

FILTRAREA IMAGINILOR CAPTATE DE CĂTRE NANOSATELITUL SATUM

Alexei COSOLAPOV
Universitatea Tehnica a Moldovei

Abstract: *This research paper provides filtering methods with images captured by SATUM satellite and recover damaged images. Experimental investigations show that the set of filters applied to existing images are 3-4 times more productive, than deterministic methods.*

Cuvinte cheie: *Nanosatelitul SATUM, memoria asociativă, modelele cognitive, modelele operatorii, metode de filtrare, transformata Fourier, obiectul principal, sistemului intelectual de restabilire a imaginilor*

1. Introducere

Captarea imaginilor de pe bordul satelitelui este principalul obiectiv al majorității microsateleților lansați. Procesul de filtrare a imaginilor în ultimul timp reprezintă un domeniu actual de cercetare.

Însă, deseori filtrarea imaginilor după un exemplu, sau în conformitate cu oricare parametri ceruți nu întotdeauna aduc utilizatorul la rezultatul așteptat. Imaginile telemetrice au o gamă largă de domenii de aplicare, principalele fiind: metrologia, agricultura, geodezia, securitatea teritorială a statului, forțele armate etc. Există mai multe bariere în obținerea imaginilor de calitate înaltă principalele fiind distanța de la care se efectuează captarea, factorul mișcării satelitelui și condițiile meteorologice.

Un alt factor este cel tehnic, care este dictat de gabaritele satelitelui la bordul căruia se captează imaginile. Necesitatea de captare și restabilire a calității imaginilor (filtrarea propriu zisă) precum și lipsa eficacității metodelor existente de captare, determină actualitatea cercetărilor întrebărilor legate de captare a imaginilor și de creare a noi metode și căi, precum și realizarea tehnică a modelelor date. Pentru a înlătura defectele de pe imaginile satelitare se aplică mai multe metode de procesare. Lucrarea dată are drept scop cercetarea metodelor și algoritmilor de prelucrare și filtrare a imaginilor captate de nanosatelitul SATUM întru îmbunătățirea calității acestora.

Obiectul de restabilire: reprezintă obiectele defecte – obiectele deteriorate, la fel și obiectele incomplete – obiectele cu informație insuficientă. Obiectele de restabilire se reprezintă în formă de imagini grafice [21].

Zonă de cercetare reprezintă metodele de captare, filtrare și prelucrare a imaginilor, precum și problemele de recunoaștere a imaginilor distorsionate, a obiectelor individuale în scopul obținerii imaginilor reale, precum și metodele de comparare a imaginilor între ele.

Analiza imaginilor primite de la satelit este facilitată prin efectuarea procedurilor de îmbunătățire a calității lor pentru a ridica impactul vizual al imaginilor. Diferențele specifice în vegetație și în tipurile de sol, de exemplu, pot fi evidențiate prin ridicarea contrastului imaginii.

În mod similar, diferențele subtile în luminanță pot fi evidențiate ori prin modificarea contrastului, ori prin indexarea altei culori la acele nivele. Înseși prelucrarea imaginilor satelitare are loc la stația terestră, unde datele sunt transmise și decodificate. Problema principală a procesării devine lucrul cu datele inițiale, prelucrarea lor, eliminarea erorilor apărute, filtrarea și îmbunătățirea calității imaginilor precum și clasificarea acestora.

La momentul actual, necătând la intensificarea lucrărilor în domeniul de prelucrare a imaginilor și importanța rezultatelor obținute, problemele de bază de filtrare-restabilire nu sunt complet rezolvate.

Procedura formală de indicare a sistemului inițial de parametri lipsește, încă nu este construită teoria generală de filtrare-restabilire, multe probleme se supun cu greu formalizării sau nu se formalizează în general, lipsesc rezultatele pozitive la prelucrarea imaginilor captate în condiții meteorologice nefavorabile, nu sunt evaluări semantice de asigurare a etapelor de recunoaștere, etc. Până nu demult soluționarea lor era, de regulă, o prerogativă a omului, ce folosea pentru aceasta întreg arsenalul său de posibilități intelectuale.

Trebuie de menționat specificul, precum și complexitatea științifică și tehnică a oricărei probleme serioase de captare, procesare, filtrare și restabilire a imaginilor. Domeniul de cercetare este atât de larg, încât tehnologiile de recunoaștere a formelor sunt sortite la revizuire și perfecționare permanentă.

