

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხელნაწერის უფლებით

ლალი ტოკაძე

გამოსახულებათა ვეივლეტ და სხვა შერეული მეთოდების
კვლევა და გამოყენება სამედიცინო ამოცანების გადაწყვეტისას

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის
საინჟინრო კიბერნეტიკისა და ხელსაწყოთმშენებლობის დეპარტამენტის
საზოგადოებრივი ტექნიკის, ექსპერტიზისა და ხარისხის მართვის მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ., სრული პროფესორი ირინა ჩხეიძე

რეცენზენტები: ტ.მ.დ., სრული პროფესორი კონსტანტინე კამკამიძე
ტ.მ.კ., ასოცირებული პროფესორი ნიკოლოზ აბზიანიძე

დაცვა შედგება 2012 წლის “ 30 „ აპრილს , 3 საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის
სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი VI, აუდიტორია 311ა
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი სრული პროფ. თინათინ კაიშაური

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

კვლევის აქტუალობა. ელექტრონული მედიცინა – (Health-Grid) არის მკურნალობის ახალი სახე, ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების ინოვაციური მაგალითი, რომელიც განკუთვნილია მაღალხარისხოვანი სამედიცინო მომსახურების უზრუნველსაყოფად. ელექტრონული მედიცინა ხელს უწყობს სამედიცინო პერსონალს გამოიყენოს კლინიკურ პრაქტიკაში ახალი სახის დიაგნოსტიკა (როდესაც ორგანიზმის ნორმალური პროცესის მუშაობაში ნაადრევად შეიძლება დადგინდეს დარღვევები) და ამასთანავე დაეხმაროს ექიმებს ერთობლივი მუშაობის წარმოებაში მიუხედავად მათი გეოგრაფიული ადგილმდებარეობისა. წარმოდგენილი ნაშრომი ეძღვნება ელექტრონულ მედიცინაში თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების ეფექტურობის კვლევას სამედიცინო სიგნალებისა და გამოსახულებათა დამუშავებისა და შეკუმშვის თვალსაზრისით. სწორედ ამაში მდგომარეობს თემის აქტუალობა.

სადოქტორო ნაშრომის ძირითადი მიზანი. სადოქტორო ნაშრომის ძირითადი მიზანია-ბიოსამედიცინო ვიზუალიზირებული ინფორმაციის - ციფრულ გამოსახულებათა და სიგნალების კომპიუტერული დამუშავების კვლევა ვეივლეტ, ფრაქტალური და დინამიკური ქაოსის ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე. შემოთავაზებული კომპიუტერული მეთოდების და ალგორითმების რეალიზაცია ხორციელდება Mathcad პროგრამულ გარემოში, ვინაიდან ნებისმიერი სირთულის ამოცანების გადაწყვეტა ამ უნივერსალურ პაკეტში გამოირჩევა სიმარტივით, შედარებით მაღალი სწრაფქმედებით, არ მოითხოვს მაღალი დონის პროგრამული ენის ცოდნას და მისაწვდომია მომხმარებლისათვის.

კვლევის ობიექტი. ექსპერიმენტული კვლევები ჩატარებულია იმ კონკრეტულ რეალურ მასალებზე დაყრდნობით, რომელიც მოგვაწოდა: 1. აკად. ა.მ. სარაჯიშვილის სახ. კლინიკური ნევროლოგიისა და ნეიროქირურგიის ინსტიტუტმა 2. კარდიოლოგიურმა კლინიკამ „გული“ 3. ქალაქის მე-9 საავადმყოფოსთან არსებულმა კარდიოლოგიურმა კლინიკამ.

სამივე დაწესებულებასთან ჩვენ გვქონდა ერთობლივი სამეცნიერო კვლევა და ურთიერთთანამშრომლობა.

კვლევის მეთოდები. ფუნქციური ანალიზისა და აპროქსიმაციის მეთოდები (ვეივლეტ ანალოგური და დისკრეტული გარდაქმნის თეორია); დიფერენციალურ განტოლებათა თეორია (დინამიკური ქაოსის თეორია); მატრიცული სივრცეების და კომპაქტური სიმრავლეების თეორია (ფრაქტალები); ალბათობის და სტატისტიკის თეორია;

ძირითადი ამოცანები. ზემოთ ჩამოყალიბებული მიზნების შესასრულებლად სამუშაო ითვალისწინებს შემდეგი ძირითადი ამოცანების გადაწყვეტას: დისკრეტულ ვეივლეტ-გარდაქმნების უნიკალური თვისებების და ბაზური მახასიათებლების გაანალიზებას; გამოსახულებათა ფრაქტალური შეკუმშვის კვლევას; ბიო-სამედიცინო სისტემების არაწრფივი დინამიკური თვისებების შესწავლას და ანალიზს; სიგნალებისა და გამოსახულებათა ციფრული დამუშავებისათვის სხვა კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების შესაძლებლობის დადგენას.

მეცნიერული სიახლე. ჩატარებული თეორიული მასალის ანალიზის საფუძველზე შექმნილია და რეალიზებულია *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ალგორითმები დისკრეტული ვეივლეტ გარდაქმნებისა, გამოსახულებათა ფრაქტალური შეკუმშვის დამუშავებისა და დეტერმინირებული ქაოსის თეორიის გამოყენებისა ბიოსამედიცინო ვიზუალიზირებული ინფორმაციის (ციფრულ გამოსახულებათა და სიგნალების) დასამუშავებლად.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები. ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებული ძირითადი შედეგები შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ შემდეგი სახით:

1. შემუშავებულია ბიოსამედიცინო სიგნალების და გამოსახულებების ციფრული დამუშავების კომპიუტერული მეთოდები *Mathcad* პროგრამულ გარემოში.

2. გამოკვლეულია დისკრეტული ვეივლეტ-ტექნოლოგიებისათვის დამახასიათებელი თვისებები, რომელიც მდგომარეობს: ინფორმაციის შეკუმშვის მაღალი მაჩვენებლის მიღებაში; გამოსახულებაში დეტალების გამოყოფის უნარში; შემთხვევითი შეცდომების შემცირების და აღმოფხვრის შესაძლებლობაში სიგნალში ძირითადი მახასიათებლების შენარჩუნებით.

3. ექსპერიმენტულად ნაჩვენებია, რომ გამოსახულებათა როგორც ერთგანზომილებიანი ასევე ორგანზომილებიანი გარდაქმნის შედეგად მიღებულ ვეივლეტ-ტრანსფორმანტაში ძირითადი ენერგია განაწილებულია მთლიანი ტრანსფორმანტის კოეფიციენტების მხოლოდ 10–15%-ში, რაც განაპირობებს შეკუმშვის მაჩვენებლის მაღალი მნიშვნელობის მიღებას აღდგენილი ინფორმაციის კარგი ხარისხის პირობებში.

4. განსაზღვრულია, რომ ვეივლეტ გარდაქმნის მიხედვით შესაძლებელია სიგნალის ლოკალიზაცია როგორც დროით, ასევე სიხშირულ არეში. ამან განაპირობა სიგნალების დროით-სიხშირული წარმოდგენის რეალიზაცია და მისი გამოყენება დაავადების დიაგნოსტიკებისათვის. კარდიოგრამის ანალიზმა ვეივლეტ დროით-სიხშირული წარმოდგენის საფუძველზე აჩვენა, რომ კარდიოგრამის ვეივლეტ გარდაქმნის დროით-სიხშირული სტრუქტურა უფრო ცხადი და კარგია, თუ იგი მიიღება ვეივლეტ-პაკეტის ოპტიმალური საბაზისო ფუნქციის საფუძველზე.

5. ხმაურდადებული მაგნიტობირთვული რეზონანსის (NMR) სიგნალის ფილტრაციამ აჩვენა, რომ *David Donoho* და *Join Jonstone* მეთოდის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა "ხმაურის" აღმოფხვრა ისეთნაირად, რომ საბოლოო სიგნალში შენარჩუნდა ყველა ის დამახასიათებელი თავისებურებანი, რომელიც მონაწილეობს დიაგნოზის დადგენაში.

6. ექსპერიმენტულმა კვლევებმა, რომელიც ეხებოდა როგორც ადამიანის ტვინის ნერვულ ასევე გულის სისხლძარღვთა დაავადებების კომპიუტერულ ანალიზს დისკრეტულ ვეივლეტ ტექნოლოგიების

საფუძველზე, აჩვენა, რომ აღდგენილი გამოსახულებათა ხარისხი (სხპფ) განიცდის მკვეთრ შემცირებას, განსხვავებულს სხვადასხვა დაავადებისთვის. ვვარაუდობთ, რომ ეს დაეხმარება ექიმებს დაავადების სწორი დიაგნოზის დადგენის დროს.

7. ექსპერიმენტულად მიღებულია, რომ კარდიოგრამის კარდიორითმის დინამიკური სისტემის ანალიზისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას კომპიუტერული ვიზუალიზირებული მეთოდები, დაფუძნებული დეტერმინირებული ქაოსის თეორიაზე. ამ მეთოდების და ალგორითმების გეომეტრიული წარმოდგენა, რეალიზებული *Mathcad* პროგრამულ გარემოში, საგრძნობლად ამარტივებს სისტემის დინამიკური მსვლელობის თავისებურების გაგებას და დაეხმარება ექიმებს აღმოაჩინოს კარდიორითმის დარღვევის ნიშნები პაციენტის დაავადების განვითარების ადრინდელ ეტაპზე.

8. *Mathcad* პროგრამულ გარემოში მზა ფუნქციებისა და მოდულების არსებობამ საგრძნობლად გაამარტივა შემოთავაზებული მეთოდების და ალგორითმების ექსპერიმენტული რეალიზაცია, ანალიზი და მიღებული შედეგების ინტერპრეტაცია, როგორც ავადმყოფობის დიაგნოსტიკის პროცესში, ასევე ამ პროცესის ცალკეული სტადიების ავტომატიზაციის დროს.

