



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

RAPORT DE CERCETARE INTERMEDIAR CPD

Titlul proiectului: Contribuții la dezvoltarea metodelor de prelucrare digitală a imaginilor în timp real folosind tehnologii VSLI

Nume și prenume CPD: PATENTARIU IULIANA CHIUCHIȘAN

Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, Universitatea ”Ștefan cel Mare” din Suceava

Domeniul fundamental postdoctorat: Științe ingineresti

Domeniul specific/ subdomeniul postdoctorat: Inginerie electronică și telecomunicații

Expert monitorizare grup țintă	CPD
Prof.dr.ing. Valentin POPA	Ing. PATENTARIU Iuliana CHIUCHIȘAN
Semnătura:	Semnătura:
Data:.....	



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOS DRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Cuprins

OBIECTIVELE PERIOADEI DE CERCETARE	5
INTRODUCERE	7
Obiectivul 1: Stadiul actual în prelucrarea digitală a imaginilor	7
Obiectivul 2: Studiul și analiza metodelor de procesare a imaginilor medicale.....	10
2.1 Studiul metodelor de filtrare a imaginilor folosind programul ImageJ	13
2.2 Metode de filtrare a zgomotului.....	16
2.2.1 Filtrul Gaussian	16
2.2.2 Filtrul median.....	17
2.3 Operații spațiale	17
2.3.1 Filtrarea spațială.....	18
Obiectivul 3: Studiul tehnologiilor VLSI (FPGA) și utilizarea acestora în procesarea imaginilor.....	22
3.1 Generalități despre circuite FPGA.....	22
3.2 Utilizarea circuitelor FPGA în procesarea imaginilor	24
3.3 Programarea unui circuit FPGA	25
3.4 Studiu de caz: Implementarea unor metode de filtrare a imaginilor utilizând limbajul Verilog	28
3.4.1 Filtrul de binarizare.....	29
3.4.2. Filtrul de inversare	31
3.4.3 Filtrul de colorare falsă (pseudocolorare)	32
3.4.4 Testarea descrierilor.....	34
Obiectivul 4 : Sisteme healthcare	35
4.1 Studiu de caz: Implementarea unui sistem de achiziție a semnalului de tremur	36
4.1.1 Achiziționarea semnalului de tremur folosind senzori inteligenți	36
4.1.2 Senzori accelerometrici	37
4.1.3 Interfața cu utilizatorul pentru sistemul de achiziție a semnalului de tremur	39
DIRECȚII DE CERCETARE ÎN PERIOADA URMĂTOARE	43
DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII	45
1.1. Lista lucrărilor științifice publicate.....	45
1.2. Lista lucrărilor științifice prezentate	45
BIBIOGRAFIE	47



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

OBIECTIVELE PERIOADEI DE CERCETARE

Proiectul de cercetare propus se referă la dezvoltarea unor metode de analiză și prelucrare a imaginilor folosind tehnologii VLSI și abordarea lor în ansamblu pentru a le implementa într-un sistem de asistare în timp real a diagnozei medicale. Obiectivul general al proiectului vizează îmbunătățirea actului medical, prin creșterea eficienței imagisticii medicale la stabilirea diagnozei medicale, utilizând în acest scop un sistem de asistare.

Ca parte conexă, proiectul își propune și studierea sistemelor *healthcare* pentru asistarea la domiciliu a pacienților cu boli neurologice și dezvoltarea de dispozitive de monitorizare la distanță a pacienților cu boala Parkinson.

Obiective realizate în cadrul proiectului în perioada de cercetare:

1. Stadiul actual în prelucrarea digitală a imaginilor.

S-a realizat un studiu introductiv despre procesarea digitală a imaginilor care reprezintă un ansamblu de teorii și tehnici folosite în înregistrarea, sinteza, codarea, transmiterea, reproducerea, recunoașterea, estimarea, detecția, filtrarea și îmbunătățirea imaginilor digitale.

2. Studiul și analiza metodelor de procesare a imaginilor medicale.

S-au studiat câteva metode moderne de procesare a imaginilor în scopul descrierii și implementării acestora într-un sistem de prelucrare a imaginilor medicale. În scopul studierii și analizei metodelor de prelucrare a imaginilor pentru a fi descrise și implementate folosind tehnologii VLSI, respectiv circuite reconfigurabile FPGA, am utilizat programul *ImageJ* (*open source software*) care poate fi utilizat pentru procesarea și analiza imaginilor medicale și permite transformarea imaginilor color în imagini în tonuri de gri, ajustarea intensității unei imagini pentru o vizualizare mai bună, filtrarea imaginii pentru a reduce, pe cât posibil, zgomotul, și în final realizarea unor operații morfologice, care vor îmbunătăți imaginea pentru eventuale măsurători și/sau alte extrageri de informație.

3. Studiul tehnologiilor VLSI (FPGA) și utilizarea acestora în procesarea imaginilor.

S-a studiat rolul și avantajul utilizării dispozitivelor FPGA în domeniul procesării imaginilor și modul de implementare a tehnicilor de procesare a imaginilor în timp real. S-au studiat principalele componente ale mediului de simulare și sinteză *Xilinx ISE Design Suite*, dedicat proiectării, verificării și sintezei sistemelor digitale folosind limbaje de descriere hardware (Verilog, VHDL), precum și programării circuitelor reconfigurabile FPGA.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOS DRU



Pe baza acestor cercetări s-a elaborat un articolul științific *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening* care a fost prezentat la Conferința internațională *The 18th International Conference on System Theory, Control and Computing* (ICSTCC2014), indexată IEEE Xplore și ISI Proceedings, care s-a organizat în perioada 17-19 octombrie 2014, în Sinaia, Romania.

4. Sisteme healthcare.

Ca parte conexă a proiectului propus, s-a realizat un studiu al sistemelor *healthcare* pentru monitorizarea la distanță a pacienților cu boli neurologice, prin dezvoltarea unui sistem de achiziție al semnalului de tremur folosind dispozitivului Wimote™.

Pe baza acestor cercetări s-a elaborat articolul științific *An Approach of a Decision Support and Home Monitoring System for Patients with Neurological Disorders using Internet of Things Concepts* – autori Iuliana Chiuchișan și Oana Geman – articol publicat în jurnalul WSEAS Transactions on Systems 2014, indexat BDI.

De asemenea, s-au mai elaborat și publicat încă două lucrări care au fost prezentate la conferința internațională *2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering*, în cadrul Seminarului *Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology*, care s-a desfășurat la Iași în perioada 16-18 octombrie 2014.

INTRODUCERE

Tema propusă este una de un real interes deoarece procesarea digitală a imaginilor este folosită în diverse domenii de activitate ale societății moderne și mai ales în imagistica medicală care, în ultima perioadă, ocupă un rol fundamental în diagnosticarea asistată a bolilor, dezvoltându-se ca un domeniu multidisciplinar. Evident, în ceea ce privește diagnosticul final, decizia este luată de medicul specialist, dar acesta conlucrează îndeaproape cu specialiști din alte domenii tehnice, pentru ca aparatura dezvoltată să fie cât mai utilă și eficientă astfel încât diagnosticul să poată fi pus cât mai repede și cât mai precis.