Îmbunătățirea calității imaginii se face pentru a ușura interpretarea vizuală și înțelegerea imaginilor satelitare. Deși corecțiile radiometrice a iluminăției, influențelor atmosferice și caracteristicilor senzorilor se fac înaintea distribuției datelor la utilizatori, imaginea poate să fie încă neoptimizată pentru interpretarea vizuală.

Dispozitivele de telemetrie, în special cele care operează de pe platformele de satelit, trebuie să fie proiectate în așa mod ca să opereze cu nivelurile de energie a Pământului (obiectivelor pe Pământ), care sunt tipice în toate condițiile care pot fi întâlnite în utilizarea de rutină. Nu există metode universale care ar rezolva totalitatea neajunsurilor unei imagini. Este foarte important de a alege consecutivitatea aplicării metodelor pentru a obține cel mai înalt rezultat. În prezenta lucrare sunt prezentați doar algoritmi aplicării unor metode și nu algoritmul de selecție a acestor. Totodată rezultatele cercetărilor date pot fi aplicate în proiectarea softului specializat într-un libaj de nivel înalt.

Procesele de filtrare-restabilire a imaginilor, din punct de vedere metodologic, științific și practic reprezintă una din cele mai importante probleme în domeniul disciplinelor științifice, unite de noțiunea de “inteligenta artificială” [12].

Problemele propuse spre analiză:

1. Procesarea și prelucrarea imaginilor captate de către nanosatelit;
2. Cercetarea metodelor gradiente de îmbunătățire a luminozității imaginilor;
3. Cercetarea metodelor statistice de îmbunătățire a contrastului imaginilor;
4. Cercetarea metodelor de îmbunătățire a calității imaginii bazate pe filtre spațiale;
5. Cercetarea metodelor de îmbunătățire a calității imaginii bazate pe filtre frecvențiale;
6. Ridicarea contrastului imaginilor aplicând metode statistice de prelucrare a imaginilor;
7. Înlăturarea zgomotelor pe imaginile satelitare aplicând filtre spațiale și frecvențiale;
8. Ridicarea contrastului imaginilor satelitare aplicând filtre spațiale și frecvențiale;

2. CERCETAREA PRINCIPIILOR DE ACHIZIȚIE A IMAGINILOR SATELITARE

Telemetria este un set de tehnologii ce permit de a efectua măsurări de la distanță și a colecta informații pentru a furniza operatorului sau utilizatorului. Cele patru componente principale ale unui sistem de telemetrie sunt: sursa de energie, calea de transmitere, destinația sau ținta și senzorul propriu zis [16]. Aceste componente interacționează împreună pentru a măsura și înregistra informația despre un obiect, de fapt, fără a intra în contact fizic cu el. Acest proces are loc cu ajutorul energiei electromagnetice, care joacă rolul de mediu de transmisiune a informației de la destinație la sursă. În figura 1.1. este prezentat principiul de obținere a imaginilor de pe satelit.

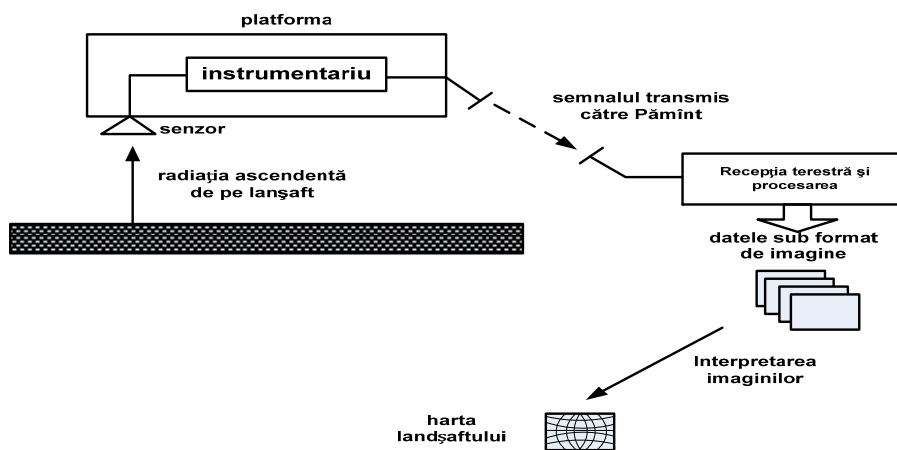


Fig. 1. Principiul de obținere a imaginilor captate de către satelit [16]

Însăși prelucrarea imaginilor satelitare are loc la stația terestră, unde datele sunt transmise și decodificate. Problema principală a procesării devine lucrul cu datele inițiale, prelucrarea lor, eliminarea erorilor apărute, îmbunătățirea calității imaginilor și clasificarea acestora.

