Napredni sistem za procenu vremena trajanja dijalize kod dece

Vladimir Mladenović, Mirjana Kostić, Danijela Milošević, Dušan Paripović, Aleksandar Peulić, Miroslav Lutovac, *Member, IEEE*

***Apstrakt*—U ovom radu prikazana je metodologija razvoja algoritma za procenu parametara tokom procesa hemodijalize i predikciju vremena njenog trajanja. Razvoj algoritama izvršen je na osnovu realnih merenih vrednosti bioimpedanse i indeksa telesne težine koji se u poslednje vreme veoma često koriste u dijagnostici. Na osnovu njih korišćeni su interpolacioni polinomi Lagranžov i Njutnov koji su implementirani na mikroračunaru Raspberry Pi.**

***Ključne reči*—Aproksimacija, interpolacija, Lagranžov interpolacioni polinom, Njutnov interpolacioni polinom, Raspberry Pi, Python**

I. Uvod

BALANSIRANO stanje tečnosti u organizmu predstavlja suštinu terapije hemodijalize (HD). Ono doprinosi sprečavanju hipo- i hiper-hidrataciji koja može imati značajan uticaj na dugoročne kardiovaskularne komplikacije, smanjenje efikasnosti rada srca i slično [1]. HD se odnosi na proces koji uklanja višak tečnosti iz tela pacijenta, čija je funkcija bubrega smanjena ili potpuno odsutna, i obično se postiže ultrafiltracijom.

Nažalost, ne postoje tipična pravila za to, i mnogi klinički lekari, pored pojedinih parametra koje prate, procenjuju kompletan HD proces u skladu sa dugogodišnjim iskustvom i ličnom percepcijom. HD tretman zahteva procenu telesne mase i stanja telesne tečnosti, i obično uključuje merenje različitih fiziološki parametara koji obuhvataju značajan broj tehničkih i bioloških pretpostavki. Sa druge strane, HD se realizuje u kliničkim uslovima tako da dete pacijent mora da bude prisutno [2].

U poslednjih nekoliko godina, bioelektrična impedansa (BI), indeks telesne mase (BMI) i krvni pritisak (BP), kao neinvazivne i jeftinije metode, zajedno sa fiziološkim parametrima poput hematokrita, obezbeđuju predvidivu procenu za eksperimentalne i kliničke HD situacije [3]. Ovaj rad obezbeđuje sistematsku studija o proceni ravnoteže tečnosti prilikom HD kod dece sa ciljem da se uspostavi odgovarajući jedinstveni metod i pravilo za svakog pacijenta korišćenjem matematičkog pristupa. Dobijeni rezultati mogu biti primenjeni za dalji razvoj sistema koji će automatizovano obavljati nadgledanje i kontrolu procesa HD uz prethodnu njenu procenu o trajanju i količini tečnosti koja treba biti uklonjena. Napravljena je uporedna analiza dva matematička modela kako bi se utvrdilo da je ovakvim pristupom moguća predvidivost trajanja HD i potencijalno definisati količina tečnosti koja treba biti uklonjena iz organizma.

Ovaj rad je sačinjen od nekoliko sekcija. U prvoj se opisan značaj izučavanja i aktuelnost teme prikazanog problema. U drugoj sekciji opisani su osnovni pojmovi koji čine sastavni deo analize i modelovanja procesa HD. Treća sekcija opisuje osnovne matematičke pristupe za rešavanje interpolacija i aproksimacija u procesu identifikacije. Četvrta i peta sekcija daju prikaz problema, merene i eksperimentalne rezultate, dok je praktična realizacija opisana u šestoj sekciji. U poslednjoj sekciji predstavljeni su zaključci dobijenih rezultata.

II. Osnovni pojmovi

Bioimpedansa (BI) je dijagnostički parametar koji se u poslednjoj deceniji uglavnom učestvuje u dobijanju objektivnih podataka o zdravstvenom stanju. Naime, pri merenju impedanse mere se dva bioelektrična parametra i to otpornost tela i reaktansa.