Dezvoltarea unor echipamente tot mai performante de imagistică medicală, este strâns legată de rezultatele cercetărilor din domeniul prelucrării și analizei imaginilor medicale, sau mai general a semnalelor multidimensionale, cu aplicații în imagistică medicală. Astfel, odată imaginea medicală achiziționată, trebuie pusă sub o formă cât mai ușor de interpretat de către personalul medical. În acest scop imaginea este supusă unui șir de prelucrări și analiză, aproape indiferent de natura imaginii achiziționate sau de principiul de funcționare al aparatului utilizat. Toate aceste operații de prelucrare și analiză a imaginilor medicale trebuie să fie efectuate în timp real, deoarece viteza de diagnosticare în cazul unor boli este uneori vitală.

Obiectivul 1: Stadiul actual în prelucrarea digitală a imaginilor.

Prelucrarea digitală a imaginilor reprezintă un domeniu foarte larg care are la bază o teorie matematică riguroasă, iar implementările pe diverse mașini de calcul sunt consumatoare de resurse (putere de calcul, memorie), mai ales dacă ne referim la utilizarea în timp real a informațiilor extrase din imagini.

Prelucrarea și analiza imaginilor s-a născut și dezvoltat datorită ideii și necesității de a înlocui observatorul uman cu un dispozitiv care să proceseze datele similar creierului uman. Procesul de prelucrare al imaginilor s-a dezvoltat datorită apariției unor soluții novatoare, ca în cazul imaginilor non-vizibile (imagini acustice, ultrasonore, radar). După cum se precizează în [1], *“Image processing holds the possibility of developing the ultimate machine that could perform the visual functions of all living beings”*.

Tehnologia digitală modernă a făcut posibilă prelucrarea semnalelor multi-dimensionale folosind sisteme care pot porni de la simple circuite digitale ajungând până la sisteme de calcul paralel avansat. Scopul acestei prelucrări poate fi împărțit în trei categorii:

- Procesarea Imaginilor: imagine *intrare* → imagine *ieșire*;
- Analiza imaginilor: imagine *intrare* → măsurări *ieșire*;
- Interpretarea imaginilor: imagine *intrare* → descriere la nivel înalt *ieșire*.

Analiza imaginii se referă la studierea caracteristicilor unei imagini (de culoare, statistice), a zgomotului prezent în imagine, regiunilor, contururilor, structurilor, texturii,

elementelor componente, simetriei, iar la nivel mai ridicat chiar a obiectelor prezente. Analiza imaginii se face, prin tehnici și metode adecvate, din perspectiva scopului urmărit, ca de exemplu îmbunătățirea calității sau obținerea de informații referitoare la conținut. Există tehnici generale, mai ales în ceea ce privește îmbunătățirea calității imaginii sau a extragerii de contururi și tehnici / algoritmi orientate spre aplicații specifice, mai ales în imagistica medicală și în *machine vision* sau robotică. În mod normal, caracteristicile unui sistem sunt ori necunoscute, ori variabile în timp. Așadar, abordările acestui tip de procesare trebuie să se adapteze acestor însușiri necunoscute, adică să extragă informații valide dintr-un scenariu în continuă schimbare. Din acest motiv algoritmi adaptivi trebuie să fie simpli, eficienți din punct de vedere computațional, implementabili pe platformele hardware existente (procesoare de semnal digital sau circuite reconfigurabile) și fezabili ca și cost pentru utilizarea comercială.

Prelucrarea imaginilor digitale presupune folosirea unor tehnici exprimate, de obicei, sub forma unor algoritmi și cu excepția achiziției și redării imaginilor, majoritatea celorlalte funcții de prelucrare sunt implementate soft.

Imaginile pot fi prelucrate în scopuri ca [2]:

- **îmbunătățirea calității imaginii** pentru o vizualizare mai bună; această prelucrare se referă la: reducerea zgomotului și a altor defecte ce pot fi prezente în imagine (datorate, de exemplu, dispozitivului de achiziție), evidențierea unor zone de interes prin modificarea luminozității, modificarea contrastului, accentuarea muchiilor etc.
- **extragerea de informații din imagine**, informații ce pot reprezenta intrarea pentru un sistem automat de recunoaștere și clasificare. Aceste informații pot fi: diferite distanțe și relații dintre obiectele prezente în imagine, parametri geometrici (arie, perimetru) etc.

Procesarea digitală a imaginilor reprezintă un ansamblu de teorii și tehnici folosite în înregistrarea, sinteza, codarea, transmiterea, reproducerea, recunoașterea, estimarea, detecția, filtrarea și îmbunătățirea imaginilor digitale. Domeniile de aplicabilitate ale prelucrării digitale a imaginilor sunt: transmisiunile video, medicina, biologia, astronomia, industria, comunicațiile, efectele speciale sau educația la distanță.

Echipamentele de prelucrare a imaginilor realizează o serie de operații ca:

- Achiziția imaginilor cu ajutorul unei camere video sau unui scanner;
- Prelucrarea imaginilor folosind PC-ul sau procesoare de semnal (DSP);
- Memorarea imaginilor;
- Redarea imaginilor utilizând dispozitive de afișare sau imprimare;
- Transmisia imaginilor prin rețele de comunicații.

Din ce în ce mai multe ramuri ale industriei utilizează tehnici avansate de prelucrare digitală a imaginii. În tehnică obiectele cu care se lucrează sunt structuri bine conturate, relativ simple, care permit utilizarea de modelări matematice și aplicarea, mai ales în cadrul preprocesării, a unor metode standard de îmbunătățire a imaginii sau detectare de contur. Un obiectiv principal al prelucrării digitale de imagine în industrie este acela, de a crește

autonomia utilajelor (robotizare) până la obținerea unei funcționări independente, care să înlocuiască componenta umană. Însă acest lucru, nu este posibil, de exemplu, în domeniul medical, unde calculatorul are doar rolul de a asista medicul în activitatea de diagnosticare și tratare a pacienților.

Aplicațiile din domeniul de prelucrare digitală al imaginilor sunt practic nelimitate: de la simple corecții ale defectelor imaginilor până la aplicații complexe în medicină, industrie, securitate, armată. Exemple clasice de aplicații pentru procesarea imaginilor și recunoașterea formelor includ: recunoașterea caracterelor, recunoașterea amprentelor, prelucrarea imaginilor medicale (ecograf, tomograf), prelucrarea imaginilor satelit (meteorologice, topografice, militare), securitate (supraveghere, identificare).

Domeniul prelucrării imaginilor se întrepătrunde și cu domeniul inteligenței artificiale (IA), datorită numărului de algoritmi performanți folosiți în prelucrarea imaginilor care utilizează metode din domeniul inteligenței artificiale, cum ar fi: logica fuzzy, rețele neuronale. Domeniul inteligenței artificiale se ocupă cu proiectarea și construirea unor sisteme capabile să realizeze funcții ale intelectului uman: înțelegerea limbajului, învățarea prin experiență, folosirea unui raționament pentru găsirea unor soluții sau luarea unor decizii. Aceste acțiuni se bazează însă pe acumularea unei cantități de informație care trebuie preluată de la sisteme inteligente prin senzori, iar din imaginile create se pot extrage informații utile. Astfel, putem spune că prelucrarea imaginilor include mai multe domenii, cum ar fi:

- Prelucrare, compresia și stocarea imaginilor;
- Restaurarea și ameliorarea imaginilor, ajustări de contrast, filtrarea zgomotului;
- Măsurători ale unor obiecte (fotogrammetrie);
- Recunoașterea formelor;
- Vederea artificială (“computer vision”);
- Inteligență artificială.