Un avantaj esențial în prelucrarea imaginilor satelitare obținute de la senzori este formatul numeric al lor.

În aspect de spațiu, datele sunt compuse din elemente discrete sau pixele, iar în aspectul ardiometric, adică în aspectul luminozității, datele sunt mărimi cuantizate în nivele discrete. Caracteristica, probabil, cea mai importantă a imaginilor satelitare este lungimea de undă, sau lungimile de undă folosite în procesul de obținere a imaginilor. Radiația luminii poate fi înregistrată în frecvențe de raze ultraviolete, vizibile, în spectrul aproape vizibil și chiar în spectrul roșu. Din cauza absorbției atmosferice, măsurările în spectrul de

unde ultraviolete nu se efectuează. În sistemele optice de obținere a imaginilor satelitare, cel mai des se folosesc spectrele de la cel vizibil pînă la mediu infraroșu. Energia emisă de suprafața Pămîntului, numită energie termală, de asemenea poate fi utilizată pentru a îmbunătăți înțelegerea proprietăților suprafeței Terrei.

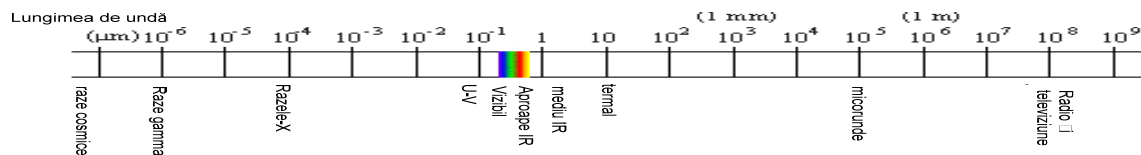


Fig. 2. Spectrul electromagnetic [15]

Este posibilă utilizarea spectrului de microunde [15], folosit în comunicațiile mobile, televiziune, radio și tehnologiile de radar. Pămîntul nu emite radiație pe microunde, însă se folosesc sisteme speciale care radiază energie de pe platformă. Înregistrarea datelor se face măsurînd energia care se întoarce la platformă.

Așa fel de sisteme se numesc sisteme active, deoarece energia este iluminată de la platformă. Cele mai des utilizate spectre pentru cercetarea Pămîntului sunt între 0,4 și 12 μ m (spectrul vizibil/infraroșu) și între 30 și 300 mm (spectrul de microunde) [15]. Analiza suprafeței în gama spectrelor propuse depinde de aplicație și interacțiune cu materialele care se examinează.

De exemplu, apa reflectă aproape 10 %, mai puțin în spectrul de verde-albastru, și mai puțin în spectrul roșu și nu se reflectă în spectrul de unde infraroșii.

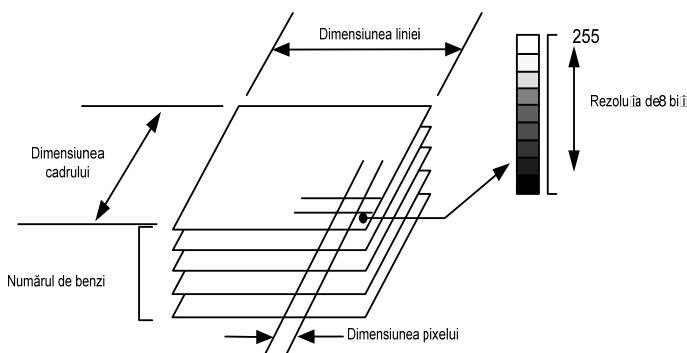


Fig. 3. Caracteristicile tehnice ale unei imagini [1]

Astfel, scopul obținerii imaginilor satelitare este de a identifica și evalua, prin diferite mijloace, obiectele de la suprafață și proprietățile lor spațiale. Pentru a obține rezultate necesare de la toate tipurile de obiecte de pe suprafața Pămîntului, analiza trebuie efectuată în toate spectrele posibile.

