

**შემთხვევითი შეცდომების ზემოქმედების პირობებში საზომი ინფორმაციის  
შეკუმშვის ხეთოდების პილევა კომაიზატორული ტექნიკური საზომებლები**

ირინა ჩხეიძე, ომარი ტომარაძე, ლალი ტოკაძე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

გადმოცემულია შემთხვევითი შეცდომების პირობებში ერთ- და - ორგანზომილებიანი ინფორმაციის შეკუმშვის ალგორითმების კვლევა. ინფორმაციის შეკუმშვის ალგორითმში ვგულისხმობთ ისეთი უახლესი ტექნოლოგიას გამოყენებას, როგორიცაა, ვეივლეტ-გარდაქმნის შეკუმშვის მეთოდი.

**საკანონი სიტყვები:** ვეივლეტ-გარდაქმნა; ტრანსფორმანტა; სიგნალ/ხმაურის ფარდობის პიკური მნიშვნელობა; PSNR; შეკუმშვა; კონცენტრაცია; პიქსელი.

**1. შესავალი**

ნაშრომის მიზანია შემთხვევითი შეცდომების პირობებში ინფორმაციის გადაცემის უფექტურობის კვლევა. ცხადია, რომ შემთხვევითი შეცდომების ე. ი. ხმაურისა და ზელშემლების პირობებში ინფორმაციის გადაცემის ეფექტურობის მაჩვენებელი მცირდება. ეს შემცირება განპირობებულია როგორც ინფორმაციის შეკუმშვით, დაქვანტვით, ინფორმაციის წყაროში და გადაცემის არხში არსებული ხმაურის და ხელშეშლების ზღმოქმედებით. საჭიროა აუცილებლად რაოდენობრივად შეფასდეს ან გაიზომოს მიღებული დანაკარგები. ტექნიკურ ამოცანებში ეს შეფასება ხდება როგორც სტატისტიკური ან გასაშუალებული კრიტერიუმების მოხედვით ისე ცდომილებათა პისტოგრამების მიღების საშუალებით და სხვაობითი სურათის მიღებით. აღდგენილი გამოსახულების ხარისხის რაოდენობრივი შეფასების კრიტერიუმად ვიყენებთ სიგნალ/ხმაურის ფარდობის პიკურ მნიშვნელობას (PSNR) მოცემულს dB-ში. Mathcad პროგრამის გარემოში, არსებული ფუნქციების საფუძველზე, ამ პარამეტრების შეფასება ხდება საგმარისად მარტივად.

**2. ძირითადი ნაწილი**

პირველი ექსპერიმენტი ეხება შემდეგს: 1-ელ ნახაზზე მოცემულია საწყისი გამოსახულება „Lena”, (M) და მე-2 ნახაზზე - ხმაურდადებული გამოსახულება (Q) (ხმაურის ალბათობა  $P=0,1$  და შეცდომათა მაქსიმალური დონეა 127).



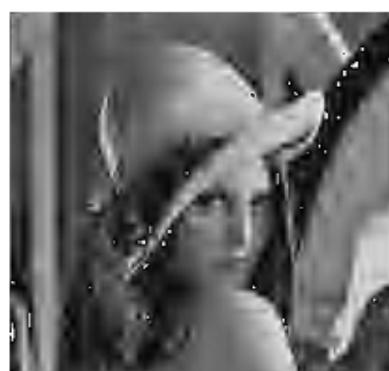
M  
ნახ.1 საწყისი გამოსახულება



Q  
ნახ.2 ხმაურდადებული გამოსახულება



L<sub>1</sub>  
ნახ.3. აღდგენილი გამოსახულება,  
სადაც შენარჩუნებულია გრადუაცია 10%

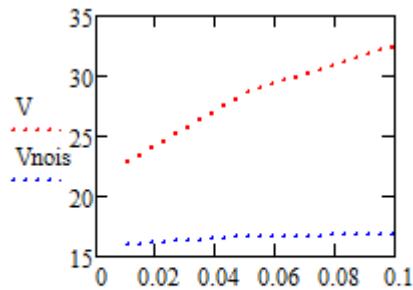


L<sub>2</sub>  
ნახ.4. აღდგენილი გამოსახულება,  
სადაც შენარჩუნებულია კრეაციური 1%

მოგაბრდინეთ  $M$  და  $Q$  გამოსახულებების ვეივლეტ-გარდაქმნა. მიღებულ ტრანსფორმანტაში შევინარჩუნეთ კოეფიციენტების  $0,01, 0,05, 0,1$  რაოდენობა, რითაც განხორციელდა შეკუმშვა. გამოსახულების აღსადგენად განვახორციელეთ ვეივლეტ-უკუგარდაქმნა. მე-3 ნახაზზე მოცემული  $L_1$  გამოსახულება შეესაბამება იმ შემთხვევას, როდესაც შენარჩუნებული იყო კოეფიციენტების  $10\%$ , ხოლო მე-4 ნახაზზე მოცემულ  $L_2$  გამოსახულებაზე მიღებული გვაქვს სურათი  $1\%$  კოეფიციენტის შენარჩუნებით.