În cele mai multe aplicații medicale imaginile sunt achiziționate direct de la pacient și de cele mai multe ori aceste imagini sunt alterate de zgomot sau alte defecte ce pot apărea în timpul achiziției, prin natura tehnologiei utilizate și a poziționării pacientului. Astfel, **tehnicele de îmbunătățire a imaginii și eliminare a zgomotului sunt de interes deosebit, mai ales în etapa de preprocesare imagistică.** Cele mai utilizate tehnici de achiziție a imaginilor în domeniul medical sunt: radiografia, ecografia, tomografia computerizată (CT), tomografia cu rezonanță magnetică (MRT/RMN), tomografia prin emisia unui singur foton (SPECT) și tomografia prin emisie de pozitroni (PET) [3].

Datorită faptului că, în aceste situații conținutul informațional al imaginilor medicale depinde semnificativ de sistemul de achiziție de imagine utilizat, prima etapă în imagistica medicală este selectarea sistemului de achiziție potrivit scopului urmărit. Astfel trebuie să avem cunoștințe despre modul în care funcționează diversele sisteme de achiziție și despre imaginile obținute de către acestea, iar în funcție de aceste informații se pot selecta și metodele adecvate de procesare a imaginii și de extragere de informații [3].

Următoarea etapă este aceea de îmbunătățire a calității imaginii. Acest proces presupune remedierea unor erori și distorsiuni induse în imagini de sistemele și condițiile de achiziție. Există diferite procedee standard aplicabile în această fază, cum ar fi îmbunătățirea contrastului, a luminozității etc.

Aceste probleme nu au fost rezolvate în mod satisfăcător pentru orice tip de aplicație, iar acest aspect este foarte important în cazul imagisticii medicale, în care detaliile informaționale pot fi foarte semnificative, iar sistemele de achiziție adeseori sunt generatoare de zgomot.

Cercetările continuă pentru diferite aplicații medicale prin dezvoltarea unor algoritmi mai eficienți, robuști la zgomot sau detalii neinteresante.

Obiectivul 2: Studiul și analiza metodelor de procesare a imaginilor medicale.

Tehnologiile actuale de preluare și procesare a imaginilor sunt utilizate cu succes în diverse domenii, iar aparatele pentru achiziția imaginilor devin din ce în ce mai performante oferind posibilități proprii de reconstrucții sau măsurători. Dezavantajele acestor aparate sunt acelea că, ele pot prelucra numai un anumit tip de imagini, iar calitatea imaginilor preluate poate fi distorsionată și poate fi influențată de diferiți factori externi, cum ar fi zgomotul.

Procesul de achiziție al imaginilor este complex. Există sute, până la milioane de senzori optici care transformă lumina în curent electric și apoi în biți. Toate aceste procese, pe lângă caracteristicile senzorului și erori ce nu țin de achiziția propriu-zisă, cum ar fi optica aparatului, duc la deformarea imaginilor și la adăugarea de zgomot. În vederea înlăturării acestor dezavantaje se pot folosi diverse metode de preprocesare, care să ofere o mai bună acuratețe a imaginilor prin îmbunătățirea acestora.

Imaginile digitale precum cele satelitare, imagistica medicală, tomografia computerizată, sistemele informaționale, din domeniile geografice și astronomice, sunt prezente în activitățile noastre. Imperfecțiunea instrumentelor și problemele care apar în procesul de achiziție pot degrada în mod constant informația utilă din imagine. Zgomotul poate fi introdus și ca urmare a erorilor de transmisie și compresie a imaginilor, iar eliminarea zgomotului reprezintă primul pas care trebuie realizat înainte ca imaginile să fie analizate. De aceea, alegerea unei metode eficiente de eliminare al zgomotului compensează înlăturarea elementelor nedorite din imagine.

În ultimul deceniu, s-au dezvoltat foarte mulți algoritmi destinați îmbunătățirii imaginilor complexe prin eliminarea componentelor parazite cum ar fi zgomotul (continuu sau de tip *speckle*) din imaginilor obținute cu ultrasunete. Imaginile pot fi îmbunătățite printr-un ansamblu de metode de prelucrare care au ca scop obținerea unei vizibilități superioare a componentelor imaginii. În general, îmbunătățirea imaginii intervine frecvent asupra calității imaginii, însă termenul de îmbunătățire este strâns legat de percepția vizuală subiectivă a expertului uman care este considerat utilizatorul final al imaginii [4].

Imaginile sunt concepte care au caracter informațional și pot fi percepute de oamenii prin: detecția radiației electromagnetice, proiectarea acestora pe retină și transmiterea lor centrului optic din creier care le interpretează și le achiziționează. Domeniul de prelucrare și analiză al imaginilor a depășit barierele de percepere a ochiului uman aducând soluții novatoare în ceea ce privește imaginile non-vizibile, precum imaginile acustice sau cele obținute cu ultrasunete.

În general, metodele de procesare specifice unor domenii ca: imagistica medicală, inginerie industrială, realitate virtuală, procesarea documentelor, baze de date multimedia, imagistica radar, imagistica satelitară, robotică, etc., cuprind ansambluri de tehnici, metode de achiziție, stocare, afișare, modificare, compresie și exploatare a informației vizuale cuprinsă în imagini. Acestea caută soluții la rezolvarea problemelor complexe de proiectare și implementare ale sistemelor software și hardware de procesare imagistică cu scopul de a îmbunătăți sau reutiliza soluții deja elaborate.

În particular, procesarea imaginilor complexe se referă la capacitatea de a descrie, înțelege și recunoaște scene, obiecte din scene și legăturile dintre acestea prin intermediul caracteristicilor texturii, fractalilor sau prin metode de segmentare.

Procesarea imaginilor digitale are în vedere următoarele etape:

- **Achiziția imaginii digitale** - se realizează cu un senzor de imagine capabil să digitizeze semnalul și să genereze la ieșirea acestuia o imagine.
- **Îmbunătățirea imaginii sau preprocesarea** - este o etapă primordială în procesarea imaginilor complexe; o îmbunătățire adecvată a procesului de prelucrare, mărește șansele de succes ale etapei de segmentare. Această etapă incipientă folosește algoritmi de filtrare liniari, neliniari, *wavelets* sau transformări Fourier.
- **Detaliile imaginilor** sunt căutate în texturile acestora. Imagistica folosește două categorii de texturi, cele generate prin metode fractale, spectrale, statistice și sintetice a cărui șablon de realizare este deja cunoscut și texturi aleatoare care se doresc a fi înțelese prin parametri statistici sau geometrici. Înțelegerea texturii unei imagini conduce la extragerea de cunoștințe utile în orice domeniu.
- **Segmentarea imaginilor** - toate operațiile de procesare ale imaginilor, în scopul unei recunoașteri mai bune a obiectelor de interes sau pentru găsirea caracteristicilor locale ce permit distingerea obiectelor de fundalul imaginii, trebuie însoțite de operația de segmentare. Segmentarea este definită de către *Ivanovici*, în [6], ca "împărțirea imaginii în zone de interes, după anumite criterii". În procesul de prelucrare al imaginilor etapa segmentării este necesară deoarece, așa cum specifică *Vertan* în [7] „în urma procesului de segmentare vor fi extrase din imagine obiecte distincte, regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate sau alte elemente”. În opinia lui *Jähne* [8], această etapă nu poate fi omisă deoarece "segmentarea este considerată etapa intermediară dintre îmbunătățirea imaginii și analiza acesteia". După procesul de segmentare se poate verifica dacă fiecare pixel al unei imagini aparține sau nu obiectelor de interes. Procesul de segmentare reprezintă cea mai dificilă etapă de procesare, deoarece în cadrul ei are loc descompunerea unei scene (imagini) în

componentele sale, iar în urma procesului de segmentare vor fi extrase din imagine obiecte distincte, regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate sau alte caracteristici de formă. Obiectele sunt interpretate ca regiuni compacte sau numai ca frontiere (contururi). După primitivele de extras, tehnicile de segmentare se împart în trei categorii fundamentale:

- tehnicile de segmentare orientate pe pixeli;
- tehnicile de segmentare orientate pe contur;
- tehnicile de segmentare orientate pe regiuni.
- **Operații de descriere, recunoaștere, clasificare și selecție** ale caracteristicilor obiectelor extrase în procesul de segmentare sunt realizate în etapa de analiză.