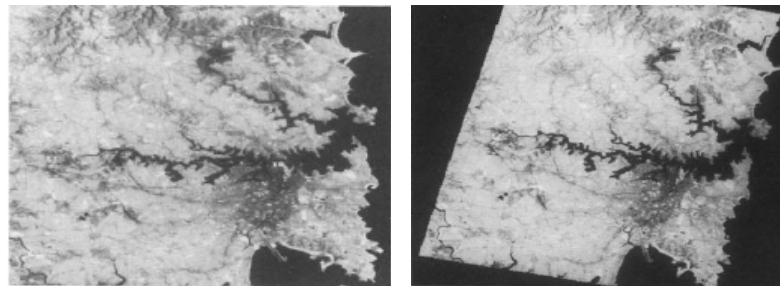
3. ANALIZA PROCEDEELOR UTILIZATE LA FILTRAREA IMAGINILOR

Înainte de analiza propriu zisă a datelor, se realizează procesarea inițială a datelor sau pre-procesarea [1], utilizată de obicei pentru a corecta imaginea de diverse distorsiuni în funcție de caracteristicile sistemului și condițiile primirii imaginii. Această preprocesare depinde de cerințele utilizatorilor, deși unele proceduri standarte pot fi făcute în cadrul stației terestre, înainte ca acestea să fie livrate la utilizator.

Aceste proceduri standart sunt:

- Corecția radiometrică – corecția de la răspunsul necelar al senzorului pe toată suprafața imaginii;
- Corecția geometrică – corecția de la distorsiunile geometrice care apar din cauza rotației Pămîntului sau rotațiilor platformei pe care este instalat senzorul.

Un exemplu de aplicare a corecției geometrice este arătat în figura 4.



a)

b)

Fig. 4. a - Imagine distorsionată geometric și b - corectată geometric [1]

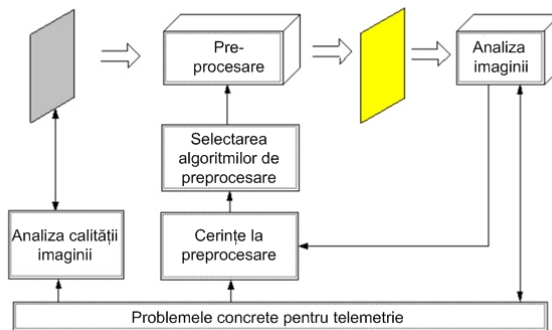


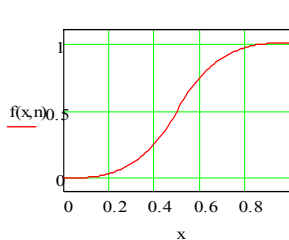
Fig. 5. Organizarea procesării și analizei imaginilor satelitare [3]

Funcțiile principale ale preprocesării imaginilor sunt:

1. corecțiile radiometrice;
2. transformările geometrice;
3. prezentarea datelor;
4. compresia datelor;
5. îmbunătățirea imaginii.

Un exemplu de transformare gradientă se prezintă în figura 6. În cazul dat transformarea s-a efectuat după o funcție de putere de gradul 3 pentru pixelii cu luminozitate joasă și inversa acestei funcții pentru pixeli de luminozitate înaltă. Această funcție este descrisă de expresia (1).

$$f(x, n) := \text{if} \left[x < \frac{1}{2}, \frac{(2 \cdot x)^n}{2}, 1 - \frac{[2 \cdot (1 - x)]^n}{2} \right] \quad (1)$$



a)



b)

c)

Fig. 6. Prelucrarea gradient (a) Funcția de transformare. (b) Imaginea inițială. (c) Imaginea prelucrată.

Se observă efectul transformării în figura 6. (c) imaginea finală fiind mai clară și nivelul contrastului este mai ridicat. Metodele gradiente sunt des aplicate în prelucrarea imaginilor satelitare. Însă ele pot rezolva anumite probleme pentru imagini cu anumite specificități. E foarte important în aplicarea acestor metode de a alege funcția de transformare. La alegerea greșită a funcției putem obține un rezultat final de calitate mai redusă decât cea inițială. Dacă problema corecției locale a contrastului nu se rezolvă cu ajutorul metodelor gradiente se propune de a aplica metode statistice locale.