თუ შევინარჩუნებდით ტრანსფორმანტის კოეფიციენტებს  $0,1$ , მაშინ მივიღებდით აღგენილი გამოსახულების ხარისხს  $PSNR=32,53$  dB, თუ  $0,05$  - მივიღებდით  $28,68$  dB, თუ  $0,01$ -მივიღებდით  $28,8$  dB.

ჩვენს მიერ ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტი, რომელიც ეხებოდა სიგნალ/ხმაურის ფარდობის პიკური მნიშვნელობის დამოკიდებულებას შეკუმშვის კოეფიციენტებზე, რომელიც ხორციელდებოდა ვეივლეტ-გარდაქმნის გამოყენებით და ტრანსფორმანტი  $0,01, 0,05, 0,1$  კოეფიციენტების შენარჩუნებით (მაშინ, როცა მთლიანი გამოსახულების ელემენტების რაოდენობა შეადგენდა  $N^2$  პიქსელს) შედეგები გამოსახულა მე-5 ნახაზზე.

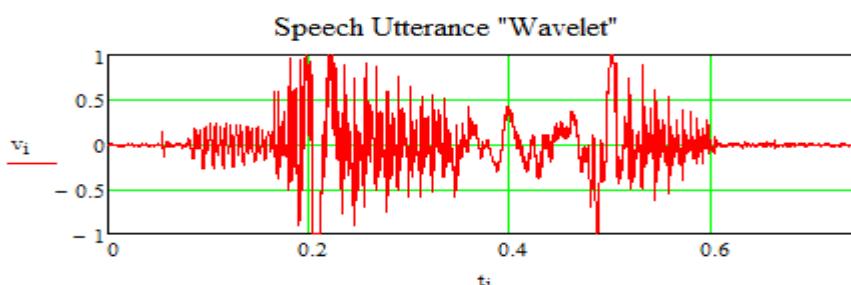


ნახ.5. სიგნალ/ხმაურის ფარდობის პიკური მნიშვნელობის დამოკიდებულება შეკუმშვის კოეფიციენტებზე

კარგად ჩანს ხმაურის დადება როგორ აფუჭებს, აღდენილი გამოსახულების ხარისხს, კოეფიციენტების  $0,1$  მნიშვნელობის დროს თითქმის ორჯერ. მეორე შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი ნაკლებად არის დამოკიდებული კოეფიციენტების რაოდენობაზე.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ თუ არ გამოიყენებდით ვეივლეტ-გარდაქმნას შეკუმშვის გარეშეც მივიღებდით აღდენილი გამოსახულების ხარისხს, რომელიც გამოისახებოდა  $11,18$  dB-ით, აქედან შეგვიძლია გავაკეთოთ დასკრა, რომ ყველაზე უარეს შემთხვევაშიც ( $0,01$  რაოდენობის დროსაც) ვეივლეტ-გარდაქმნა აუმჯობესებს აღდენის ხარისხს  $5$  dB-ით, ხოლო უკეთეს შემთხვევაში კი  $6$  dB-ით.

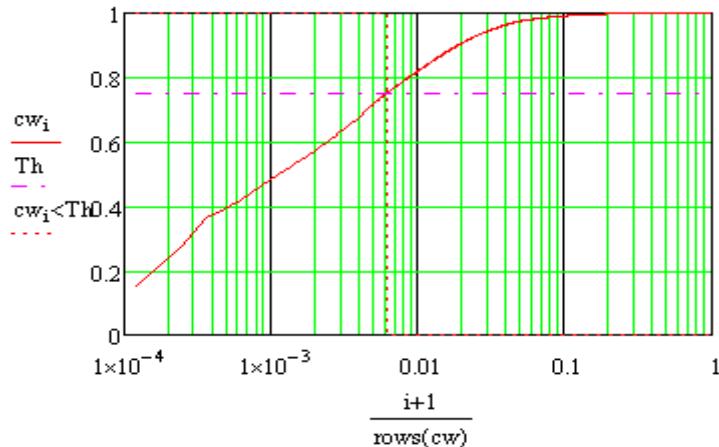
შემდეგი ექსპერიმენტი ეხებოდა ვეივლეტ-გარდაქმნისა და ფურიე გარდაქმნის შედარებას. ამისათვის გამოვიყენეთ სიგნალი, რომელიც აღიწერება სიტყვა "Wawelet" გახმოვანების დროს (ნახ.6).