შედეგების გამოყენების სფერო. ჩატარებული სამუშაოს გამოყენების სფერო და პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ ნაშრომი მოიცავს საჭირო მონაცემებს, მეთოდიკას და რეკომენდაციებს უახლესი კომპიუტერული ტექნოლოგიების (ვეივლეტ-გარდაქმნა, გამოსახულებათა შეკუმშვის ფრაქტალური მეთოდები და დეტერმინირებული ქაოსის თეორია) მარტივი გამოყენებისა სხვადასხვა ბუნების ვიზუალიზირებული სამედიცინო გამოსახულებების დასამუშავებლად *Mathcad* პროგრამულ გარემოში. შემოთავაზებული კომპიუტერული ტექნოლოგიების მონაწილეობა პაციენტების მდგომარეობის შესწავლის და ანალიზის დროს იძლევა დაავადების დიაგნოსტიკის საშუალებას, მისი განვითარების

ადრინდელ სტადიაში, რაც დაეხმარება ექიმებს წინასწარი დიაგნოზის სწორ დასმაში.

გამოქვეყნებული სტატიებისა და კონფერენციების ჩამონათვალი.

სტატიები: 1. ი. ჩხეიძე, ლ. ტოკაძე ვეივლეთ ტექნოლოგიების გამოყენება კომპიუტერულ ტომოგრაფიაში. სამედიცინო ინსტიტუტი “ქუთაისი”, სამედიცინო-პრაქტიკული ჟურნალი, №1(2), ISSN 1987-751X, ქუთაისი, 2010, გვ. 52-55

2. ი. ჩხეიძე, ლ. ტოკაძე კარდიოგრამის ანალიზი ვეივლეთ დროით-სიხშირული წარმოდგენის საფუძველზე. სტუ-ს შრომები, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, №2(476), ISSN 1512-0996, თბილისი, 2010, გვ. 101-104

3. ი. ჩხეიძე, ო. ტომარაძე, ლ. ტოკაძე ვეივლეთ ტექნოლოგიის ალგორითმების მაფილტრირებელი თვისებები. სტუ-ს შრომები, საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, №2(476), ISSN 1512-0996, თბილისი, 2010, გვ. 97-100

4. ი. ჩხეიძე, მ. ბერიშვილი, ლ. ტოკაძე კარდიორითმის სიხშირის დინამიკური სისტემის ანალიზი კომპიუტერული ვიზუალიზირებული მეთოდების საფუძველზე. სტუ-ს შრომები, საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, №1(479), ISSN 1512-0996, თბილისი, 2011, გვ. 51-55

5. ჩხეიძე ირინა, ტომარაძე ომარი, ტოკაძე ლალი შემთხვევითი შეცდომების ზემოქმედების პირობებში საზომი ინფორმაციის შეკუმშვის მეთოდების კვლევა კომპიუტერული ტექნოლოგიების საფუძველზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საერთაშორისო შრომების კრებული „მართვის ავტომატიზებული სისტემები“, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISSN 1512-3979, №1(10), 2011, გვ. 271-274

6. ჩხეიძე ი.მ., ტოკაძე ლ.შ. ვეივლეთ-ტექნოლოგიები 21-ე საუკუნის ელექტრონულ მედიცინაში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქალთა ასოციაცია და

საქართველოს პროფესიონალ ქალთა ასოციაცია, „ქალი და XXI საუკუნე“, ISBN 978-9941-14-951-1, 2011, 1 ივნისი - 30 ივლისი, გვ. 45-47

7. ი. ჩხეიძე, ო. ტომარაძე, ლ. ტოკაძე დისკრეტული ინფორმაციის გადაცემის ხელშეშლებისადმი მდგრადობის საკითხები, აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია “საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა”, საქართველო, სტუ, თბილისი, ISBN 978-9941-14-942-9, 2011, 1 - 4 ნოემბერი, გვ. 47-50

8. ი.მ. ჩხეიძე, ო.კ. ტომარაძე, ლ.შ. ტოკაძე ხმაურშემცველი სიგნალებიდან ხელშეშლის აღმოფხვრისათვის კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების საკითხები, საერთაშორისო კონფერენცია “გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები” 2011 წლის 30 მარტი, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტი, “გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები”, 2011, 30 მარტი, გვ.229-235

კონფერენციები: 1. ი. ჩხეიძე, ლ. ტოკაძე ვეივლეტ ტექნოლოგიები ბიო-მედიცინაში, საქართველოს საპატრიარქოს წმიდა ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტი, “ნანო-2010-Nano”, პირველი საერთაშორისო კონფერენციის თეზისების კრებული, 23-24 მარტი, 2010, თბილისი, გვ 74-76

2. ი. ჩხეიძე, ლ. ტოკაძე ვეივლეტ ტექნოლოგიების გამოყენება სამედიცინო გამოსახულებათა ციფრული დამუშავებისას, II ადგილი, სტუ, სტუდენტთა 78-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, საინჟინრო კიბერნეტიკისა და ხელსაწყოთმშენებლობის სექცია, თეზისების კრებული, თბილისი, 2010, გვ. 66

3. ი. ჩხეიძე, ო. ტომარაძე, ლ. ტოკაძე დისკრეტული ინფორმაციის გადაცემის ხელშეშლებისადმი მდგრადობის საკითხები, აკადემიკოს ი. ფრანგიშვილის დაბადების 80 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია “საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები,

მოდელირება, მართვა”, მოხსენებათა თეზისები, საქართველო, სტუ, თბილისი 1-4 ნოემბერი, 2010, გვ. 85-86

4. ჩხეიძე ირინა, ტომარაძე ომარი, ტოკაძე ლალი შემთხვევითი შეცდომების ზემოქმედების პირობებში საზომი ინფორმაციის შეკუმშვის მეთოდების კვლევა კომპიუტერული ტექნოლოგიების საფუძველზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი, საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია “მართვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები”, 2011 წ. 20-22 მაისი, საერთაშორისო შრომების კრებული „მართვის ავტომატიზებული სისტემები”, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, ISSN 1512-3979, №1(10), 2011, გვ. 271-274

5. ჩხეიძე ი.მ., ტოკაძე ლ.შ. ვეივლეტ-ტექნოლოგიები 21-ე საუკუნის ელექტრონულ მედიცინაში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქალთა ასოციაცია და საქართველოს პროფესიონალ ქალთა ასოციაცია, საერთაშორისო სამეცნიერო - პრაქტიკული კონფერენცია, “ქალი და XXI საუკუნე”, 2011 წელი 1 ივნისი-30 ივლისი

6. ი.მ. ჩხეიძე, ო.კ. ტომარაძე, ლ.შ. ტოკაძე ხმაურშემცველი სიგნალებიდან ხელშეშლის აღმოფხვრისათვის კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების საკითხები, საერთაშორისო კონფერენცია “გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები” 2011 წლის 30 მარტი, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტი, ფიზიკის ფაკულტეტის დაარსების დღისა და დამსახურებული მეცნიერის, საზოგადო მოღვაწის, საქართველოს სახელმწიფო პრემიის ლაურეატის, საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსის რაფიელ ჩიქოვანის 80 წლის იუბილესადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები”, 2011, 30 მარტი, გვ.229–235

პირადი წვლილი. ყველა ის ძირითადი შედეგები, რომლებიც ეხება სამედიცინო ვიზუალიზირებულ ინფორმაციის: ციფრულ გამოსახულებათა და სიგნალების *MathCad* პროგრამაში დამუშავების კვლევას, ჩატარებულს ნევროლოგიისა და ნეიროქირურგიისა და კარდიოლოგიის კლინიკებიდან მოწოდებულ მასალებზე, ვეივლეთ, ფრაქტალური და დინამიკური ქაოსის ტექნოლოგიების გამოყენების საფუძველზე მიღებულია პირადად ავტორის მიერ.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. ნაშრომი შეიცავს შესავალს, სამ თავს, საერთო დასკვნებს. გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხას (93 დასახელება). სადოქტორო ნაშრომის საერთო მოცულობა შეადგენს 149 გვერდს, მათ შორის 82 ნახაზს, 9 ცხრილს.

სადოქტორო ნაშრომის შინაარსი

შესავალი. სამედიცინო ინფორმაციას გააჩნია საკმაოდ დიდი მოცულობა და განაწილება. ამასთანავე საჭიროა დიდი ტექნოლოგიური რესურსები ავადმყოფთა ისტორიის შესანახად, ეს მასალები შეიცავენ ელექტროკარდიოგრამის, ელექტროენცეფალოგრამის და რენდგენოგრაფიის ვიდეოინფორმაციის ციფრულ მონაცემებს. "გრიდ-მედიცინა" ეს არის გარემო, სადაც თავმოყრილია და წარმოდგენილია მასალები მეცნიერებისათვის, ექიმებისათვის, სამედიცინო ცენტრებისათვის, მართვის აპარატისა და მომხმარებელთა უამრავი რაოდენობისათვის. "გრიდ-მედიცინა" არის "გრიდ" ინფრასტრუქტურა, რომელიც სპეციფიურია ბიო-სამედიცინო მონაცემთა დამუშავების პრობლემისათვის.

პირველ თავში განხილულია გრიდ-მედიცინის და ელექტრონული მედიცინის დარგებში ბიო-სამედიცინო გამოსახულებების დამუშავების საკითხები, სამედიცინო ინტროსკოპიის ძირითადი არსი, სამედიცინო გამოსახულებების ვიზუალიზაციის როლი, როგორც დიაგნოსტიკის ერთ-ერთი დარგისა. აგრეთვე მოცემულია ვიზუალიზირებული გამოსახულებებისა და კომპიუტერული ტექნოლოგიების

ურთიერთკავშირი. მოყვანილია გამოსახულებათა ციფრული დამუშავების ეფექტურობისა და აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები. ეფექტურობის მაჩვენებლად გამოიყენება შეკუმშვის კოეფიციენტი (შკ), რომელიც განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$C = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot 8bit}{N_1 \cdot N_2 \cdot n\% \cdot 8bit},$$

სადაც n არის ტრანსფორმანტაში შენარჩუნებული კოეფიციენტების რაოდენობა, ხოლო N_1, N_2 გამოსახულებაში სტრიქონებისა და სვეტების რაოდენობა, 8 bit არის ორობითი ერთეულების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ერთი ანათვალის გადასაცემად.

აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის შეფასების გასაშუალოებული ტიპის მაჩვენებელებთან ერთად (სკგ, ნსკგ, სხფ და სხპფ) შემოთავაზებულია თანაბარი მიახლოების კრიტერიუმი, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში ნიშნავს საწყისსა და აღდგენილ გამოსახულებებს შორის სხვაობის გამოსახულების მიღებას და შეცდომების ინტენსიობათა განაწილების ჰისტოგრამების მიღებას.

კოდირების თეორიაში დიდი გამოყენება აქვს სიზუსტის მაჩვენებლებს, რომელთაც უწოდებენ სიგნალ-ხმაურის ფარდობას (სხფ) და სიგნალ-ხმაურის პიკურ ფარდობას (სხპფ) და რომლებიც განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\text{სხფ} = 10 \log \left\{ \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [f(m,n)]^2}{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [f(m,n) - f'(m,n)]^2} \right\}, \quad (1)$$

$$\text{სხპფ} = -10 \log \left\{ \frac{\frac{1}{256^2} \sum_{m=0}^{255} \sum_{n=0}^{255} [f(m,n) - f'(m,n)]^2}{255^2} \right\}, \quad (2)$$

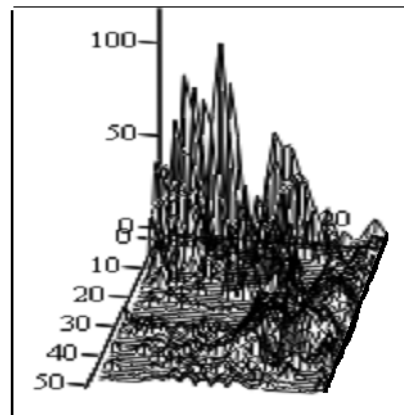
სადაც $f(m,n) - (m,n)$ კოორდინატებზე საწყისი გამოსახულების ანათვლების ინტენსივობებია, $m = 0 \dots 255$, $n = 0 \dots 255$, $f'(m,n)$ – აღდგენილი

გამოსახულების ანათვლების ინტენსივობაა იგივე კოორდინატებზე, M და N გამოსახულებაში სტრიქონების და სვეტების სრული რაოდენობაა.

მაქსიმალური გადახრის კრიტერიუმი, ანუ თანაბარი მიახლოების კრიტერიუმი უფრო მკაცრია, იმიტომ რომ მოითხოვს ფუნქციის განსაზღვრას ნებისმიერ წერტილში. აპროქსიმაციის შედეგად მიღებული მათაპროქსიმებული და საწყისი ფუნქციის განსხვავება (ცდომილება) არ უნდა აღემატებოდეს საშუალო კვადრატული გადახრის (სკვ) მოცემულ მნიშვნელობას. აქვე ხაზი უნდა გავუსვათ იმას, რომ თანამედროვე კომპიუტერული შესაძლებლობანი *Mathcad* პროგრამული გარემოს გამოყენებით შესაძლებელს ქმნის მივიღოთ სხვაობითი გამოსახულება აღდგენილ და საწყის გამოსახულებებს შორის, რომელიც გვიჩვენებს მათ შორის ცდომილებებს გამოსახულებათა ყველა წერტილში. ნახ. 1–ზე მოყვანილია სხვაობითი გამოსახულება აღდგენილ და საწყის გამოსახულებებს შორის (ცდომილებათა გამოსახულება)



ნახ. 1 ცდომილებათა გამოსახულება



ნახ. 2 საწყის და აღდგენილ გამოსახულებებს შორის მიღებული ცდომილების სამგანზომილებიანი ჰისტოგრამა

ნახ. 2–ზე წარმოდგენილია საწყის და აღდგენილ გამოსახულებებს შორის მიღებული ცდომილების სამგანზომილებიანი ჰისტოგრამა. თვალსაჩინოებისათვის გამოყოფილია 50×50 –ზე მასივი, რომელიც შეიცავს კონტურებს და ინტენსივობების მკვეთრ ცვლილებებს.

ეფექტურობის შესაფასებლად გამოვიყენებთ საშუალო შეფასების კრიტერიუმს, ვინაიდან ის უფრო “ეთანხმება” ადამიანის მხედველობის

გასაშუალოებულ თვისებას. რაც უფრო მაღალია სხპფ-ის მნიშვნელობა მით უფრო უკეთესია აღდგენილი გამოსახულების ხარისხი.

პირველი თავის დასკვნები მდგომარეობს შემდეგში:

1. გამოსახულებათა ვიზუალიზაცია წარმოადგენს სამედიცინო ინტროსკოპიის აუცილებელ პირობას.

2. ვიზუალიზაციის ზოგადი პრინციპების ჩამოყალიბება საშუალებას იძლევა ერთიანი პოზიციებიდან გავანალიზოთ და შევადაროთ ერთმანეთს სხვადასხვა სახის და ბუნების ინფორმაცია.

3. შემოთავაზებულია სამედიცინო გამოსახულებათა დამუშავების ეფექტურობის შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები, რომელიც ითვალისწინებს მიღებული აღდგენილი გამოსახულების ხარისხს და ცდომილებათა ვიზუალურ ინტერპრეტაციას.

4. დიაგნოსტური პროცედურების, სამედიცინო და ტექნიკური ასპექტების ურთიერთდაკავშირებამ მოგვცა საშუალება გამოგვეყო ინფორმაციული ტექნოლოგიების გამოყენების მიმართულების სფეროები, რომლებიც უფრო პერსპექტიულია და შედეგიანია პრაქტიკული რეალიზაციის თვალსაზრისით. ამ ტექნოლოგიებს მიეკუთვნება ვეივლეტ-ტექნოლოგიები, გამოსახულებათა შეკუმშვის ფრაქტალური მეთოდები, დეტერმინირებული ქაოსის თეორია.

ნაშრომის ***მეორე თავი*** ძირითადად ეძღვნება ვეივლეტ ტექნოლოგიების ანალიზს, რომელიც მოიცავს როგორც უწყვეტ (CWT), ასევე დისკრეტული (DWT) ტიპის ვეივლეტ ფუნქციების გამოყენებას. აქვე მოყვანილია ვეივლეტ-ტრანსფორმანტის მიღება გამოსახულებისათვის რეალიზებული $wave2d(M, level)$ ფუნქციის საფუძველზე და აღდგენილი გამოსახულება მიღებული უკუგარდაქმნის შედეგად. გაანალიზებულია ვეივლეტ-გარდაქმნის უნიკალური თვისებები: ინფორმაციის შეკუმშვის მაღალი მაჩვენებლის მიღება; შემთხვევითი შეცდომების აღმოფხვრის უნარი ძირითადი მახასიათებლების შენარჩუნებით; დროით-სიხშირული თვისებების ერთდროულად მიღება. ჩატარებულია შედარებითი ანალიზი

ვეივლეტ და ფურიე გარდაქმნისა *JPEG 2000* სტანდარტსა და *JPEG* სტანდარტს შორის. მეორე თავში განხილულია აგრეთვე გამოსახულებათა ფრაქტალური შეკუმშვის არსი გამოსახულებათა ფრაქტალური კოდირების ეფექტურობის დამოკიდებულება ფრაქტალური გარდაქმნის განმსაზღვრელ მახასიათებლებზე.

მეორე თავის დასკვნები მდგომარეობს შემდეგში:

1. ვეივლეტ-ტექნოლოგიის *CWT* (უწყვეტი) და *DWT* (დისკრეტული) ვეივლეტ-ფუნქციებად კლასიფიკაციის მიხედვით ჩატარებულმა ანალიზმა ცხადყო დისკრეტული ვეივლეტ-გარდაქმნის უპირატესობა უწყვეტთან შედარებით: დისკრეტული გარდაქმნა მოითხოვს გაცილებით ნაკლებ დანახარჯებს რეალიზაციის თვალსაზრისით; იგი უფრო სწრაფია და გაცილებით კარგად მიესადაგება სიგნალების და გამოსახულებების ციფრულ დამუშავებას.

2. *DWT* გარდაქმნის ფუნქციათა და მათი პაკეტის არსებობა *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ძალიან აადვილებს იმ ალგორითმების შექმნას, რომლებიც ემსახურება ინფორმაციის შეკუმშვის, სიგნალებში დეტალების გამოყოფის და შემთხვევითი შეცდომების ფილტრაციის ამოცანათა გადაწყვეტას.

3. ნაჩვენებია, რომ როგორც ერთგანზომილებიანი ასევე ორგანზომილებიანი (გამოსახულებათა) გარდაქმნის შედეგად მიღებულ ტრანსფორმანტაში ძირითადი ენერგია ნაწილდება კოეფიციენტების 15%-ში მთლიანი ტრანსფორმანტისა, რაც განაპირობებს შეკუმშვის მაჩვენებლის მაღალი მნიშვნელობის მიღებას აღდგენილი ინფორმაციის კარგი ხარისხის პირობებში.

4. შემოთავაზებულია და რეალიზებულია *Donoho* და *Johnstone* მეთოდი. ვეივლეტ-ტრანსფორმანტაში ოპტიმალური ზღურბლის გამოთვლამ უზრუნველყო არა მხოლოდ მაღალი შეკუმშვა, არამედ შემთხვევითი შეცდომების მკვეთრი შემცირება

5. ექსპერიმენტულად დადასტურებულია ვეივლექტ-გარდაქმნისათვის დამახასიათებელი დეტალების გამოყოფის თვისება: გამოსახულების ვეივლექტ-ფილტრაცია გაცილებით კარგად ინარჩუნებს კონტურებს, ვიდრე სხვა წრფივი სახის და მედიანური ფილტრები, რომლებიც მიეკუთვნება არაწრფივ ფილტრაციას.

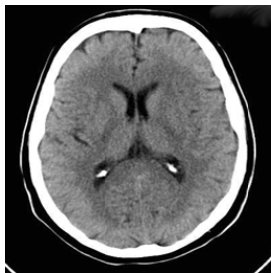
6. განსაზღვრულია, რომ ვეივლექტ-გარდაქმნას გააჩნია უნიკალური თვისება: ფუნქციის ლოკალიზაცია როგორც დროის, ასევე სიხშირის მიხედვით. ამავე დროს უფრო კარგი შედეგები მიიღება ვეივლექტ-პაკეტის ოპტიმალური ბაზისური ფუნქციის გამოყენებისას ჩვეულებრივ დაუბეშის ფუნქციის ნაცვლად. ამან განაპირობა სიგნალების დროით-სიხშირული წარმოდგენის რეალიზაცია და მისი გამოყენება დაავადების დიაგნოსტიკისათვის.

