **ISFET pH Sensors.** Available from: [http://www.iupac.org/publications/analytical\\_compendium/Cha08sec324.pdf](http://www.iupac.org/publications/analytical_compendium/Cha08sec324.pdf)
28. Jang J. ANFIS: „**adaptive network-based fuzzy inference system**“. *IEEE Trans Syst Man Cybern.* 23:665–685. . 1993.;
29. Khandpur RS. „**Biomedical instrumentation: technology and applications**“. New York: McGraw-Hill. 2005.;

30. Koutsojannis C, Hatzilygeroudis I. „Using a neurofuzzy in a medical application, knowledge-based intelligent information and engineering systems“. Vol. 4693. Netherlands: Springer. p. 477–484. 2007.;
31. Larsea V, Siggard-Andersen O.. „The oxygen status algorithm on-line with the pH blood gas analyzer“. Scand J Clin Lab Invest Suppl. 224:9–19. 1996.;
32. Lew VL, Freeman CJ, Ortiz OE, Bookchin RM. „A mathematical model of the volume, pH and ion content regulation in reticulocytes“. Am Soc Clin Invest. 87:100–112. 1991.;
33. Peterson JL. „Optical sensors“. In: Webster JG, editor. Encyclopedia of medical devices and instrumentation. New York: Wiley. p. 2121–2133. 1988.;
34. Pince H, Verberckmos R, Willems JL. „Computer aided interpretation of acid–base disorders. Int J Biomed Comput. 25(2–3):177–192. 1990.;
35. Raftos JE, Bulliman B, Kuchel PW. „Evaluation of an electrochemical model of erythrocyte pH buffering ing 31P nuclear magnetic resonance data“. J Gen Physiol. 95: 1183–1204. 1990.;
36. Schmidt TM, Naujoka E, Barrho J, Albers J, Kienke V, Vah CF. „Evaluation of a mathematical model for lood gases and acid–base status during extracorporeal circulation“. Critical Care. 7:7. 2003.;
37. Serhatlioglu S, Buzgeyik Z, Ozkan Y, Hardalak F, Guler I.. „Neurofuzzy classification of the effect of iabetes ellitus on carotid artery“. J Med Syst. 27(5):457–464. 2004.;
38. Sugeno M, Yasukawa TA. „A fuzzy logic-based approach to qualitative modeling“. IEEE Trans Fuzzy Syst. :7–31. 1993.;
39. Tietz NW, ed.. „Clinical guide to laboratory tests“. 3rd ed. Philadelphia, PA: W.B. Saunders. Webster G, ed. 98. Medical instrumentation: applications and design. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons. p. 444–446. 1995.;
40. Yamauchi M. „Respiratory acidosis prolongs, while alkalosis shortens, the duration and recording time of vecoronium in humans“. J Clin Anesth. 14(2):98–101. 2003.
41. Mohammad Reza Raoufy, Parivash Eftekhari, Shahriar Gharibzadeh, Mohammad Reza Masjedi, „Predicting Arterial Blood Gas Values from Venous Samples in Patients with Acute Exacerbation Chronic Obstructive Pulmonary Disease Using Artificial Neural Network“, Springer Science+Business Media, LLC 2009.;
42. Mashhour Bani Amer, Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Jordan University of Science and Technology, P.O. Box 3030, 22110 Irbid, Jordan sa radom „ An adaptive neurofuzzy technique for determination of blood acidity“, Taylor&Francis, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Vol. 13, No. 6, December 2010, 685–691

## Korisni izvori

1. <http://patf-biokyb.lfl.cuni.cz/english.htm>
2. <http://www.acutecaretesting.com>
3. <http://www.deep-picture.com/>, <http://www.siggard-andersen.dk/> ,
4. [http://www.anaes.med.usyd.edu.au/lectures/acidbase\\_mjb/frameversion.html](http://www.anaes.med.usyd.edu.au/lectures/acidbase_mjb/frameversion.html);
5. [www.acid-base.com](http://www.acid-base.com)



6. [www.rcjournal.com](http://www.rcjournal.com)  
[www.anaesthetist.com](http://www.anaesthetist.com)
8. <http://acute-care-testing.org/>