Pentru filtrarea zgomotului de asemenea pot fi utilizate și filtre frecvențiale. Schema generală de filtrare în frecvență este prezentată în figura 7.

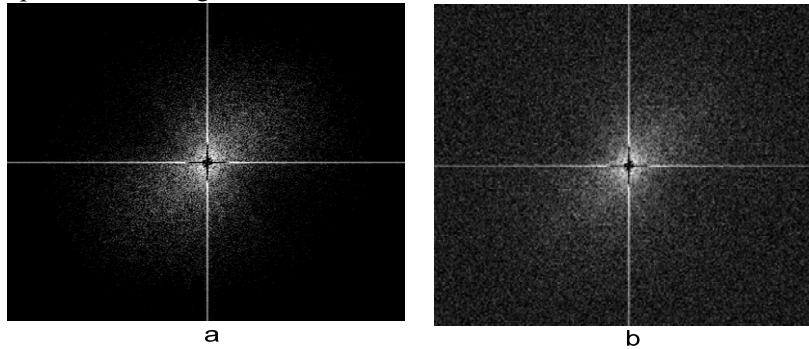


Fig.7. Transformatele fourier (a) Imaginea etalon. (b) Imaginea cu zgomot.

Prezentarea grafică a filtrului și rezultatul filtrării este prezentat în figura 8. (a) și (b) corespundător. Observăm că filtrul aplicat este o matrice care are pixeli egali cu 1 în interiorul cercului și 0 în exterior. Astfel, înmulțind transformata fourier a imaginii cu zgomot obținem la ieșire doar informația care se încadrează în raza acestui cerc, totodată înlăturând o parte esențială din zgomot.

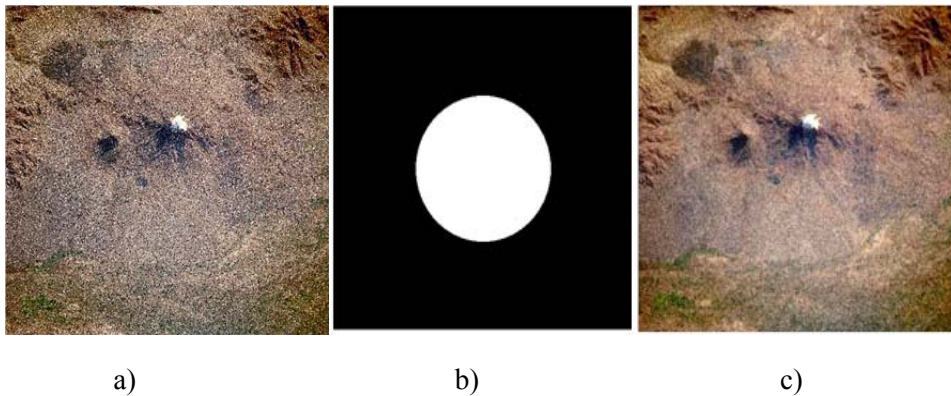


Fig.8. Rezultatul filtrării (a) Imaginea captată. (b) Filtrul aplicat. (c) Imaginea filtrată.

Totuși, o parte din zgomot care se reflectă în raza cercului afectează imaginea finală. Aceasta are loc pentru că zgomotul aleator se distribuie aproape uniform și pe transformata fourier a imaginii. În același timp poate fi filtrată și o parte de informație utilă de la periferia cercului cauzând reducerea unor frecvențe joase pe imagine.