7. *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ვეივლექტ-ტექნოლოგიის საფუძველზე აგებული ალგორითმები გამოირჩევიან სიმარტივით, რეალიზაციის სწრაფქმედებით, მაღალი სიზუსტით. ამიტომ გადაწყვეტილია არსებული ალგორითმების გამოყენება სამედიცინო გამოსახულებათა და სიგნალების ციფრული დამუშავებისათვის.

ნაშრომის *მესამე თავი* ეთმობა ჩატარებულ მრავალრიცხოვან ექსპერიმენტებს, რომლებიც ეხება კომპიუტერული ტექნოლოგიების სამედიცინო სფეროში გამოყენების კვლევას. საკვლევი მასალები მოგვაწოდა: 1. აკად. ა.მ. სარაჯიშვილის სახ. კლინიკური ნევროლოგიისა და ნეიროქირურგიის ინსტიტუტმა (კომპიუტერული ტომოგრაფიისა და მაგნეტურ ბირთვული რეზონანსის სურათები). 2. კარდიოლოგიურმა კლინიკამ „გული“ (კორონაროგრაფიის მასალები, ასევე კარდიოგრამის სურათები). 3. ქალაქის მე-9 საავადმყოფოსთან არსებულმა კარდიოლოგიურმა კლინიკამ (კარდიოგრამის კარდიორითმის სურათები). სამივე დაწესებულებასთან ჩვენ გვქონდა ერთობლივი სამეცნიერო კვლევა და ურთიერთთანამშრომლობა.

მასალები ეხება: 1. თავის ტვინის პათოლოგიის ცვლილებას, რომელიც მიღებულია კომპიუტერული ტომოგრაფიის საშუალებით, 2. კარდიოლოგიური პროფილის დაავადებებს, კერძოდ იშემიურ დაავადებებს და სისხლძარღვების პათოლოგიებს, 3. ასევე კარდიოგრამის კარდიორითმის ცვლილებებს, როგორც ჯანმრთელი, ისე ავადმყოფი პაციენტების შემთხვევაში. ზემოთქმული ემსახურება სრულყოფილ დიაგნოსტიკასა და მკურნალობას, როგორც ამბულატორიულ, ასევე სტაციონარულ პირობებში.

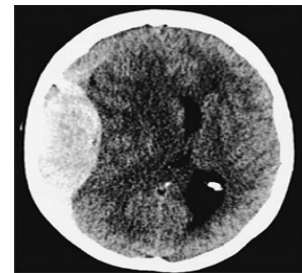
ინფორმაცია მიღებული იყო როგორც გამოსახულებათა მიმდევრობა, რომელიც ჩავწერეთ *.bmp ფორმატში. შემდეგ მოვახდინეთ მისი დამუშავება Mathcad პროგრამულ გარემოში მეორე თავში შექმნილი და აპრობირებული ალგორითმების საფუძველზე (ნახ. 3, ნახ. 4, ნახ. 5).



ნახ. 3 ჯანმრთელი თავის ტვინი



ნახ. 4 ჰემორაგია



ნახ. 5 ეპიდურული სისხლჩაქცევა თავის ტვინში

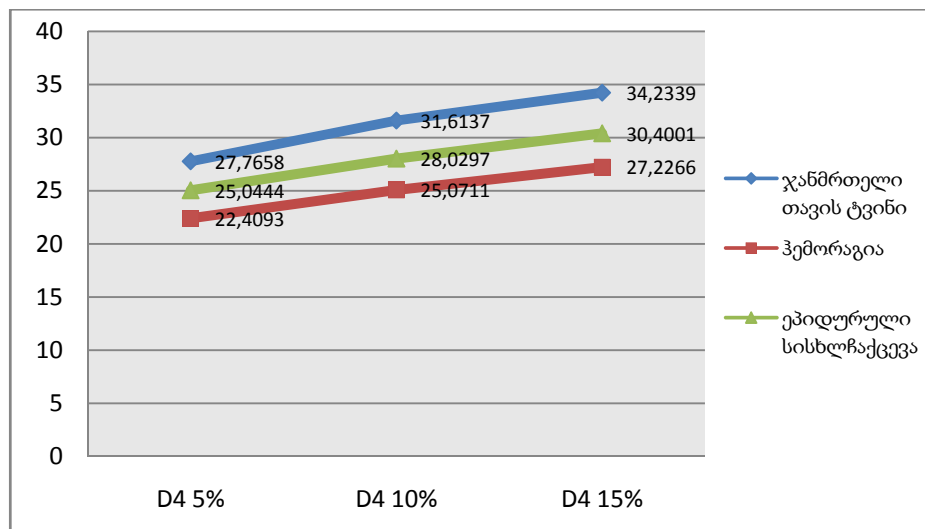
ექსპერიმენტის მიზანი იყო გამოსახულებების ვეივლეტ ტრანსფორმანტის მიღება და მათი შეკუმშვის კოეფიციენტის განსაზღვრა, როდესაც ტრანსფორმანტაში შენარჩუნებული იყო 5%, 10% და 15% კოეფიციენტების მთლიანი რაოდენობიდან. თითოეული შეკუმშვის შემთხვევას შეესაბამებოდა აღდგენილი გამოსახულების შესაბამისი ხარისხი, რომელიც ფასდებოდა სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის მნიშვნელობით. შენარჩუნებული კოეფიციენტების რაოდენობა განაპირობებდა შეკუმშვის კოეფიციენტებს. გარდა სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობისა, აღდგენილი გამოსახულების ხარისხი შევაფასეთ ცდომილებათა სურათის მიღებით (ნახ 6). შედეგები ასახულია ცხრილში (ცხრილი 1).



ნახ. 6 აღდგენილი გამოსახულება

ცხრილი 1. აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის შეფასება სხვადასხვა გამოსახულებებისათვის

გამოსახულების დასახელება	ვეივლეტი		
	D4 5%	D4 10%	D4 15%
ჯანმრთელი თავის ტვინი	27.7658	31.6137	34.2339
ჰემორაგია	22.4093	25.0711	27.2266
ეპიდურული სისხლჩაქცევა	25.0444	28.0297	30.4001



ნახ. 7 სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის შეფასება ჯანმრთელი და ავადმყოფი ადამიანის თავის ტვინის გამოსახულებებისათვის

ასახული გრაფიკიდან (ნახ. 7) ნათლად ჩანს: რომ, უფრო დიდია განსხვავება გამოსახულების ხარისხში, რომელიც მოცემულია სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის მახასიათებლით ავადმყოფისთვის დიაგნოზით "ჰემორაგია", ვინაიდან კოეფიციენტების 5%-ის შენარჩუნების დროს სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობა ტოლია 22,40 დბ, ხოლო "ეპიდურულის" დროს სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობა 25,04 დბ. ასევე გრაფიკიდან ჩანს რომ სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის ცვლილებას აქვს პარალელური ხასიათი ყველა 10% და 15% შენარჩუნებული კოეფიციენტების დროს.

ამდენად ზემოთქმულიდან გამომდინარე შეგვიძლია ვთქვათ, რომ საწყისი გამოსახულების ვეივლეტი გარდაქმნის შედეგად ჩვენ ვღებულობთ ტრანსფორმანტას ანუ გამოსახულების გარდაქმნის შედეგს (ტრანსფორმანტის გამოსახულებას), რომელიც შეიცავს იმ ელემენტების

რაოდენობას რომელიც იყო საწყის გამოსახულებაში. ამ გარდაქმნის ღირსება იმაში მდგომარეობს, რომ მოხდა ენერგიის ანუ მნიშვნელობათა კვადრატების ინტენსიობის გადანაწილება ისეთნაირად, რომ მათი მნიშვნელობები თავის თავზე აიღეს კოეფიციენტებმა, რომლებიც მდებარეობენ გამოსახულების სათავესთან, დანარჩენი კოეფიციენტები თითქმის გაუტოლდა ნულს. ჩვენ დავამტკიცეთ რომ 98% მთელი ენერგიისა მოთავსებულია დაახლოებით ტრანსფორმანტის მეთედ ან მეთხუთმეტედ ნაწილში. ამიტომ თუ ჩვენ გადავცემთ ტრანსფორმანტის მხოლოდ ამ ნაწილს, ძლიერ შევკუმშავთ საწყისი ინფორმაციის რაოდენობას და ამავე დროს ვეივლეტ უკუ ოპერაციის (აღდგენის) გამოყენებით, ჩვენ მივიღებთ საწყისი გამოსახულების საკმაოდ კარგი ხარისხს.

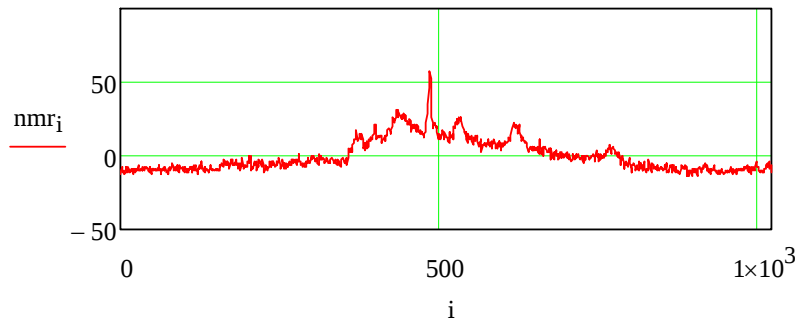
მნიშვნელოვან ასპექტს, სადაც შეიძლება მივიღოთ ძალიან კარგი შედეგი ვეივლეტ გარდაქმნის გამოყენებისა, არის შეცდომებიანი სიგნალიდან სასარგებლო სიგნალის გამოყოფა *waveshrink* ფუნქციის საშუალებით. ამ მეთოდის პიონერებად ითვლებიან პროფესორები *David Donoho* და *Jain Jonstone*. ეს მეთოდი გულისხმობს სამი ეტაპის შესრულებას:

1. დისკრეტული ვეივლეტის გარდაქმნის გამოყენებას საანალიზო დისკრეტული სიგნალისათვის,

2. მიღებულ ტრანსფორმანტაში კოეფიციენტების განულებას, რომლებიც ნაკლებია წინასწარ განსაზღვრულ ზღურბლზე, რომელიც გამოითვლება საშუალო გადახრით ამ კოეფიციენტების მედიანის მნიშვნელობიდან,

3. უკუვეივლეტ გარდაქმნის გამოყენებას.