Mnoge predikcione jednačine su dostupne za procenu parametara tela u funkciji otpora, reaktanse, antropometrijskih promenljivih (težine i visine), polu i starosti. Prediktivne jednačine važe samo za specifične populacije razvijene za šta čini ove jednačine neprikladne u kliničkim situacijama.

BI je prihvaćena u analizama za procenu ukupne količine tečnosti u telu (TBW - Total-Body Water), unutarćelijske tečnosti (ICF - Intracellular Fluid) i vanćelijske tečnosti (ECF - Extracellular Fluid) [4].

Indeks telesne težine (BMI - Body Mass Index) predstavlja matematički odnos između težine i visine. Suštinski povezuje telesne parametre sa telesnim mastima. Često, BMI predstavlja indikator rizika za razvoj određenih bolesti ukoliko je njegova vrednost visoka. U ovom radu mi koristimo navedena dva parametra, BI i BMI, kako bismo pomoću njihovih promena vrednosti tokom HD mogli da izvršimo njenu procenu trajanja i količinu tečnosti koju treba izvući iz tela.

Vladimir Mladenović – Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: vladimir.mladenovic@ftn.kg.ac.rs).

Mirjana Kostić – Univerzitetska dečja klinika, Tiršova 10, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: mirjana.kostic@udk.bg.ac.rs).

Danijela Milošević – Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: danijela.milosevic@ftn.kg.ac.rs).

Dušan Paripović – Univerzitetska dečja klinika, Tiršova 10, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: dusan.paripovic@udk.bg.ac.rs).

Aleksandar Peulić – Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (e-mail: aleksandar.peulic@kg.ac.rs).

Miroslav Lutovac – Univerzitet Singidunum, Danijelova 32, 11000, Beograd, Srbija (e-mail: lutovac@gmail.com).

III. IDENTIFIKACIJA I APROKSIMACIJA

Veliki broj problema koji se javljaju tokom procesa projektovanja automatskih sistema predikcije odnosi se na metode identifikacije i aproksimacije [5].

Pojam identifikacije se široko koristi u teoriji sistema upravljanja i podrazumeva proces kreiranja matematičkog modela dinamičkog sistema na osnovu prikupljenih podataka, obično na osnovu merenja ulaznih i izlaznih signala sistema. Primenjuje se kada posmatrani sistem nije dovoljno proučen ili opisan i kada za njega ne postoji poznata i određena matematička funkcija koja povezuje izlaze sa ulazom. Često se pod pojmom identifikacije podrazumeva samo proces određivanja parametara izabranog matematičkog modela za posmatrani dimanički sistem.

Tipičan zadatak u teoriji aproksimacije je određivanje funkcija date klase tako da dobijena aproksimativna kriva na posmatranom intervalu odstupa što je manje moguće od određene zadate krive. Druga velika klasa problema u teoriji aproksimacije je određivanje funkcije aproksimativne krive na osnovu poznatih vrednosti, promenljivih i funkcije u konačnom broju diskretnih tačaka.

A. *Problemi identifikacije*

Identifikacija se bavi problemima definisanja pogodnih matematičkih modela dinamičkih sistema, po pravilu objekta upravljanja, na osnovu eksperimentalnih podataka i analize istih. Promenljive koje opisuju sistem najpre se podele na ulazne i izlazne promenljive. Merenjem vrednosti ulaznih i izlaznih promenljivih dobijaju se podaci na osnovu kojih treba identifikovati sistem, tj. razviti odgovarajući matematički model koji opisuje dinamiku sistema i odrediti njegove parametre. U opštem slučaju proces identifikacije obuhvata rešavanje sledećih osnovnih zadataka:

- izbor klase matematičkih modela
- izbor klase ulaznih signala
- izbor kriterijuma za ocenu koliko model odgovara sistemu
- razvoj i primena algoritma za rešavanje

U užem smislu, pod identifikacijom se podrazumeva rešavanje zadatka određivanja optimalnih parametara izabranog matematičkog modela, gde se pretpostavlja da su prethodno usvojeni klasa modela i kriterijum za ocenu kvaliteta aproksimacije sistema modelom.