Interpretarea operațiilor specificate anterior pot fi realizate folosind diferite metrice de calitate sau cu metode statistice avansate.

Metodele de îmbunătățire ale imaginilor reprezentate de filtre sau transformări *wavelets* nu generează informații suplimentare despre imaginea originală, ci doar o pune pe cea existentă sub o altă formă, mai ușor de interpretat de către expertul uman.

Procesul prin care acționează un filtru asupra unei imagini se numește **convoluție** și se poate aplica atât în domeniul spațial cât și în domeniul frecvenței. Pentru o viziune globală asupra metodelor de filtrare se prezintă în Figura 1 schema lui *Motwani et al.* [9], folosite cu preponderență în îmbunătățirea imaginilor complexe.

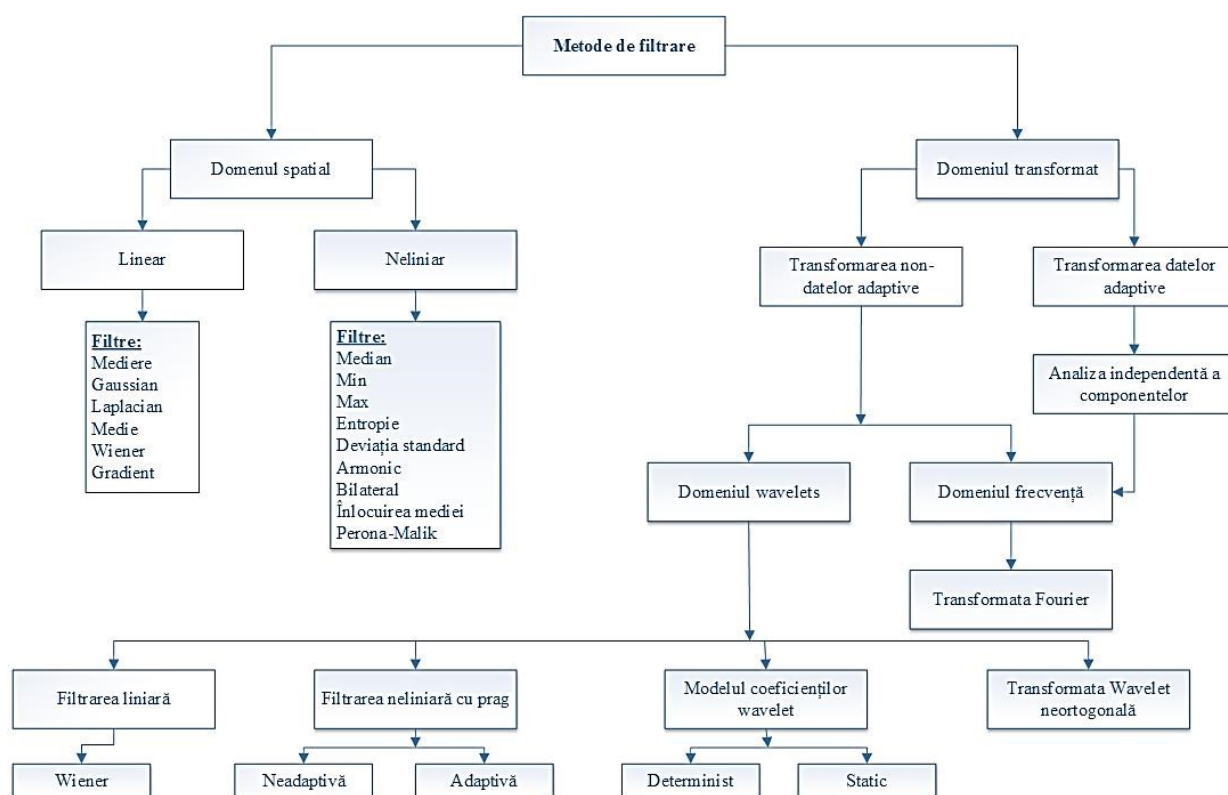


Figura 1 Metode de filtrare

2.1 Studiul metodelor de filtrare a imaginilor folosind programul ImageJ

În scopul studierii și analizei metodelor de filtrare a imaginilor pentru a fi descrise și implementate folosind tehnologii VLSI (FPGA) am folosit programul *ImageJ* (open source software) care reprezintă un program care poate fi utilizat pentru procesarea și analiza imaginilor medicale și care permite transformarea imaginilor color în imagini în tonuri de gri, ajustarea intensității unei imagini pentru o vizualizare mai bună, filtrarea imaginii pentru a reduce, pe cât posibil, zgomotul, și în final realizarea unor operații morfologice, care vor îmbunătăți imaginea pentru eventuale măsurători și/sau alte extrageri de informație.

ImageJ este capabil să afișeze imagini de tip 8-bit, 16-bit, 32-bit, și poate executa editări, analize, măsurători suplimentare, salvări, listări. Poate interpreta diverse formate de imagini: TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM etc. O facilitate importantă este capacitatea de a crea „stive” de imagini care partajează o singură fereastră de afișare. Poate realiza diverse calcule statistice pentru anumite zone selectate de utilizator sau pentru întreaga imagine. Poate măsura distanțe și unghiuri. Permite diverse procesări standard: netezire (*smooth*), detecția conturilor, filtrare mediană etc. Permite totodată realizarea transformărilor geometrice, cum ar fi scalarea, rotirea, răsturnarea (*flip*). Imaginile pot fi mărite de până la 32 de ori. *ImageJ* este un program cu o arhitectură „deschisă”, fiind extins prin adăugarea plugin-urilor.

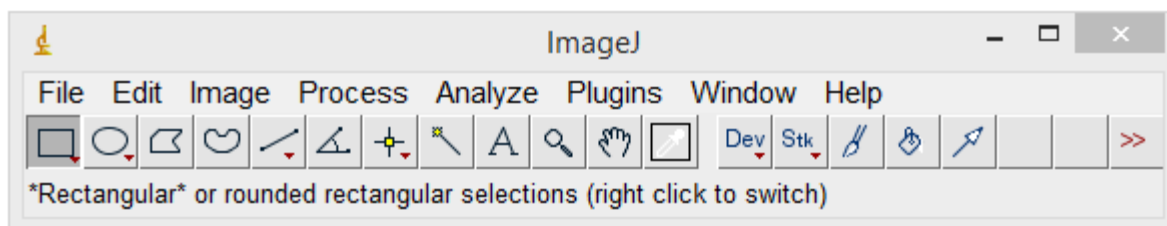
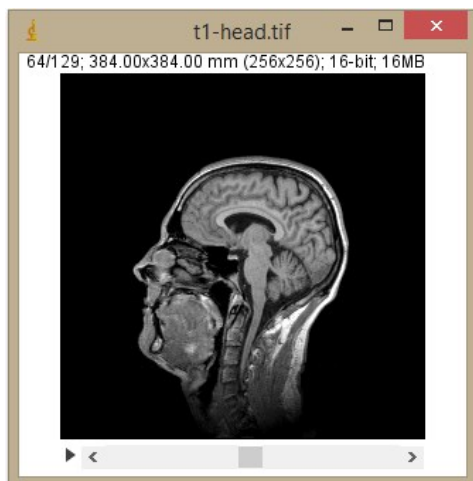


Figura 2 Programul ImageJ

În continuare sunt prezentate câteva prelucrări de îmbunătățire a unei imagini medicale, utilizând programul *ImageJ*.