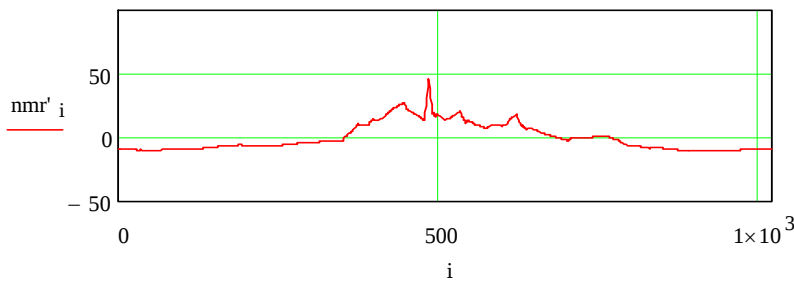
მეთოდი გამოვიყენეთ მაგნიტო-ბირთვული რეზონანსის (*NMR*) საშუალებით მიღებული რეალური სიგნალისათვის, რომელიც გრაფიკულად მოცემულია ნახ. 8-ზე.



ნახ. 8 მაგნიტო-ბირთვული რეზონანსის საშუალებით მიღებული რეალური სიგნალი

როგორც მე-8 ნახაზიდან ჩანს სიგნალს გააჩნია "ხმაური", რომლიც უნდა აღმოიფხვრას სასარგებლო სიგნალიდან ისე, რომ სასარგებლო სიგნალის ყველა მისთვის დამახასიათებელი ამპლიტუდური მკვეთრი გაზრდა და შემცირება (ნახტომები) იქნას შენარჩუნებული. სიგნალი შეიცავდა ათასზე მეტ ანათვალს. მიღებული შედეგი ასახულია ქვემოთ, როგორც ვხედავთ აღდგენილ სიგნალში შენარჩუნებულია სასარგებლო სიგნალისათვის დამახასიათებელი მკვეთრი და იმპულსური ხასიათის ცვლილებები.

$nmr' := \text{waveshrink}(nmr, \text{daublet}(4))$



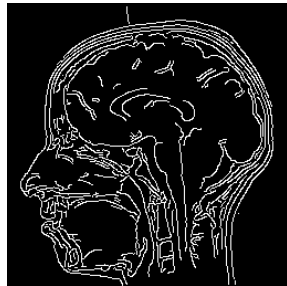
ნახ. 9 სიგნალიდან ხმაურის აღმოფხვრა

როგორც ვხედავთ *waveshrink* ფუნქციის საშუალებით შესაძლებელი გახდა სიგნალის განმსაზღვრელი მახასიათებლის შენარჩუნებით ხმაურის აღმოფხვრა (ნახ. 9). გამოყენებული მეთოდი შეიძლება მივიჩნიოთ როგორც საუკეთესო მეთოდი სიგნალის "გაწმენდისა".

შემდეგი ექსპერიმენტი ეხებოდა *Mathcad* პროგრამულ გარემოში არსებული ოპერაციების საფუძველზე გამოსახულებაში კვლევის ობიექტის დეტალებისა და კონტურების გამოყოფას:

გამოსახულებაში კონტურების გამოყოფა ხდება შემდეგი ფუნქციის საშუალებით: $Canny(M, sigma, low, high)$

ფუნქცია *Canny* გამოიყენება იმისათვის, რომ გამოსახულებაში გამოვსო კონტურები და შემოსაზღვროს ობიექტები.

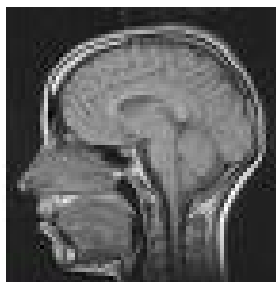


E-255



R

”მორფოლოგიური” ოპერაციების და ნილაბის შექმნის გამოყენებით სამედიცინო გამოსახულების სეგმენტირება ხდება მორფოლოგიური ოპერაციების და *masking* ფუნქციის მეშვეობით.



L



L



L

კომპიუტერულმა ექსპერიმენტულმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ

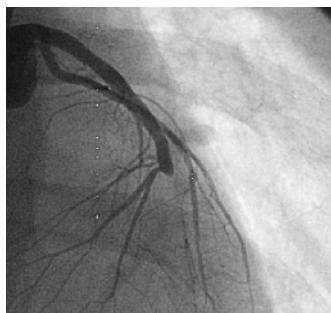
1. შეკუმშვის შედეგად მიღებული აღდგენილი გამოსახულების (გამოსახულება თავის ტვინის დაავადებით) სიგნალ-ხმაურის პიკური მნიშვნელობა მცირდება: შემცირება შეადგენს 7 დბ-ს ჰემორაგიის დროს 15% კოეფიციენტების შენარჩუნების პირობებში, მაშინ როდესაც ეპიდურული სისხლჩაქცევის დროს იგი უდრის ≈ 4 დბ-ს. აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის დამაკმაყოფილებელი შედეგი მიიღება მაშინაც, როდესაც გამოსახულების აღდგენაში მონაწილეობს მხოლოდ 10% ტრანსფორმანტის კოეფიციენტისა (სხპვ=28 $\approx$ 33 დბ).

2. მაგნიტო-ბირთვული რეზონანსის (*NMR*) სიგნალზე, შემოწმებული იქნა ვეივლეტ გარდაქმნის უნარი: შეცდომებიანი სიგნალიდან სასარგებლო

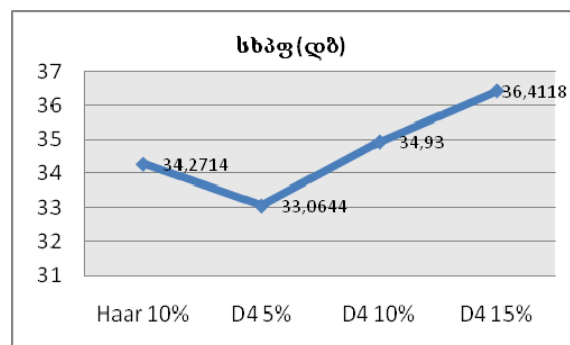
სიგნალის გამოყოფისა. ექსპერიმენტის შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ *David Donoho* და *Join Jonstone* მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მოგვეხდინა „ხმაურის“ ფილტრაცია ისეთნაირად, რომ საბოლოო სიგნალში შენარჩუნდა ყველა ის საჭირო მახასიათებელი, რომელიც მონაწილეობს დიაგნოსტიკაში. ამავე დროს სიგნალი გაიწმინდა ხმაურისაგან, რომელიც უშლიდა ხელს დიაგნოზის დასმას. ნაჩვენებია, რომ *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ვეივლეტ ტექნოლოგიის საფუძველზე აგებული ალგორითმები გამოირჩევიან სიმარტივით, რეალიზაციის სწრაფქმედებით, მაღალი სიზუსტით.

3. *Mathcad* პროგრამულ გარემოში არსებული ფუნქციების, მოდულების ანალიზმა და ექსპერიმენტულმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ მათი მისადაგება ადამიანის ტვინის გამოსახულებებში კონტურებისა და კვლევის ობიექტების საზღვრების და ფორმების გამოყოფისათვის დაეხმარება ექიმებს სწორი დიაგნოზის დასადგენად და სასარგებლო იქნება დიაგნოსტიკის პროცესის ავტომატიზაციის შემთხვევაში.

ქვემოთ მოცემულია თრომბოზის ფონზე განვითარებული იშემიის გამოსახულება (ნახ.10). ამ გამოსახულებისათვის ჩავატარეთ ექსპერიმენტი ვეივლეტ გარდაქმნის გამოყენებით. კერძოდ განვიხილეთ ვეივლეტ გარდაქმნის ორი ფუნქცია: ჰაარი და დაუბეში. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში 2. ამასთანავე აგებულია შესაბამისი გრაფიკი (ნახ. 11).



ნახ. 10 თრომბოზის ფონზე განვითარებული იშემიის გამოსახულება ოპერაციამდე



ნახ. 11 სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის შეფასება

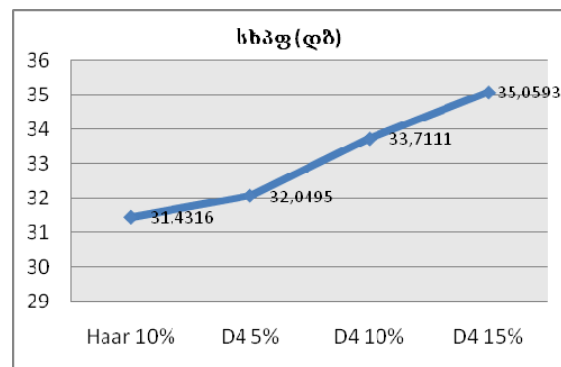
ცხრილი 2. გამოსახულება „იშემია“ ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები

გამოსახულების დასახელება	შეკუმშვა	სხპფ
თრომბოზული იშემია	Haar 10%	34.2714
	D4 5%	33.0644
	D4 10%	34.93
	D4 15%	36.4118

შემდეგ ეტაპზე კი ჩვენ მოვახდინეთ სტენტირების შემდეგ მიღებული გამოსახულების დამუშავება ვეივლეტ გარდაქმნის ორი ფუნქციის ჰაარის და დაუბეშის გამოყენებით. სტენტირების შემდგომი სურათი ასახულია ნახ.12-ზე, ხოლო ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები კი ასახულია ნახ. 13-ზე და ცხრილში 3.