B. *Problemi aproksimacije*

U teoriji aproksimacije razvijaju se metode aproksimacije ili interpolacije neprekidne skalarne funkcije $y(x)$ pomoću aproksimativne funkcije $Y(w,x)$ koja ima određeni broj parametara w koji pripada nekom skupu. Za aproksimativnu funkciju problem je naći vektor parametara w koji daje najbolju moguću aproksimaciju početne skalarne funkcije na posmatranom skupu. Postoje dva tipa aproksimacije. Prvi se odnosi na slučajeve kada zadatu krivu $y(x)$ treba aproksimirati funkcijama date klase ili njihovim kombinacijama, tako da dobijena aproksimativna kriva $Y(w,x)$ na posmatranom intervalu odstupa od zadate što je moguće manje. U klasičnoj teoriji aproksimacije kao aproksimativne funkcije uobičajeno se koriste kombinacije linearnih funkcija, sinusnih funkcija itd. Drugi tip rešavanja problema odnosi se na slučajeve kada su poznate realizacije posmatranih promenljivih u određenim diskretnim tačkama $(x_i, y(x_i))$ gde se vrednosti obično dobijaju merenjem realnih veličina posmatranog sistema. U tom slučaju treba odrediti aproksimativnu/interpolacionu krivu $Y(w,x)$ i njene parametre tako da zbir rastojanja aproksimiranih vrednosti $Y(w,x)$ od realizacija $y(x_i)$ u posmatranim tačkama bude minimalan.

Od pomenuta dva tipa rešavanja problema aproksimacije, drugi tip rešavanja se u praksi više koristi. Najčešće se javlja kod merenja različitih fizičkih veličina, jer, osim izmerenih podataka, pokušavamo aproksimirati i podatke koji se nalaze između izmerenih tačaka. Greške se mogu javiti i kod načina merenja podataka pa tako postoje i određeni modeli/tehnike za smanjenje tako nastalih grešaka [6].

Funkcija se bira prema prirodi modela, ali na taj način da bude relativno jednostavna za računanje. Kada se funkcija dobije u kanonskom obliku onda se kaže da je izabran opšti oblik aproksimativne funkcije. Na osnovu same realizacije aproksimativne funkcije se grubo mogu podeliti na linearne i nelinearne.

Treba imati na umu da je zadatak aproksimacije funkcije na osnovu određenih uzoraka, tj. na osnovu skupa diskretnih vrednosti, matematički slabo postavljen problem jer ne postoji dovoljno podataka da se rekonstruiše preslikavanje u oblastima za koje ne postoje podaci. Drugim rečima, može se konstruisati više međusobno različitih aproksimacija koje su, kada se posmatra ukupna greška, podjednako dobre za podatke kojima se raspolaže. Te razlike se naročito ispoljavaju u oblastima za koje se ne poznaju originalni podaci.

Pored toga podaci po pravilu nisu apsolutno tačni, već sadrže neku vrstu statističke greške. To stvara dodatne probleme u aproksimaciji i potrebu da se na početku postave određeni uslovi ili pretpostavke kako bi zadatak aproksimacije bio dobro postavljen.

Na zadacima identifikacije i aproksimacije uočavaju se važnosti i uloge izbora klasa matematičkih modela i aproksimativnih funkcija kao i izbor kriterijuma kojim se ocenjuje kvalitet i validnost rešenja. Iz tog razloga u rešavanju zadataka aproksimacije treba razlikovati sledeće glavne probleme [7]:

- Problem koji aproksimaciju koristi tj. koje klase funkcija $y(x)$ mogu da se efektivno aproksimiraju kojim aproksimativnim funkcijama $Y(w, x)$. Ovo je problem predstavljanja ili reprezentacije.
- Problem koji algoritam koristi za nalaženje optimalnih vrednosti parametara w za dati izbor Y, uključujući u ovaj problem i izbor kriterijuma za ocenu kvaliteta rešenja.