Imaginea original



Ajustarea intensității unei imagini

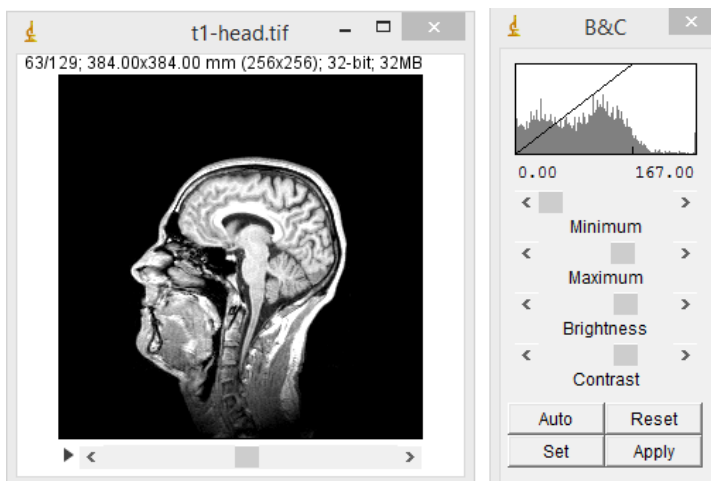


Figura 3 Ajustarea intensității unei imagini

Într-o fereastră adițională se vor afișa parametrii pentru modificarea intensității imaginii, iar graficul din partea de sus a ferestrei de dialog va reflecta în timp real modificările efectuate asupra parametrilor.

Operația de inversare



Operația de prag (threshold)

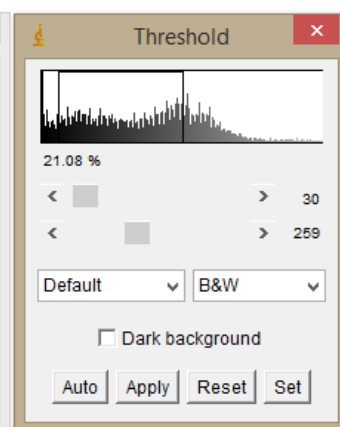
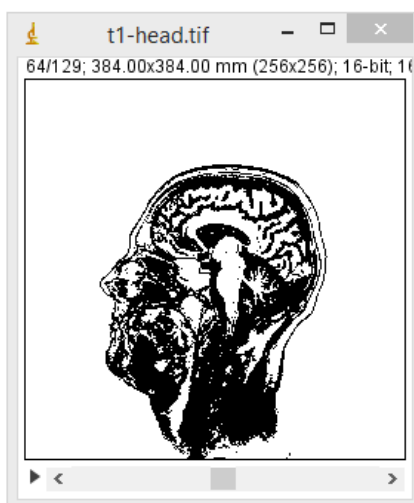
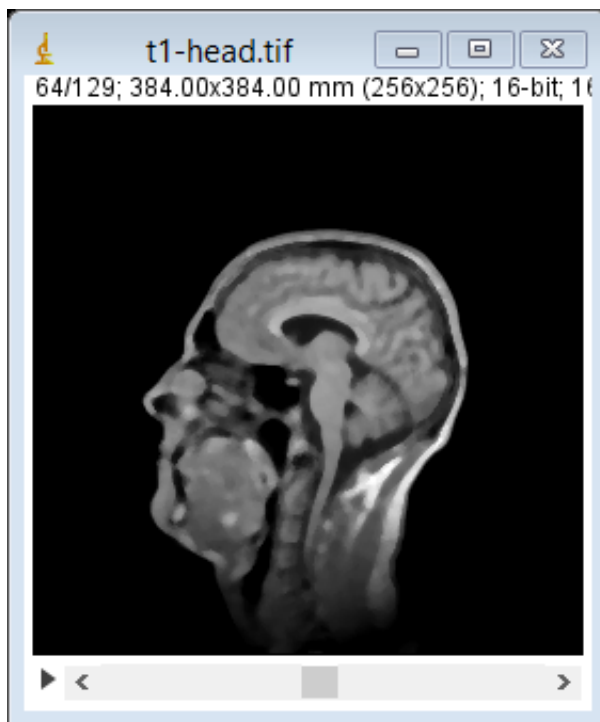


Figura 4 Operația de inversare și operația de prag

Filtrarea median (netezire)



Filtrarea Gaussiană

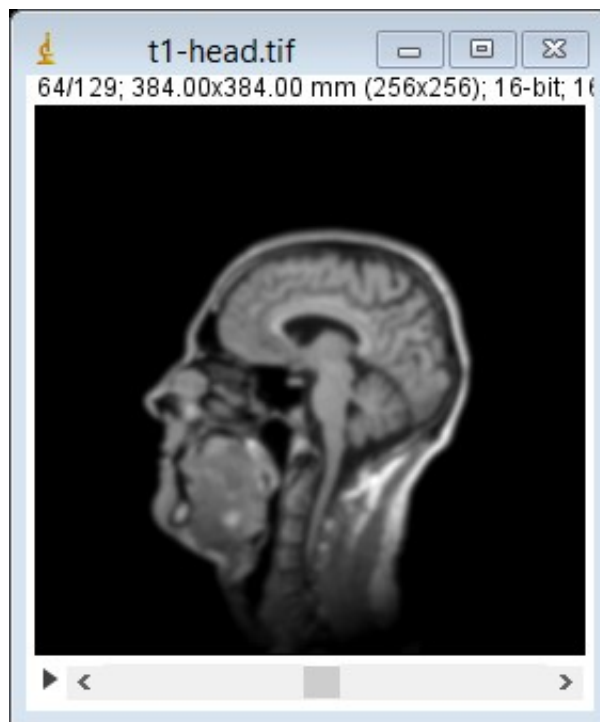
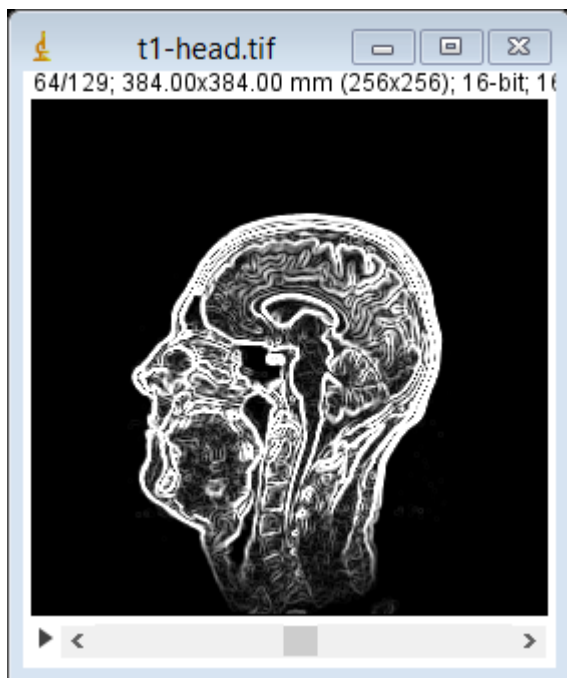