ნახ. 12 სტენტირებული სისხლძარღვის გამოსახულება



ნახ. 13 სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის შეფასება

ცხრილი 3. სტენტირებული სისხლძარღვის გამოსახულებაზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები

გამოსახულების დასახელება	შეკუმშვა	სხპფ
სტენტირების შემდეგ	Haar 10%	31.4316
	D4 5%	32.0495
	D4 10%	33.7111
	D4 15%	35.0593

ჩატარებული ცდების შედეგების ანალიზი გვაძლევს საშუალებას გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა: თრომბოზის ფონზე განვითარებული იშემია აისახება გრაფიკზე სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის მნიშვნელობის ცვლილებით. ეს ცვლილება დამოკიდებულია იმ შეკუმშვაზე რომელიც ჩვენ მივანიჭეთ გამოსახულებას მისი ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენებით: ყველა შემთხვევაში ჰაარის ვეივლეტის გამოყენება ე.ი. უმარტივესი სახის ვეივლეტის გამოყენება აისახება სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის მცირე

რაოდენობით. ამ შემთხვევაში ვინარჩუნებთ კოეფიციენტების 10%-ს. რაც უფრო მეტია შენარჩუნებული კოეფიციენტების რაოდენობა $D4$ -ის გამოყენების დროს, მით უფრო მაღალს ვღებულობთ სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის მნიშვნელობებს. ეს დამოკიდებულია ატარებს წრფივ ხასიათს. გარდა ამისა უნდა აღვნიშნოთ, რომ იშემიური თრომბოზის არსებობა აისახება სიგნალ-ხმაურის პიკური ფარდობის უფრო მაღალი მნიშვნელობით ვიდრე ამავე ავადმყოფისათვის ჯანმრთელ მდგომარეობაში.

დასკვნა: სამედიცინო და ტექნიკური ასპექტების ურთიერთდაკავშირება იძლევა საშუალებას გამოვიყენოთ ინფორმაციული ტექნოლოგიების მიმართულებათა ის სფეროები, რომლებიც უფრო პერსპექტიულია და შედეგიანია პრაქტიკული რეალიზაციის თვალსაზრისით.

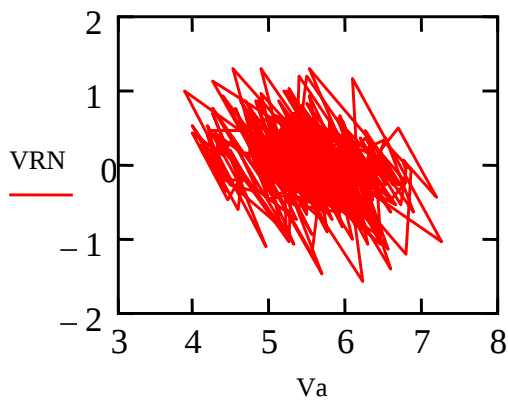
სამედიცინო სისტემის თვისების ყველა მეთოდი უნდა ითვალისწინებდეს იმ ფაქტს, რომ ცოცხალი ორგანიზმი შეიცავს უამრავი რაოდენობის ურთიერთგავლენად კავშირებს, რაც მათ აქცევს არაწრფივ დინამიკურ მექანიზმებად, რომელთა ფუნქციების აღწერა მოითხოვს არაორდინალურ მეთოდოლოგიურ მიდგომას.

ჩვენს მიზანს წარმოადგენს კარდიოგრამის კარდიორითმის დინამიკის მაგალითზე ვაჩვენოთ უახლესი კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენების მიზანშეწონილობა დინამიკური სისტემებისა და არასტაციონალური პროცესების ანალიზისათვის.

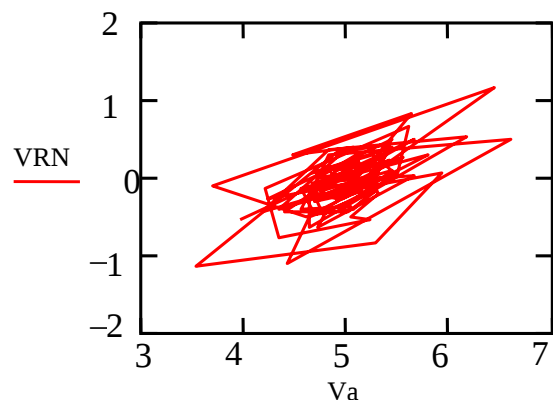
კომპიუტერული ტექნოლოგიების ქვეშ ვგულისხმობთ დინამიკური სისტემის კვლევის გრაფიკულ მეთოდებს. მათ გააჩნიათ ვიზუალიზირების თვისება, რომელიც თვალსაჩინოდ გვიჩვენებს განსხვავებას ავადმყოფი და ჯანმრთელი ადამიანის მაჩვენებლების ცვლილებაში. შემოთავაზებული მეთოდების ალგორითმების რეალიზაცია ხორციელდება *MathCad* პროგრამულ გარემოში. კარდიორითმის არაწრფივი ქაოტური დინამიკის გეომეტრიული ანალიზი ეფუძნება ე.წ. დეტერმინირებული ქაოსის

თეორიას. გულის რითმის პარამეტრების ცვლილება ატარებს ქოტურ ხასიათს, დარღვევები კი მუშაობის მართვაში იწვევენ მთლიანობაში სისტემის დინამიკური ყოფაქცევის ცვლილებას. ამის შედეგად ირღვევა ტიპიური ქოტური სურათი.

არაწრფივი დინამიკის კანონების თანახმად საკვლევი პროცესი უნდა განვიხილოთ ფაზურ სიბრტყეში. კარდიორითმის სიხშირის დინამიკის მიმართებაში გარდა რითმის სიხშირის განსაზღვრისა უნდა გამოითვალოს ამ პარამეტრის ცვლილების სიჩქარეც. არაწრფივი დინამიკა ამ პროცესისა განისაზღვრება ჰაოსგრამის აგებით. მიღებულია ჰაოსგრამები ჯანმრთელი და ავადმყოფობის ზღვარზე მყოფი პაციენტისათვის.



ნახ. 14 ნორმალური მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი ჰაოსგრამის მაგალითი



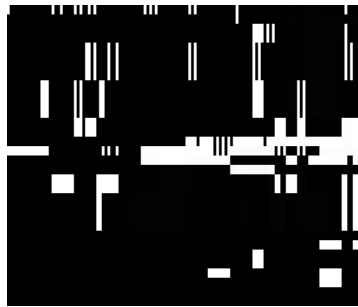
ნახ. 15 ავადმყოფობის ზღვარზე მყოფი პაციენტის მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი ჰაოსგრამის მაგალითი

აბსცისათა ღერძზე გადაზომილია რითმოგრამის სიხშირის ცვლილება დროის მიხედვით, ორდინატთა ღერძზე კი გადაზომილია რითმოგრამის სიხშირის ცვლილების სიჩქარე.

ნახ. 14-ზე მოცემულია ჰაოსგრამა იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს სისტემის დისბალანსს. როგორც ვხედავთ, ნახ. 15-ზე ჩნდება კარდიორითმის დინამიკის “ქოტირების” დარღვევა. ჰაოსგრამის დამუშავება ცნობილი მეთოდით, მაგ. ჰისტოგრამის აგებით, ჰაოსგრამის დამუშავება ცნობილი მეთოდით, მაგ. ჰისტოგრამის აგებით, იძლევა საშუალებას გაკეთდეს დასკვნა არა მხოლოდ პაციენტის მდგომარეობის

შესახებ მოცემულ მომენტში, არამედ ნაწინასწარმეტყველები იქნეს მოსალოდნელი დარღვევები.

შემდგომ ეტაპზე *MathCad* პროგრამის საშუალებით ჩვენ მივიღეთ დაავადებული და ჯანმრთელი ადამიანის კარდიოგრამის კარდიორითმის დროით-სიხშირული სურათების სხვაობითი გამოსახულება, რომელიც იძლევა საშუალებას გავიგოთ როგორ იცვლება სიგნალის სიხშირის შემადგენლობა დროის მიხედვით, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია გავიგოთ თუ რა ადგილზე ხდება დაზიანება.



ნახ. 16 ჯანმრთელი და ავადმყოფი ადამიანის კარდიოგრამის დროით-სიხშირული გამოსახულებების სხვაობითი სურათი

მიღებული დროით-სიხშირული სურათების ანალიზი კარდიოლოგს აძლევს საშუალებას დაადგინოს მცირე ცვლილება და გააკეთოს დასკვნა დაავადების შესახებ.

დასკვნა: კარდიორითმის დინამიკის კვლევის მაგალითზე შემოთავაზებული მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ბიო-სამედიცინო სისტემების თვისებების ანალიზი ერთდროულად დროით-სიხშირულ და სივრცულ არეში. წარმოდგენილი ალგორითმების ვიზუალიზირებული ხასიათი საგრძნობლად ამარტივებს მათი დინამიკური ქცევის განსაკუთრებულობის გაგებას, აღქმას და დაეხმარება ექიმებს ობიექტური დიაგნოზის დასმაში, ხოლო დინამიკური სისტემების და არასტაციონარული პროცესების თვისებების ანალიზი გრაფიკული მეთოდებით მარტივი კომპიუტერული რეალიზაციით, *Mathcad* პროგრამული გარემოს მეშვეობით, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე,

როცა ყალიბდება დინამიკური სისტემების ანალიზისა და სინთეზის პროცესების ავტომატიზირება.

მოვიყვანოთ გამოსახულების შეკუმშვის მაგალითი ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენებით, რომელიც ხორციელდება *Mathcad* პროგრამულ გარემოში *DWT* ფუნქციის საფუძველზე.

ნახ. 17-ზე მოცემულია საწყისი გამოსახულება „ლენა“ (M) , ნახ. 18-ზე კი მოცემულია ხმაურდადებული გამოსახულება (Q). მოვახდინეთ M და Q გამოსახულებების ვეივლეტ-გარდაქმნა, გამოსახულების აღსადგენად განვახორციელეთ ვეივლეტ-უკუგარდაქმნა. ნახ.19-ზე მოცემული გამოსახულება შეესაბამება იმ შემთხვევას როდესაც შენარჩუნებული იყო კოეფიციენტების 10%, ხოლო ნახ. 20-ზე მოცემულ გამოსახულებაზე მიღებული გვაქვს სურათი 1% კოეფიციენტის შენარჩუნებით.