C. *Lagranžeov interpolacioni polinom*

Interpolacija [8] je zahtev da se vrednosti date funkcije i interpolacionog polinoma podudaraju na nekom konačnom skupu tačaka ili argumenata. Te tačke obično nazivamo čvorovima interpolacije.

U numeričkoj analizi, Lagranžov polinom se koristi u oblasti polinomske interpolacije. Kako bi našli koeficijente interpolacionog polinoma, ne moramo rešavati sistem linearnih jednačina. Interpolacioni polinom p_n može se prikazati korišćenjem Lagranžove baze $\{l_k, k = 0, ..., n\}$:

$$p_n(x) = \sum_{k=0}^{n} f_k l_k(x) \tag{1}$$

pri čemu je

$$l_k(x) = \prod_{\substack{i=0 \\ i \neq k}}^{n} \frac{x - x_i}{x_k - x_i} \tag{2}$$

Nedostatak u primeni ovog polinoma je veliki broj operacija koje se koriste za njegovo izračunavanje.

D. Njutnov intepolacioni polinom

Drugačiji način za rešavanje interpolacija dao je Isak Njutn svojim interpolacionim polinomom sa podeljenim razlikama [9]. Ova metoda predstavlja osnovu za većinu drugih, kompleksnijih metoda koje se bave problemima numeričke analize. Naime, Lagranžov interpolacioni polinom ne predstavlja najbolju metodu interpolacije zbog problema tačnosti (preciznosti) dobijenih aproksimacionih vrednosti pri većim stepenima polinoma. Ovaj problem se javlja iz razloga što se svaki interpolacioni polinom mora računati iz početka.

Njutnov oblik predstavlja polinom gde je, za razliku od Lagranžovog, mnogo lakše povećati stepen odnosno dodati čvorove interpolacije ne računajući polinom iz početka već postupkom rekurzije.

Neka je p_n polinom koji interpolira funkciju f u tačkama x_k, $k = 0, ...,n$-1. Neka p_n interpolira funkciju f još i u tački x_n. Polinom p_n tada može biti napisan u obliku:

$$p_n(x) = p_{n-1}(x) + c(x) \tag{3}$$

gde je c korekcija, a n stepen polinoma. Takođe, mora važiti:

$$c(x) = p_n(x_k) - p_n - l(x_k) = 0 \tag{4}$$

Matematičkim manipulacijama na kraju se dobija rekurzivna formula za dobijanje interpolacionog polinoma koji je za jedan stepen viši od prethodnog:

$$p_n(x) = p_{n-1}(x) + (x - x_0)...(x - x_{n-1}) \cdot f[x_0,..., x_n] \tag{5}$$

gde je

$$f[x_0,..., x_n] = \frac{f(x_n) - p_{n-1}(x_n)}{(x_n - x_0)...(x_n - x_{n-1})} \tag{6}$$

U praksi se obično koriste interpolacioni polinomi nižih stepena, najčešće do 5. Njihova primena je iz razloga što usled povećavanjem stepena interpolacionog polinoma može dovesti do znatnog povećanja grešaka.