ნახ.6 სიგნალი, რომელიც აღიწერება სიტყვა "Wawelet" გახმოვანების დროს

ხშირ შემთხვევაში ვეივლეტ-გარდაქმნა გამოიყენება მონაცემების შეკუმშვის მიზნით [1]. ეს კი განპირობებულია იმით, რომ სიგნალის ან გამოსახულების ძირითადი ენერგია კონცენტრირდება რამოდენიმე კოეფიციენტში. მაგალითისათვის განვიხილოთ მე-6 ნახაზზე მოცემული სიგნალსათვის შემდეგი ვეივლეტ-დისკრეტული გარდაქმნა (DWT).

```
J:=MaxDWTLevel(v)-2 filter:=coiflet(18) N:=rows(v)
W:=dwt(v, j, filter) Th:= .75 i:=0..N-1
cw:=Concentration (w)
```



ნახ.7 სიგნალის ენერგიის დამოკიდებულება შეკუმშვის კოეფიციენტებთან

ორდინატთა დერძება გადაზომილია სიგნალის ენერგია და შესაბამისი ზღურბლი. მე-7 ნახაზიდან კარგად ჩანს, რომ ვეივლეტ-გარდაქმნა კოეფიციენტებას უკეთებს ენერგიას. იგი მოიცავს მთლიანი კოეფიციენტების 10%-ს, ხოლო კოეფიციენტების 75%-ი ნაკლებია ზღურბლზე. აბცისთა დერძება 0,01 მნიშვნელობის გადაკვეთა 0,75-თან და მარჯვნივ მოთავსებულია ენერგიის რაოდენობა, რომელიც აღემატება ზღურბლს და უფრო მეტიც იგი არის 0,01 და 0,1 მნიშვნელობებს შორის. ეს კი თვალნათლივ უჩვენებს სიგნალის შეკუმშვას და შემდგომში მის აღდგენას უფრო მნიშვნელოვანი კოეფიციენტების მეშვეობით.

შევადაროთ ფურიე-გარდაქმნის (FET) შეკუმშვის უნარი ვეივლეტ-გარდაქმნასთან. (FET) გარდაქმნისათვის შეკუმშვის ფარდობითი კოეფიციენტი აღვნიშნოთ CR-ით.

CR:=99

ft:=cfft(v) cF:=Concentration(ft)

recon<sub>fft</sub>:=icfft(Compress(ft,CR))

აქვე ვაწარმოოთ ვეივლეტ-გარდაქმნა ამავე CR მნიშვნელობისათვის

wt:=dwt(v,j,filter) cW:=Concentration(wt)

recon<sub>dwt</sub>:=idwt(Compreess(wt,CR),j,filter)

შემდეგ ეტაპზე შეკუმშვისათვის გამოვიყენოთ ვეივლეტ-პაკეტი-WPT

Tw:=WPt(v,j,filter)

entropy(x):=-x^2.log(x^2)

basis:= best-basis(Tw,basis)

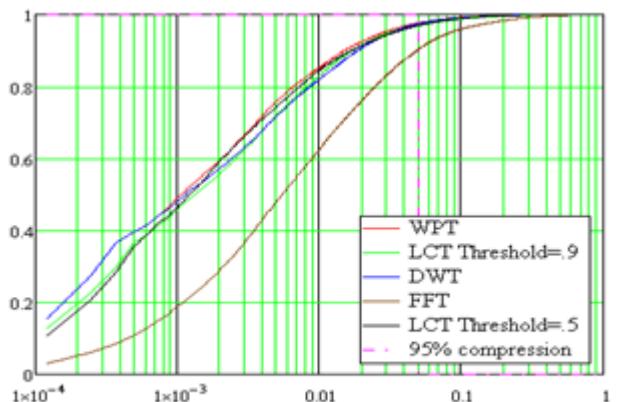
wP:=extract-basis(Tw,basis)

cP:= Concentration(wR)

recon<sub>wRt</sub>:=iwPt(Compress(wP,cR),basis,filter)

გამოვიყენოთ აგრეთვე კოსინუს-გარდაქმნა: Tc := lct(v,J,box)