Figura 5 Filtrarea median și Gaussian

Detectarea contururilor

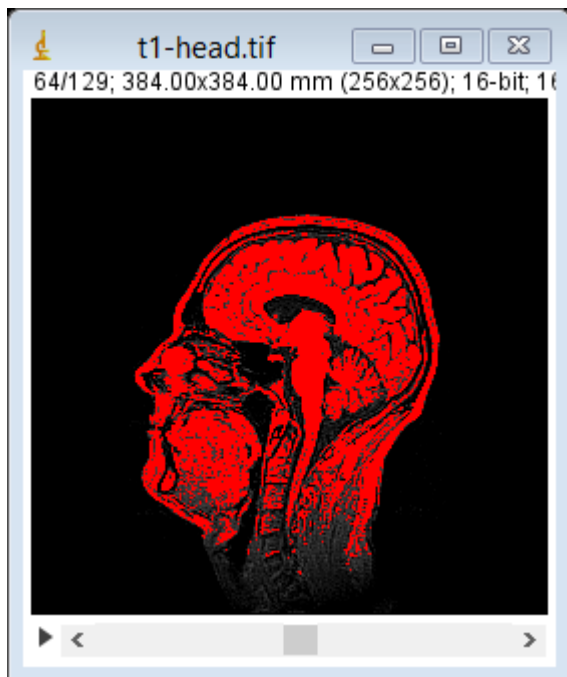


Accentuare



Figura 6 Detectarea contururilor și accentuare

Binarizare și pseudocolorare



Extragerea fundalului



Figura 7 Binarizare și pseudocolorare / Extragerea fundalului

2.2 Metode de filtrare a zgomotului

Presupunând că o imagine deține cea mai bună calitate ce poate fi obținută practic, vor fi prezentate în continuare câteva modalități de înlăturare a zgomotului ce se pot efectua pentru a îmbunătăți posibilitatea vizualizării și separării trăsăturilor (detaliilor) prezente în imagine.

Cea mai simplă formă de mediere spațială cuprinde următorii pași:

- însumarea valorilor strălucirii pixelilor din fiecare regiune mică a imaginii;
- împărțirea acestei sume la numărul pixelilor din imagine;
- folosirea valorilor obținute pentru a construi o nouă imagine.

În cazul zgomotului aleator prezent în imagine datorat caracteristicii de numărare a unui număr redus de fotoni se obține o îmbunătățire a calității imaginii și a raportului semnal/zgomot (*signal-to-noise ratio*). Totuși, rezoluția laterală a imaginii este afectată serios iar detaliile mici din imagine nu se mai pot discerne separat [10].

Cel mai întâlnit mod de a pune în practică această metodă de mediere a vecinătății este de a înlocui fiecare pixel cu media sa și a vecinilor lui. Acest lucru poate fi descris ca o operație de tip nucleu ("kernel operation") deoarece implementarea ei poate fi generalizată suma fiecărei valori a pixelilor din regiune înmulțite cu un set de coeficienți întregi (ce semnifică însemnătatea, ponderea fiecărui pixel) [10]:

$$P_{x,y} = \frac{\sum_{i,j=-m}^{+m} W_{i,j} P_{x+i,y+j}}{\sum_{i,j=-m}^{+m} W_{i,j}} \quad (1)$$

Această formulă prezintă calculul efectuat asupra unui pătrat de dimensiune $2m+1$ (impară). Este posibilă, dar nu foarte des întâlnită, utilizarea unor regiuni care nu sunt pătratice. Aranjarea coeficienților W pentru o mediere simplă conține valori de 1, iar astfel se poate înțelege că acești coeficienți vor fi înmulțiți cu valorile pixelilor ce înconjoară pixelul central iar totalul normalizat prin împărțirea la suma coeficienților. Valoarea obținută va fi scrisă în locul pixelului central pentru a forma o nouă imagine.

2.2.1 Filtrul Gaussian

Operațiile pe vecinătăți, incluzând și multiplicarea nucleului, sunt frecvent aplicate simetric în jurul fiecărui pixel. Una dintre cele mai folosite forme ale nucleului este cea gaussiană. Aceasta este un set de valori întregi care aproximează profilul unei funcții gaussiene de-a lungul oricărui rând, coloană sau diagonală ce trece prin centrul vecinătății.

Această formă este caracterizată de o deviație standard exprimată în termeni ce țin de dimensiunile pixelilor. Mărimea unui astfel de nucleu este destul de mare astfel încât, adăugând un alt rând de termeni, aceștia să introducă valori neglijabile. În continuare vor fi prezentate câteva astfel de nuclee, iar pentru fiecare dintre aceștia este calculată și deviația standard [10]:

- $3 \times 3 = [1 \ 4 \ 1; 4 \ 12 \ 4; 1 \ 4 \ 1]$, $\sigma=0,391$;

- $5 \times 5 = [1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 1 ; 2 \ 7 \ 11 \ 7 \ 2 ; 3 \ 11 \ 17 \ 11 \ 3 ; 2 \ 7 \ 11 \ 7 \ 2 ; 1 \ 2 \ 3 \ 2 \ 1], \sigma = 0,625;$
- $9 \times 9 = [0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 ; 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0 ; 1 \ 2 \ 3 \ 6 \ 7 \ 6 \ 3 \ 2 \ 1 ; 1 \ 3 \ 6 \ 9 \ 11 \ 9 \ 6 \ 3 \ 1 ; 1 \ 3 \ 7 \ 11 \ 12 \ 11 \ 7 \ 3 \ 1 ; 1 \ 3 \ 6 \ 9 \ 11 \ 9 \ 6 \ 3 \ 1 ; 1 \ 2 \ 3 \ 6 \ 7 \ 6 \ 3 \ 2 \ 1 ; 0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0 ; 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0], \sigma = 1,0.$

Pentru a se aproxima cât mai bine curba analitică netedă a lui Gauss trebuie alese valori întregi, cel puțin pentru nuclee (vecinătăți) mari însă totalul coeficienților trebuie păstrat cât mai mic pentru a facilita calculele aritmetice ale calculatorului.

Desigur, mărimea nucleului crește odată cu deviația standard. Aplicarea repetată a unui nucleu mic sau aplicarea secvențială a două sau mai multe nuclee este echivalentă cu o singură aplicare a unui nucleu mai mare (aplicând coeficienții unui singur nucleu asupra altor coeficienți ai altui nucleu ca și cum aceștia ar fi valori ale unor pixeli și făcând însumarea și adăugarea acestora generăm un nou nucleu de dimensiuni mai mari).

Acest tip de mediere poate reduce zgomotul vizibil din imagine dar încetează marginile, deplasează zonele marginale ale detaliilor și reduce contrastul. Poate introduce, de asemenea, un artificiu numit pseudorezoluție (*aliasing*) prin care două structuri separate ale imaginii fiind mediate împreună se creează o legătură aparentă între acestea.