IV. Definisanje problema

U okviru ovog rada vršena je simulacija predikcije i monitoringa procesa HD primenom navedenih matematičkih modela i njihovim razvojem u algoritme. Testiranje je izvršeno na računaru Raspberry pi [10]. Rešavanje ovog problema podeljeno je u nekoliko koraka:

- Definisanje problema
- Merenje potrebnih parametara
- Određivanje matematičkog modela sistema
- Pisanje algoritma u programskom jeziku *Python*
- Prikaz i provera dobijenih rezultata

Sistem koji se modeluje prethodno mora biti dobro opisan. Kod procesa HD, na uređajima za dijalizu podesi se koliko je tečnosti zahtevano da uređaj izvuče tokom procesa. Tada se uopšte ne zna koliko će sam proces trajati, a kako se merenja potrebnih parametara ne mogu izvršiti u stacionarnom stanju, nije zgodno da se dete pacijent u kratkim vremenskim intervalima pomera da bi se izvršilo merenje težine. Kako bi se smanjili intervali merenja i napravila predikcija, određena podešavanja parametara mogu da se zadaju na samom početku HD i sistem bi onda predvideo vreme HD kao i procenu parametara. Tako bi sistem sam uspostavio podešavanje vađenja tečnosti u zavisnosti od trenutne adaptacije pacijenta.

Parametri koji se posmatraju su vreme procesa, telesna težina (TT), indeks telesne težine (BMI), koje je preko visine povezan sa TT, i bioimpedansa (BI). Krajnja TT se zadaje i prati u kom trenutku sistem dostiže zadatu vrednost. Cilj je da se na osnovu što manje merenja podataka TT i BI napravi najbolja moguća predikcija vremena za dostizanje zadate TT.

V. Merenja i eksperimentalni rezultati

A. Merenje potrebnih parametara

Za predikciju tačnosti, izvršena su merene vrednosti kod dece pacijenata u procesu HD u različitim vremenskim intervalima, svrstanih po datumima, što je prikazano u Tabeli I. Merenja su obavljena na Univerzitetskoj klinici u Tiršovoj u Beogradu tokom 2014. godine kod nekoliko deteta pacijenata, ali je u ovom radu prikazan rezultat od jednog pacijenta.

B. Pisanje algoritma u programskom jeziku Python

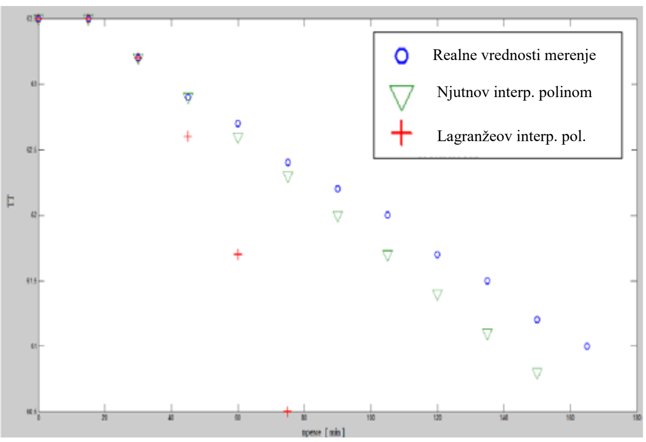
Algoritmi u ovom radu predstavljaju implementaciju već opisanih modela Lagranžovog i Njutnovog interpolacionog polinoma. Konkretno, za posmatrani slučaj u oba algoritma su izvedene dve interpolacije, za vrednosti vremena i parametra TT kao i za parametar BI. Izlazi algoritma generišu tabelu međusobne zavisnosti parametara tokom vremena, čije se vrednosti kasnije mogu upoređivati sa izmerenim i time oceniti kvalitet interpolacionog modela kao i samog algoritma. Još jedan način za evaluaciju samog modela jeste kroz analizu i testiranje algoritma kroz prethodne procese HD.