M

ნახ. 17 საწყისი გამოსახულება



Q

ნახ. 18 ხმაურდადებული გამოსახულება



ნახ. 19 აღდგენილი გამოსახულება, როცა ტრანსფორმანტაში შევინარჩუნეთ კოეფიციენტების 10% გამოსახულების რეპროდუქცია არის ბრწყინვალე მხოლოდ 10%-ით სხპფ=32.68 დბ შ.კ.=10



ნახ. 20 აღდგენილი გამოსახულება, როცა ტრანსფორმანტაში შევინარჩუნეთ კოეფიციენტების 1% გამოსახულების ხარისხი შემცირებულია, მაგრამ ფოტოგრაფია კვლავაც გარჩევადია სხპფ=23.44 დბ შ.კ.=100

მესამე თავის დასკვნები მდგომარეობს შემდეგში:

1. ჯანმრთელი ადამიანის ტვინისა და ორი დაავადების ("ჰემორაგია" და "ეპიდურული სისხლჩაქცევა") გამოსახულებათა ვეივლეტ გარდაქმნის დაუბეშ ფუნქციის (D4) გამოყენებით კვლევამ აჩვენა, რომ:

ა) შეკუმშვის შედეგად მიღებული აღდგენილი გამოსახულების (გამოსახულება თავის ტვინის დაავადებით) სიგნალ-ხმაურის პიკური მნიშვნელობა მცირდება: შემცირება შეადგენს 7 დბ-ს ჰემორაგიის დროს 15% კოეფიციენტების შენარჩუნების პირობებში, მაშინ როდესაც ეპიდურული სისხლჩაქცევის დროს იგი უდრის ≈ 4 დბ-ს.

ბ) აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის დამაკმაყოფილებელი შედეგი მიიღება მაშინაც, როდესაც გამოსახულების აღდგენაში მონაწილეობს მხოლოდ 10% ტრანსფორმანტის კოეფიციენტისა (სხპფ=28 $\approx$ 33 დბ).

2. მაგნიტო-ბირთვული რეზონანსის (NMR) სიგნალზე, შემოწმებული იქნა ვეივლეტ გარდაქმნის უნარი: შეცდომებიანი სიგნალიდან სასარგებლო სიგნალის გამოყოფისა. ექსპერიმენტის შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ David Donoho და Join Jonstone მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მოგვეხდინა "ხმაურის" ფილტრაცია ისეთნაირად, რომ საბოლოო სიგნალში შენარჩუნდა ყველა ის საჭირო მახასიათებელი, რომელიც მონაწილეობს დიაგნოსტიკაში. ამავე დროს სიგნალი გაიწმინდა ხმაურისაგან, რომელიც უშლიდა ხელს დიაგნოზის დასმას.

3. კარდიოგრამის ანალიზმა ვეივლეტ დროით-სიხშირული წარმოდგენის საფუძველზე გვიჩვენა, რომ ვეივლეტ გარდაქმნის დროით-სიხშირული სტრუქტურა უფრო ცხადი და კარგია, თუ იგი მიიღება ვეივლეტ-პაკეტის ოპტიმალური საბაზისო ფუნქციის გამოყენებისას.

4. კარდიორითმის დინამიკის კვლევის მაგალითზე შემოთავაზებული მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ბიო-სამედიცინო სისტემების თვისებების ანალიზი ერთდროულად დროით-სიხშირულ და სივრცულ არეში. წარმოდგენილი ალგორითმების ვიზუალიზირებული

ხასიათი საგრძნობლად ამარტივებს მათი დინამიკური ქცევის განსაკუთრებულობის გაგებას, აღქმას და დაეხმარება ექიმებს ობიექტური დიაგნოზის დასმაში, ხოლო დინამიკური სისტემების და არასტაციონარული პროცესების თვისებების ანალიზი გრაფიკული მეთოდებით მარტივი კომპიუტერული რეალიზაციით, *Mathcad* პროგრამული გარემოს მეშვეობით, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, როცა ყალიბდება დინამიკური სისტემების ანალიზისა და სინთეზის პროცესების ავტომატიზირება.

5. თრომბოზის ფონზე განვითარებული იშემია აისახება სხვგვარი ცვლილებით, რომელიც დამოკიდებულია ვეივლეტ-ტრანსფორმანტაში შენარჩუნებული კოეფიციენტების რაოდენობაზე. ამავე დროს სტენტირების შემდეგ მიღებული გამოსახულება ხასიათდება სიგნალ-ხმაურის პიკური მნიშვნელობის გარკვეული შემცირებით. მიღებული შედეგი შეიძლება აიხსნას იმით, რომ სისხლძარღვის აღდგენილ სურათში ხდება დაავადებული სისხლძარღვის აღდგენა და ამით იგი უახლოვდება ჯანმრთელი ადამიანის სურათს.

6. *Mathcad* პროგრამულ გარემოში არსებული ფუნქციების, მოდულების ანალიზმა და ექსპერიმენტულმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ მათი მისადაგება ადამიანის ტვინის გამოსახულებებში კონტურებისა და კვლევის ობიექტების საზღვრების და ფორმების გამოყოფისათვის დაეხმარება ექიმებს სწორი დიაგნოზის დასადგენად და სასარგებლო იქნება დიაგნოსტიკის პროცესის ავტომატიზაციის შემთხვევაში.

7. ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ დაავადება იწვევს აღდგენილი გამოსახულების სხვგვარ-ის მკვეთრ შემცირებას, მაგ. ეპიდურული სისხლჩქცევის დროს სხვგვარ შემცირდა 22 დბ-დან 20 დბ-მდე, მაშინ როდესაც შ.კ. უახლოვდება 7-ს, მაშასადამე დაავადება იწვევს აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის მკვეთრ შემცირებას. ეს შემცირება ჰემორაგიის დროს კიდევ უფრო დიდია.

სადოქტორო ნაშრომის საერთო დასკვნები:

1. გამოსახულებათა ვიზუალიზაცია წარმოადგენს სამედიცინო ინტროსკოპიის აუცილებელ პირობას.

ვიზუალიზაციის ზოგადი პრინციპების ჩამოყალიბება საშუალებას იძლევა ერთიანი პოზიციებიდან და საერთო პრინციპებით გავაანალიზოთ და შევაფასოთ სხვადასხვა სახის და ბუნების ინფორმაცია.

2. შემოთავაზებულია სამედიცინო გამოსახულებათა დამუშავების ეფექტურობის შეფასების ზოგადი კრიტერიუმები, რომელიც ითვალისწინებს მიღებული აღდგენილი გამოსახულების ხარისხს და ცდომილებათა ვიზუალურ ინტერპრეტაციას.

3. სამედიცინო და ტექნიკური ასპექტების ურთიერთდაკავშირება იძლევა საშუალებას გამოვიყენოთ ინფორმაციული ტექნოლოგიების მიმართულებათა ის სფეროები, რომლებიც უფრო პერსპექტიულია და შედეგიანია პრაქტიკული რეალიზაციის თვალსაზრისით. ამ ტექნოლოგიებს მიეკუთვნება ვეივლეტ-ტექნოლოგიები, გამოსახულებათა შეკუმშვის ფრაქტალური მეთოდები და დეტერმინირებული ქაოსის თეორია.

4. გამოსახულებათა და სიგნალების კომპიუტერული ტექნოლოგიების დამუშავება *Mathcad* პროგრამული გარემოს მეშვეობით არ მოითხოვს რთულ დაპროგრამებას და ძირითადად დაფუძნებულია მზა ფუნქციების გამოყენებაზე.

5. ვეივლეტ ტექნოლოგიის *CWT* (უწყვეტი) და *DWT* (დისკრეტული) ვეივლეტ ფუნქციებად კლასიფიკაციის მიხედვით ჩატარებულმა ანალიზმა ცხადყო დისკრეტული ვეივლეტ გარდაქმნის უპირატესობა უწყვეტთან შედარებით: *DWT* გარდაქმნის ფუნქციათა და მათი პაკეტის არსებობა *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ძალიან აადვილებს იმ ალგორითმების შექმნას, რომლებიც ემსახურება ინფორმაციის შეკუმშვის, სიგნალებში დეტალების გამოყოფის და შემთხვევითი შეცდომების ფილტრაციის ამოცანათა გადაწყვეტას.

6. ნაჩვენებია, რომ გამოსახულებათა როგორც ერთგანზომილებიანი ასევე ორგანზომილებიანი გარდაქმნის შედეგად მიღებულ ტრანსფორმანტაში ძირითადი ენერგია ნაწილდება მთლიანი ტრანსფორმანტის კოეფიციენტების 10–15%-ში, რაც განაპირობებს შეკუმშვის მაჩვენებლის მაღალი მნიშვნელობის მიღებას აღდგენილი ინფორმაციის კარგი ხარისხის პირობებში.

7. ექსპერიმენტულად დადასტურებულია ვეივლეტ გარდაქმნისათვის დამახასიათებელი დეტალების გამოყოფის თვისება: გამოსახულების ვეივლეტ–ფილტრაცია გაცილებით კარგად ინარჩუნებს კონტურებს, ვიდრე სხვა წრფივი სახის და მედიანური ფილტრები, რომლებიც მიეკუთვნება არაწრფივ ფილტრაციას.

განსაზღვრულია, რომ ვეივლეტ გარდაქმნას გააჩნია უნიკალური თვისება: ფუნქციის ლოკალიზაცია როგორც დროის, ასევე სიხშირის მიხედვით. ამავე დროს უფრო კარგი შედეგები მიიღება ვეივლეტ–პაკეტის ოპტიმალური ბაზისური ფუნქციის გამოყენებისას ჩვეულებრივ დაუბემის ფუნქციის ნაცვლად. ამან განაპირობა სიგნალების დროით–სიხშირული წარმოდგენის რეალიზაცია და მისი გამოყენება დაავადების დიაგნოსტიკისათვის.