2.2.2 Filtrul median

Tehnica medierii vecinilor are un defect principal și anume crearea efectului de estompare la marginile obiectelor sau în punctele cu mare gradient de intensitate. Acest efect secundar este puternic diminuat prin tehnica filtrării mediene, care înlocuiește nivelul de gri al fiecărui pixel printr-o combinație a nivelelor de gri ale pixelilor vecini. Considerând o fereastră din imagine conținând $N = 2p+1$ pixeli, N impar, mai întâi se ordonează valorile $\{g_i\}$ ale nivelelor de gri astfel încât la sfârșit să se obțină $g_1 \leq g_2 \leq \dots \leq g_N$. Apoi printr-o operație liniară asupra acestei secvențe ordonate, se efectuează următoarea sumă [10]:

$$g = \sum_{i=1}^N c_i g_i \quad (2)$$

care reprezintă noua valoare care va fi afectată pixelului central, unde c_i sunt coeficienți constanți de ponderare. Filtrul median standard se obține dacă se alege $c_{p+1}=1$, iar toți ceilalți coeficienți nuli. Se poate înțelege intuitiv că filtrul median forțează pixelii de intensitate luminoasă mare, în raport cu cei din vecinătatea lor, să fie neteziți, adică să ia valori apropiate de ale acestora. Acest filtru este un filtru trece – jos care elimină zgomotul de tip ninsoare, dar care antrenează o ușoară pierdere de rezoluție.

2.3 Operații spațiale

Operațiile spațiale se realizează asupra pixelilor din imaginea inițială, dar și asupra pixelilor din imediata lor vecinătate și sunt cele mai utilizate în prelucrarea primară a imaginilor numerice, în special pentru reducerea zgomotului și pentru extragerea liniilor de contur.

Una din metodele principale de procesare se bazează pe filtre (măști sau șabloane). De cele mai multe ori masca este o rețea bidimensională $n \times n$, în care influența fiecărui pixel este ponderată după anumite reguli. Tehnica bazată pe această metodă se numește **filtrare**. Nivelul de gri al pixelului central este evaluat prin însumarea ponderată a nivelului fiecărui pixel din matrice [10].

Aceasta poate avea diferite dimensiuni, iar pentru cazul în care n este egal cu 3 calculul se realizează conform relației :

$$r = \sum_{i=1}^9 w_i y_i \quad (3)$$

2.3.1 Filtrarea spațială

Îmbunătățirea calității imaginii cere, în principal, îndeplinirea următoarelor condiții:

- eliminarea zgomotului prin netezirea tranzițiilor de tip impuls în nivelul de gri;
- păstrarea contururilor, care apar ca tranziții de tip treaptă în nivelul de gri;
- rapiditate în efectuarea operațiunilor.

Deoarece filtrarea numerică globală nu îndeplinește cerința a doua, se adoptă metode numerice locale de reducere a zgomotului. Aceste metode sunt și mai ușor de implementat hardware (echipamente specializate funcționând în timp real) sau software.

Una dintre primele operații care trebuie efectuate asupra unei imagini achiziționate este netezirea. Obiectivul acesteia îl reprezintă eliminarea zgomotului sau a fluctuațiilor minore ale intensității în imagine. Uneori, netezirea urmărește și eliminarea unor structuri reale de dimensiuni mai mici decât o limită specificată, în scopul analizei sau compresiei de imagine. O problemă comună tuturor operatorilor de netezire este efectul lor de estompare a contururilor și eliminarea unor detalii ce pot conține detalii utile. În general, proiectarea operatorilor de netezire urmărește obținerea unui compromis cât mai bun între gradul de suprimare al zgomotului și păstrarea contururilor și a detaliilor fine.

2.3.1.1. Filtre de netezire

Filtrele de netezire se utilizează pentru estomparea și reducerea zgomotului. Estomparea se folosește în etapa de preprocesare pentru a șterge mici detalii dintr-o imagine, în special din obiectele mari, și de a face mici conexiuni peste goluri, în linii drepte sau curbe. Pentru netezire se pot folosi filtre liniare de tip trece jos sau neliniare de tip median.

1. Filtre spațiale de tip trece jos

Forma răspunsului în impuls în domeniul frecvență necesar pentru a implementa un filtru spațial de tip trece jos este ilustrată în figura 3. Se observă că toți coeficienții trebuie să fie pozitivi. Cel mai simplu aranjament pentru coeficienții măștii ar fi ca valorile coeficienților să fie egale cu unitatea. Se introduce și un coeficient de pondere egal cu numărul de coeficienți ($1/9$ în canalul măștii 3×3). Nucleul de filtrare liniară de netezire trebuie să satisfacă relația de normare:

$$\sum h(k, l) = 1 \quad (4)$$

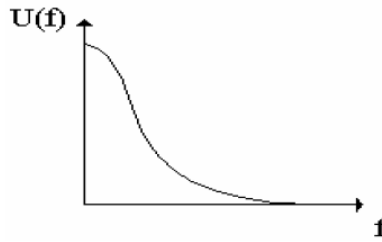


Figura 8 Răspunsul în domeniul frecvență al FTJ [10]

Filtrul trece jos este un filtru bazat pe valoarea medie, deoarece el înlocuiește valoarea nivelului de gri în punctul $(i, j) - f(i, j)$, cu valoarea medie a sa pe vecinătatea $[(2h + 1)(2h + 1)]$ a lui $(i, j) - g(i, j)$:

$$g(i, j) = \frac{1}{(2h+1)^2} \sum_{m=-h}^h \sum_{n=-h}^h f(i+m, j+n) \quad (5)$$

$i = h, h + 1, \dots, n_1 - 1 - h$; $j = h, h + 1, \dots, n_2 - 1 - h$.

Relația de mai sus se poate scrie ca produs de convoluție a două matrice, $[F_{ij}]$ și $[H]$:

$$G(i, j) = [F_{ij}] * [H] \quad (6)$$

unde :

$$[F_{ij}] = \begin{bmatrix} F(i-h, j-h) & \dots & F(i-h, j+h) \\ \dots & \dots & \dots \\ F(i+h, j-h) & \dots & F(i+h, j+h) \end{bmatrix}_{(2h+1) \times (2h+1)} \quad (7)$$

$$[H] = \frac{1}{(2h+1)^2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{(2h+1) \times (2h+1)} \quad (8)$$

Deoarece o creștere a ferestrei de mediere conduce la apariția neclarităților, de cele mai multe ori se preferă dimensiunea ferestrei 3×3 , adică $h=1$. În acest caz, $[H]$ devine:

$$[H] = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Creșterea dimensiunii ferestrei are un dublu efect: reduce zgomotul și face contururile mai slabe, neclare, deci scade informația conținută în imagine (produce o defocalizare). Aceasta conduce la necesitatea determinării unei ferestre corespunzătoare pentru fiecare aplicație.

2. Filtrul median

Una din principalele dificultăți la metoda netezirii o constituie faptul că muchiile și zonele bine conturate devin mai estompate, mai neclare (similar unei defocalizări). Dacă obiectivul îmbunătățirii imaginii este în principal reducerea zgomotului și mai puțin estomparea detaliilor, se poate folosi filtrul median. La acesta nivelul de gri se înlocuiește cu

mediana nivelurilor de gri a pixelilor vecini și nu se determină valoarea medie ca în cazul precedent. Acest tip de filtru este neliniar și se recomandă pentru conservarea detaliilor fine în cazul imaginilor cu zgomot puternic, cu componente cu bandă largă de frecvență.