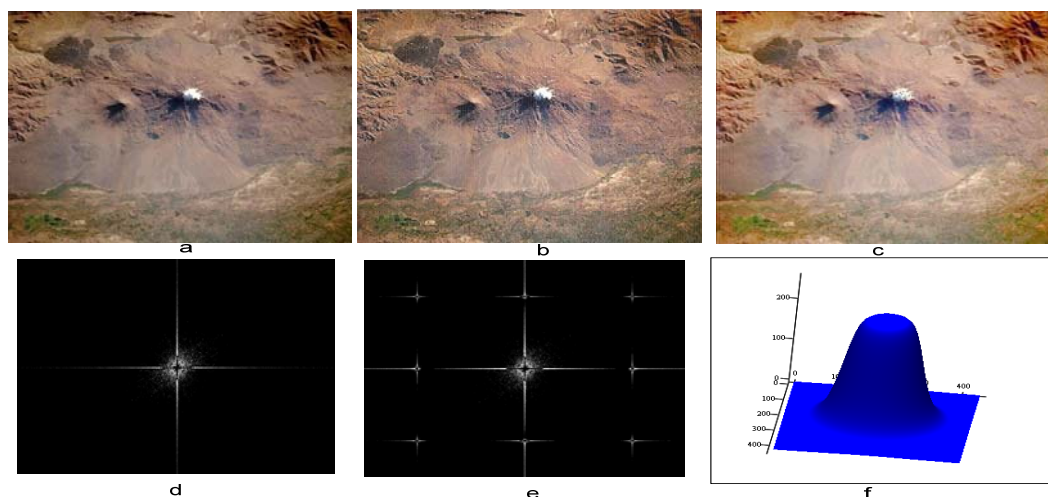


Fig.9. Filtrarea zgomotului periodic (a) Imaginea etalon. (b) Imaginea cu zgomot periodic. (c) Imaginea filtrată. (d) Transformata fourier a imaginii etalon. (e) Transformata fourier a imaginii cu zgomot. (f) Filtrul Laplacian aplicat

Zgomotul periodic în transformatele fourier se distribuie zonal în jurul centrului geometric la o anumită distanță. Acest efect se vede clar în formă de „steluțe” în exemplul din figura 9 (e).

Din experimentele prezentate putem afirma că zgomotul aleatoriu este mai eficient de redus utilizând filtre spațiale, iar cele periodice utilizând filtre frecvențiale.

Concluzie

Procesul de filtrare și îmbunătățire a calității imaginii se face pentru a ușura interpretarea vizuală și înțelegerea imaginilor satelitare. Deși corecțiile radiometrice a iluminăției, influențelor atmosferice și caracteristicilor senzorilor se face înaintea distribuției datelor la utilizatori, imaginea poate să fie încă neoptimizată pentru interpretarea vizuală. Dispozitivele de telemetrie, în special cele care operează de pe platformele de satelit, trebuie să fie proiectate în așa mod ca să opereze cu nivelurile de energie a pământului (obiectivelor pe Pământ), care sunt tipice în toate condițiile care pot fi întâlnite în utilizarea de rutină. Cu variații mari în răspunsul spectral dintr-o gamă largă de obiecte (de exemplu, păduri, deșerturi, ape, etc) nici o corectare generică radiometrică nu ar putea reprezenta și afișa în mod optim gama de luminozitate optimă și contrastul pentru toate obiectivele. Astfel, pentru fiecare aplicație și pentru fiecare imagine, se aplică un proces de filtrare particular pentru fiecare distorsiune a imaginii, reieșind dintr-o ajustare personalizată a valorilor gamelor de intensitate, luminozitate și claritate necesară.

BIBLIOGRAFIE

1. John A. Richards, Xiuping Jia, Remote sensing digital image analysis 4th edition. - Berlin “Springer”, 2006, -454 p.
2. R. Gonsales, R. Woods, Digital image processing. – Moscva, “Tehnosfera”, 2005, -1073 p.
3. A.E. Furman, A.N. Yuriev, tsifrovie metodi obrabotki I raspoznavaniya binarnih izobrajenii, - Krasnoyarsk “Izdatelstvo Krasnoyarsk”, 1992, -248 p.
4. John Wiley, William K. Pratt, Digital image processing. - California “A Wiley-Interscience publication”, 2001, - 738 p.
5. Zemlea iz kosmosa, Vipusk 1, Injinerne-tehnologicheskii tsentr “Scaneks”, 2009 -68 s.
6. John E. Estes, Jeff Hemphill, History of aerial photographic interpretation, 2001, -39 p.
7. Madani, Dowman, Dolloff, Image sensing, - New York, 2000, -260 p.
8. Soifera V. A.,Metodi compyuternoii obrabotki izobrajenii.–Moskva “Fizmatlit”, 2003, - 394 p.
9. Kashkin V.B., Suhinin A. I., Distantionnoe zondirovanie Zemli iz kosmosa. Tsifrovaia obrabotka izobrajenii: Uchebnoe posobie. – M.: «Logos», 2001 – 264 p.
10. M.Deivis, D.A. Landebe, T.L. Philips, Obrabotka tsifrovih izobrajenii - USA, «Makgrow Hill 1983,- 415p.