8. ნაჩვენებია, რომ *Mathcad* პროგრამულ გარემოში ვეივლეტ ტექნოლოგიის საფუძველზე აგებული ალგორითმები გამოირჩევიან სიმარტივით, რეალიზაციის სწრაფქმედებით, მაღალი სიზუსტით. ამიტომ გადაწყვეტილია არსებული ალგორითმების გამოყენება სამედიცინო გამოსახულებათა და სიგნალების ციფრული დამუშავებისათვის.

9. ნაშრომის კვლევის შედეგების პრაქტიკული გამოყენების მიხედვით მიღებულია: თავის ტვინის ვეივლეტ ტრანსფორმანტა 5%, 10%, 15% კოეფიციენტების შენარჩუნებით, როგორც ჯანმრთელი, ისე ავადმყოფი ადამიანის თავის ტვინის გამოსახულებისათვის, ასევე მიღებულია აღდგენილი გამოსახულების სიგნალ–ხმაურის პიკური მნიშვნელობები.

ვეივლეტ-გარდაქმნა ხორციელდება $D4$ (დაუბეშ) ვეივლეტის მეშვეობით. განიხილებოდა ორი სახის დაავადება "ჰემორაგია" და "ეპიდურული სისხლჩაქცევა". ექსპერიმენტის შედეგები გვამლევს საშუალებას გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

ა) თავის ტვინის დაავადებიან გამოსახულებებისათვის სიგნალ-ხმაურის პიკური მნიშვნელობები მცირდება: კერძოდ, ეს შემცირება შეადგენს 7 დბ-ს ჰემორაგიის დროს 15% კოეფიციენტების შენარჩუნების პირობებში, მაშინ როდესაც ეპიდურული სისხლჩაქცევის დროს იგი უდრის ≈ 4 დბ.

ბ) აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის დამაკმაყოფილებელი შედეგი მიიღება მაშინ, როდესაც გამოსახულების აღდგენაში მონაწილეობდა მხოლოდ 10% ტრანსფორმანტის კოეფიციენტისა. (სხპვ=28 $\approx$ 33 დბ)

10. მაგნიტობირთვული რეზონანსის (NMR) სიგნალზე, შემოწმების შედეგად დადგინდა, რომ *David Donoho* და *Join Jonstone* მეთოდის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა მოგვეხდინა "ხმაურის" ფილტრაცია ისეთნაირად, რომ საბოლოო სიგნალში შენარჩუნდა ყველა ის საჭირო მახასიათებელი, რომელიც მონაწილეობს დიაგნოზის დადგენაში. ამავე დროს სიგნალი გაიწმინდა ხმაურისაგან, რომელიც უშლიდა ხელს დიაგნოზის დასმას.

11. კარდიოგრამის ანალიზმა ვეივლეტ დროით-სიხშირული წარმოდგენის საფუძველზე აჩვენა, რომ კარდიოგრამის ვეივლეტ გარდაქმნის დროით-სიხშირული სტრუქტურა უფრო ცხადი და კარგია, თუ იგი მიიღება ვეივლეტ-პაკეტის ოპტიმალური საბაზისო ფუნქციის გამოყენებისას.

12. კარდიოგრამის კარდიორითმის დინამიკის კვლევის მაგალითზე შემოთავაზებული მეთოდების გამოყენება საშუალებას იძლევა ჩატარდეს ბიო-სამედიცინო სისტემების თვისებების ანალიზი ერთდროულად დროით-სიხშირულ და სივრცულ არეში. წარმოდგენილი ალგორითმების

ვიზუალიზირებული ხასიათი საგრძნობლად ამარტივებს მათი დინამიკური ქცევის განსაკუთრებულობის გაგებას, აღქმას და დაეხმარება ექიმებს ობიექტური დიაგნოზის დასმაში.

13. თრომბოზის ფონზე განვითარებული იშემია აისახება სხვგ ცვლილებით, რომელიც დამოკიდებულია ვეივლეტ–ტრანსფორმანტაში შენარჩუნებული კოეფიციენტების რაოდენობაზე. ამავე დროს სტენტირების შემდეგ მიღებული გამოსახულება ხასიათდება სიგნალ–ხმაურის პიკური მნიშვნელობის გარკვეული შემცირებით. მიღებული შედეგი შეიძლება აიხსნას იმით, რომ სისხლძარღვის აღდგენილ სურათში მოცემულია პათოლოგიური სისხლძარღვის ფორმა, რომელიც უახლოვდება ჯანმრთელი ადამიანის სურათს.

14. *Mathcad* პროგრამულ გარემოში არსებული ფუნქციებისა და მოდულების გამოყენებამ და ექსპერიმენტულმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ მათი მისადაგება ადამიანის ტვინის გამოსახულებებში კონტურებისა და კვლევის ობიექტების საზღვრების და ფორმების გამოყოფისათვის დაეხმარება ექიმებს სწორი დიაგნოზის დასადგენად და სასარგებლო იქნება დიაგნოსტიკის პროცესის ავტომატიზაციის შემთხვევაში.

15. ვეივლეტ–ტექნოლოგიების გამოყენება წარმოადგენს ძალიან შედეგიან მაგალითს ინფორმაციის შეკუმშვის როგორც კომპიუტერული ტომოგრაფიის ასევე გულის კორონარული იშემიის დროს: გამოსახულების ტრანსფორმანტაში მხოლოდ 10%-ის კოეფიციენტების რაოდენობის შენარჩუნებით ვღებულობთ აღდგენილი ხარისხის მაჩვენებლის მნიშვნელობებს, რომელიც ახლოა 30 დბ–თან და მიღებული ცდომილებები თვალის ვერ აღიქმება.

ვეივლეტ–გარდაქმნა ხასიათდება ფილტრაციის თვისებებით, რომელიც ინარჩუნებს იმ მახასიათებლებს, რომელიც აუცილებელია მიღებული სურათის მიხედვით სწორი დასკვნის მისაღებად.

Abstract

Topicality of the research. E-Medicine (Health-Grid) is a new type of treatment, an example of innovative use of information technologies that are designed to provide high-quality medical care. E-medicine promotes the use in clinical practice, diagnosis of a new type (which can be found in violation of the normal processes of the body) and allows physicians to work together regardless of their geographical location.

The main aim of the dissertation. This work is devoted to investigate on the effectiveness of electronic medical techniques wavelet technology, the theory of dynamical chaos and fractals for processing and compression of biomedical signals and digital images. In this case, the implementation of the proposed computational methods and algorithms implemented in the software environment *MathCad*, since the solution of problems in this versatile package is simple, relatively high speed and does not require knowledge of the high-level language and more accessible to the user.

The main objectives. Execution of this problems include addressing the major objectives of the study: baseline characteristics and unique properties of discrete wavelet transforms, fractal image compression, analysis of the geometrical methods of nonlinear dynamic properties of the bio-medical systems and other computer technologies for the digital signal and image processing.

The main value of practical and applied aspects:

1. Visualization of images is a prerequisite for medical introscopy. And to link the medical and engineering aspects of the diagnostic procedures makes it possible to highlight trends in the field of computer technologies that are more promising and effective, in the sense of practical implementation. In this regard, analyzed, and suggested the use of discrete wavelet technology, methods of fractal image compression and geometric methods for studying the dynamic properties of the bio-medical systems based on deterministic chaos.

2. Developed computer-based digital processing of biomedical signals and images, which are implemented in a software environment *MathCad*. Use this versatile package be conditioned by simplicity of realization algorithms, no need for knowledge of the high-level language and accessible to users.

3. Investigated the unique properties of discrete wavelet, which consists in the possibility of obtaining high compression ratios, the selection of details in the image and filtering of random errors while preserving the characteristics of the original signal.

4. Experimentally confirmed that as a result of wavelet transform the main energy source signal, as in the one-and two-dimensional case, contains only 10-15% transformations, which leads to high compression ratio in terms of good quality decoded data reconstruction.

5. Determined that the wavelet transform has the unique property of the localization function (signal) in both time and frequency domain. This led to the use and implementation of time-frequency representation for the diagnosis of the disease patients. Analysis of the ECG on the basis of time-frequency wavelet transform has shown that this structure becomes more visible and apparent, if we use the wavelet packet best base function.

6. It was found that filtering a noisy signal of nuclear magnetic resonance (MNR) method, and David Donho Join Jonstone in the wavelet transform has made it possible to save the recovered signal all the features that are necessary for proper diagnosis of the patient.

7. The presence of ischemia on the background of the initial stage of development of thrombosis, is expressed in lowering the peak-SNR (peak-signal to noise ratio). With respect to the values of peak-signal to noise ratio resulting from stenting, it is approaching the value characteristic of a healthy person.

8. Experimentally found that for the analysis of the dynamic system heart rhythm effectively applied visualization computer techniques based on deterministic chaos. Geometric nature of these methods and algorithms implemented in the package MathCad, greatly simplifies the understanding of the dynamic behavior of the system describing the change in heart rhythm of healthy and sick patients and help physicians in establishing the correct diagnosis at an early stage of the disease.

9. Experiment showed that the disease causes the restored image peak signal-to-noise ratio (psnr) - a sharp reduction of, for example. Epidural hemorrhagic psnr decreased during the 22 dB - 20 dB to - before, when compression factor (c.f.) Close - 7, therefore disease causes the restored image quality of a sharp decrease. This reduction of haemorrhage during the more bigger.

10. There are a *Mathcad* ready modules and functions greatly simplify the experimental implementation of the proposed methods and algorithms, analysis and interpretation of results when using them in the process of diagnosing the disease and the automation of individual steps of this process.

The practical value of the work lies in the fact that it includes the necessary data, methods and recommendations on the latest computer technology (wavelet - conversion, fractal image compression methods and determinate chaos theory) the simple use of the different nature of the visualized medical image processing by *Mathcad* software environment. Use of the offered methods of computer technologies in medicine gives the chance disease diagnosing at an early stage of its development, that will help physicians with an establishment of the correct diagnosis.

Experimental studies conducted by the specific materials based on the real, which provided: 1. Acad. A.m. Saradjishvili. Clinical Neurology and Neurosurgery Institute, 2. Cardio logical clinic, heart, 3. Article 9 of the city hospital in the cardio logical clinic. All three of us had the establishment of joint scientific research and cooperation.