$\text{Flatten}(A) := \begin{cases} v \leftarrow A \emptyset \\ \text{for } L \in 1.. \text{cols}(A) - 1 \\ \quad v \leftarrow \text{stack}\left(v, A \stackrel{L}{\backslash}\right) \\ v \end{cases}$	$\text{findThresh}(T, \text{Percent}) := \begin{cases} V \leftarrow T_1 \\ \text{for } L \in 2.. \text{rows}(T) - 1 \\ \quad V \leftarrow \text{stack}\left(V, T_L\right) \\ V \leftarrow \text{Flatten}(V) \text{ if } \text{cols}(V) > 1 \\ V \leftarrow \text{sort}\left(\overrightarrow{ V }\right) \\ V_{\text{floor}(\text{rows}(V) \cdot \text{Percent})} \end{cases}$
---	---



6.6.8 უკროეს და ვეივლეტ-გარდაქმნის შედარება  
შეკუმშვის ოვალსაზრისით

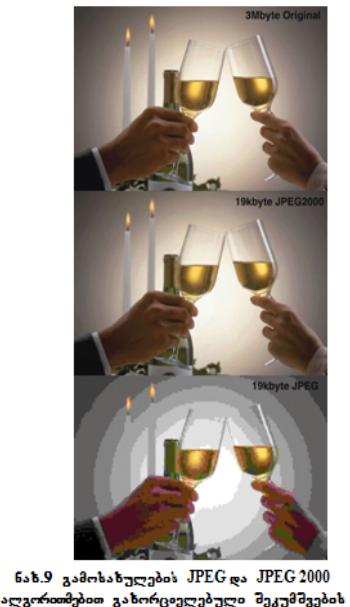
მე-8 ნახაზზე მიღებული ვრაფიკის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შეკუმშვის თვალსაზრისით უკროესი შედეგი მიღება ვეივლეტ-გარდაქმნის დროს. თუ ვეივლეტ-გარდაქმნას შევადარებთ ფურიეს გარდაქმნასთან მას, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, შეკუმშვის თვალსაზრისით აქვს უპირატესობა. გარდა ამისა იგი საშუალებას იძლევა სივრცეში და დროში დინამიკურად გაზარდოს გამოსახულების გარჩევისუნარიანობა. ამ უკანასკნელის ქვეშ იგულისხმება გამოსახულების მხოლოდ ლოკალური ნაწილის გარჩევითობის გაზრდა [2]. მე-9 ნახაზზე წარმოდგენილ სურათებზე მოცუმულია ფურიეს გარდაქმნისა და ვეივლეტ-გარდაქმნის საშუალებით განხორციელებული ორგანზომილებიანი გამოსახულების შეკუმშვის თვალნათლივი ხარისხობრივი შედარება, სადაც ცხადად ჩანს ვეივლეტ-გარდაქმნის უპირატესობა. ეს სურათები მიღებულია გამოსახულების, JPEG და JPEG 2000, შეკუმშვის ალგორითმების გამოყენებით [2].

#### დასკვნა:

1. შეცდომები ამცირებს ინფორმაციის გადაცემის ეფექტურობას; 2. ვეივლეტ-გარდაქნის გამოყენება იძლევა საშუალებას გარდა კარგი შეკუმშვის უნარისა, გააუმჯობესოს აღდგენილი გამოსახულების ხარისხი; 3. ვეივლეტ-გარდაქმნის შედარება ფურიე-დისკრეტულ გარდაქმნასთან გვაძლევს საშუალებას ვამტკიცოთ პირველის უპირატესობა. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ვეივლეტ-გარდაქმნა საშუალებას გვაძლევს ავამაღლოთ გამოსახულების ხარისხი მხოლოდ ლოკალურ ნაწილებში, რასაც ვერ უზრუნველყოფს ფურიეს გარდაქმნა.

#### ლიტერატურა:

1. . . . . .. осква, , 2003
2. . . . . .. , 2001.
3. . . . . thcad 2001, . . . . . , 2001-397 .



6.6.9 გამოსახულების JPEG და JPEG 2000 ალგორითმებით გათრიცელებულ შეკუმშვის განვითარების ხარისხის შედეგი შედარება

## RESEARCH OF MEASURING INFORMATION COMPRESSION METHODS IN CONDITIONS OF RANDOM ERRORS ON THE BASICS OF COMPUTER TECHNOLOGIES

Chkhidze Irina, Tomaradze Omar, Tokadze Lali  
Georgian Technical University

#### Summary

In the represented article there are represented results of the research of one and two-dimensional information compression in conditions of random errors. The algorithms of information compression are represented by methods of Wavelet transformations, which are examples of the usage of the newest technologies.

## НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Чхеидзе И., Томарадзе О., Токадзе Л.

Т