TABELA I
VREDNOSTI MERENIH PARAMETARA DETETA PACIJENTA TOKOM 2014. GODINE

	5. avg.		7. avg.		12. avg.		14. avg.		19. avg.		21. avg.	
vreme	TT	BI	TT	BI	TT	BI	TT	BI	TT	BI	TT	BI
uključenje	63.5	509	61.6	521	62.1	513	61.4	545	66	413	63	551
15min	63.5	513	61.6	534	62.5	512	61.4	554	65.7	521	62.8	591
30min	63.2	523	61.4	539	62.4	626	61.2	562	65.2	507	62.5	621
45min	62.9	533	61.3	542	62	535	61	570	65.1	510	62.4	625
60min	62.7	538	61	555	61.5	529	61.1	579	65	534	62.1	634
75min	62.4	546	61	565	61.6	521	61	584	64.8	549	61.9	611
90min	62.2	555	60.7	559	61.3	541	61.8	588	64.5	553	62	600
105min	62	560	60.4	563	61.2	556	61.3	596	64.45	560	61.6	657
120min	61.7	565	60.2	571	61	568	60.6	806	64.2	569	61.4	657
135min	61.5	569	60	577	60.7	585	60.2	735	63.9	568	61.2	664
150min	61.2	581	59.8	583	60.4	592	59.7	606	63.6	715	61	678
165min	61	594	59.6	592	60.3	590	59.6	781	63.3	635	60.9	661
180min	60.7	593	59.4	598	60.15	730	59.5	776	63.7	581	60.7	708
195min	60.4	600	59.1	605	60.05	712	59.4	769	61.9	595	60.5	703
210min	60.1	608	58.9	622	59.7	603	59.1	956	61.7	679	60.3	711
225min	59.9	618	58.7	610	59.2	620	58.9	846	61.5	607	60.1	716
240min	59.7	626	58.5	621	59	643	58.8	768	62.3	686	60	680

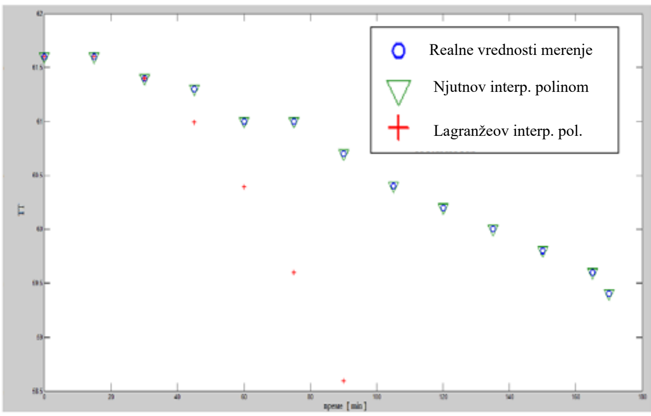
VI. REZULTATI I PRAKTIČNA REALIZACIJA

U ovom poglavlju prikazan je primer rada algoritma, ispisivanje izlaznih vrednosti, njihovi grafički prikazi kao i upoređivanje sa vrednostima merenja procesa HD. Na Slici 1. prikazan je grafički prikaz rezultata programa za modelovanje prediktivne funkcije. Upoređujući dva interpolaciona polinoma, uočava se da primena Njutnovog interpolacionog polinoma daje bolje rezultate nego Lagranžeov. Razlike koje nastaju tokom trajanja HD, a sa matematičkog aspekta predstavljaju grešku, reda su veličine nekoliko miligrama, što je u realnim uslovima u medicinskim uslovima skoro zanemarljivo i nalazi se u granicama tolerancije.



Sl. 1. Grafički prikaz rezultata programa za merenja 5. avgust

Na Slici 2. prikazana su merenja od 7. avgusta i zamenom vrednosti u dobijenim interpolacionim polinomima predstavljaju skoro potpuno podudaranje sa merenim vrednostim u slučaju Njutnovog interpolacionog polinom u odnosu na Lagranžeov.



Sl. 2. Grafički prikaz rezultata programa za merenja 7. avgust

VII. ZAKLJUČAK

Identifikacija i predikcija različitih parametara kao i kreiranje matematičkog modela određenih sistema široko se koriste u različitim vrstama istraživanja. Cilj ovog rada je realizacija automatskog sistema za procenu parametara tokom procesa dijalize i predikciju vremena trajanja procesa. Sam sistem je simuliran uz pomoć mikroračunara Raspberry pi.

Kako zadatak aproksimacije predstavlja određivanje funkcije tako da dobijena aproksimativna kriva interpolira početnu u određenim tačkama, u radu smo uz pomoć nelinearnih interpolacionih polinoma izvršili predikciju parametara sistema. Od mnogobrojnih pristupa interpolaciji, realizovani su Lagranžov i Njutnov oblik polinoma u vidu pisanja algoritma u programskom jeziku *Python*.

Sama aproksimacija parametara ovog sistema podrazumevala je praćenje dva parametra karakteristična za proces dijalize TT i BI. Uz pomoć pomenutih interpolacionih metoda, za unete početne vrednosti realnih merenja, pravi se predikcija za koje vreme će sistem dostići zadatu određenu težinu. Kroz testiranje i analiziranje aproksimiranih vrednosti parametara procesa upoređivani su kvalitet i tačnost korišćenih metoda čime su potvrđene matematičke pretpostavke i verifikovana primena Lagranžovog i Njutnovog polinoma. Potvrđeno je da pri korišćenju ovih oblika nelinearnih polinoma pri stepenima višim od 4, u nekim slučajevima 5, greške aproksimacije povećavaju. Takođe potvrđeno je da je Njutnov pristup u praksi dosta precizniji u poređenju sa Lagranžovim.

LITERATURA

[1] R. Martinoli, E.I. Mohamed, C. Maiolo, R. Cianci, F. Denoth, S. Salvadori, L. Iacopino, "Total body water estimation using bioelectrical impedance: a meta-analysis of the data available in the literature", *Acta Diabetol*, vol. *2003*, no. *40*, pp. *203–206*, 2003

[2] R. T. Mikolajczyk, A. E. Maxwell, W. E. Ansari, C. Stock, J. Petkeviciene, F. Guillen-Grima, "Relationship between perceived body weight and body mass index based on self- reported height and weight among university students: a cross-sectional study in seven European countries", *BMC Public Health*, vol. *10*, no. *4*, pp. *1-11*, 2010

[3] L. Rothlingshofer, M. Ulbrich, S. Hahne, S. Leonhardt, "Monitoring Change of Body Fluid during Physical Exercise using Bioimpedance Spectroscopy and Finite Element Simulations", *J Electr Bioimp*, vol. *2*, pp. *79–85*, 2011

[4] J.G. Raimann1, F. Zhu, J. Wang, S. Thijssen, M.K. Kuhlmann, P. Kotanko, N.W. Levin, G.A. Kaysen, "Comparison of fluid volume estimates in chronic hemodialysis patients by bioimpedance, direct isotopic, and dilution methods", *Kidney International*, vol. *85*, pp. *898–908*, 2014.

[5] Mirko Vujosevic, *Identifikacija i aproksimacija*, Beograd, 2013.

[6] L. Dai, R. N. Jazar, *Nonlinear Approaches in Engineering Application*, Springer New York Dordrecht Heidelberg, 2012

[7] W. J. Rugh, *Nonlinear System Theory*, The Johns Hopkins University, 2002.

[8] R. A. DeVore, *Nonlinear approximation and its applications*, Springer Texas A&M University, 2009.

[9] D. Ibrahim, *Raspberry Pi Hardverski Projekti*, Infoelektronika, 2014.

[10] S. Monk, *Raspberry Pi Cookbook*, O'REILLY, 2014

ABSTRACT

In this paper the methodology for the development of algorithms for parameter estimation in the process of hemodialysis and prediction of time of its duration is presented. The development of algorithms is executed on the basis of actual measured values of bioimpedanse and body mass index that are lately very often used in diagnosis. Based on them, the interpolation polynomials of Lagrange and Newton were used and have been implemented on a micro computer Raspberry Pi.

An Advanced Adaptive System for Estimating the Duration of Dialysis for Children

Vladimir Mladenović, Mirjana Kostić, Danijela Milošević, Dušan Paripović, Aleksandar Peulić, Miroslav Lutovac