Mediana m a unui set de valori este numărul pentru care jumătate din valori sunt mai mici decât m , iar celelalte sunt mai mari. Pentru a efectua o filtrare mediană, se sortează valorile pixelilor vecini, se determină mediana și cu ea se înlocuiește valoarea pixelului central. Pentru o fereastră 3×3 , mediana este a cincia valoare în ordine crescătoare, în cazul 5×5 , aceasta este a 13-a, ș.a.m.d.

În general, numărul de vecini pe o linie, n , se alege impar. Dacă n este par, atunci valoarea medianei se alege prin medierea aritmetică a celor două valori centrale.

Filtrul median are următoarele proprietăți [10]:

- este neliniar pentru două secvențe $x(m)$ și $y(m)$: $median(x(m)+y(m)) \neq median(x(m)) + median(y(m))$;
- se folosește pentru ștergerea liniilor sau pixelilor izolați (în general pentru zgomot de tip „sare și piper”);
- performanțele sunt slabe dacă numărul pixelilor de zgomot din fereastră este mai mare decât jumătate din numărul de pixeli ai ferestrei;
- pentru n impar, sunt necesare $30(n^2 - 1)/8$ comparații, de exemplu pentru $n=3$ (masca 3×3)
- numărul de comparații de efectuat pentru evaluarea unui pixel din imagine este 30, pentru $n=5$ rezultă 90 de comparații;
- dacă după o rulare se constată că filtrarea este insuficientă atunci se poate filtra încă o dată sau de mai multe ori, fără a afecta în rău conținutul imaginii; dacă se utilizează același procedeu și la filtrarea trece jos, atunci imaginea devine mai estompată.

Imagine original



Imagine cu zgomot “sare și piper”



Imagine filtrată cu filtru median



Figura 9 Imagine cu zgomot “sare și piper” și filtru median.

2.3.1.2. Filtre de accentuare

Principalul obiectiv al filtrelor de accentuare este de a scoate mai bine în evidență detaliile fine ale imaginii sau de a accentua detalii care au fost estompate sau de a micșora o serie de erori care au apărut ca efect al metodei de achiziție a datelor. Principalele aplicații ale metodei sunt întâlnite în editare (tipărire electronică), imaginerie medicală, control industrial, precum și în domeniul militar, în detecția țintelor de pe câmpul de luptă.

Filtru spațial trece sus de bază

Forma necesară răspunsului de impuls pentru a implementa o caracteristică de tip trece sus (accentuare) arată că filtrul trebuie să aibă coeficienți pozitivi în apropierea zonei centrale și negativi spre margini. O implementare a acestui tip de filtru se poate face cu ajutorul măștii 3x3 de mai jos:

$$m = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Când această mască se suprapune peste o suprafață constantă sau ușor variabilă, ieșirea este 0 sau variază foarte puțin. Acest filtru elimină componenta cu frecvență 0, ceea ce conduce la scăderea pronunțată a contrastului. Detaliile fine ale imaginii vor fi bine puse în evidență, dar contrastul general va scădea foarte mult.

Reducerea valorii medii a unei imagini la zero va face unele nivele de gri ale imaginii să fie negative. Deoarece sunt procesate numai valorile pozitive, rezultă că filtrarea trece sus presupune o scalare și/sau o limitare astfel ca nivelurile de gri să cuprindă gama $[0, L - 1]$. Procesând în valoare absolută datele, pentru a fi pozitive, valorile negative mari vor apărea strălucitoare pe imagine [10].

Deoarece o imagine filtrată cu FTS se poate calcula prin diferența dintre imaginea originală și imaginea filtrată cu FTJ, rezultă că:

$$FTS = Original - FTJ \quad (11)$$

O accentuare controlată a detaliilor se poate face dacă imaginea originală este ponderată cu o valoare A (supraunitară), ceea ce conduce la o restaurare spațială a componentelor de joasă frecvență:

$$FTS = (A)Original - FTJ = (A - 1)Original + FTS \quad (12)$$

În final, imaginea obținută seamănă mai mult cu cea originală și detaliile sunt mai bine conturate. Avantajul utilizării filtrării de accentuare este net mai bun decât filtrarea trece sus. Cu cât A crește, cu atât fondul imaginii se luminează mai mult. Dezavantajul acestei metode este că accentuează și zgomotul.

2.4 Pseudocolorarea imaginilor

O altă metodă de îmbunătățire a percepției vizuale în condițiile unor imagini cu contrast redus o constituie pseudocolorarea acestora. Deoarece ochiul uman distinge mult mai multe culori decât trepte de gri, este posibilă dinamica percepției vizuale prin codarea

informației în culori. În mod normal, ochiul este capabil să distingă ceva mai mult de 30 de nivele de gri, pe când în domeniul culorilor percepția vizuală este mult mai mare, ochiul putând distinge un număr foarte mare de culori. Sunt justificate, deci, preocupările de îmbunătățire a percepției vizuale prin transpunerea nivelelor de gri din imaginile alb-negru (monocrome) în spațiul culorilor. Cele mai utilizate metode în acest sens sunt colorarea falsă și pseudocolorarea. Colorarea falsă reprezintă transformarea unei imagini color în alta, pentru a obține un contrast mai mare de culoare.

Pseudocolorarea reprezintă transformarea unui set de imagini $u(m,n)$, într-o imagine color. Transformarea se face în așa fel, încât diferite caracteristici să se distingă prin culori diferite.

Obiectivul 3: Studiul tehnologiilor VLSI (FPGA) și utilizarea acestora în procesarea imaginilor

3.1 Generalități despre circuite FPGA

Industria dispozitivelor FPGA este, în prezent, cea mai profitabilă dintre ramurile industriei, două dintre cele patru companii din industria electronică de top fiind producătorii de FPGA-uri (Altera și Xilinx). Este, de asemenea, cea mai inovativă din punct de vedere tehnologic, actualmente cele mai noi procese de producție a semiconducătorilor fiind testate pe dispozitive FPGA. Succesul acestei industrii se datorează în primul rând unui nou mod de a pune problema: dispozitivele FPGA oferă elemente integrate de complexitatea celor posibile în circuitele integrate orientate pe aplicație de tip ASIC, cu avantajul programabilității, sau, mai bine zis, al configurabilității. Deși în denumirea FPGA apare cuvântul programabil, acesta duce cu gândul la un program software ce rulează pe un procesor și ce poate fi modificat. În ceea ce privește FPGA-urile, această situație este un caz particular nu foarte răspândit: de cele mai multe ori, sarcinile sunt executate în hardware pe FPGA. De aceea, este mai clar termenul configurabil în legătură cu posibilitatea de a redefini funcționalitatea îndeplinită de circuitul FPGA [11].

Faptul că dispozitivele FPGA pot constitui mașini de calcul performante a condus și la interesul acordat acestor dispozitive în domeniul procesării imaginilor digitale, domeniu în care algoritmi se pretează la paralelizare [12].

Avantajul principal pe care îl oferă FPGA-urile, precum și celelalte componente ale familiei circuitelor logice programabile, constă tocmai în programabilitatea lor. Aceasta implică posibilitatea de a configura un anumit circuit pentru o sarcină specifică, dar și de a reprograma același circuit pentru o utilizare ulterioară diferită.

Circuitele FPGA sunt dispozitive reconfigurabile care au o structură bidimensională de blocuri logice programabile distribuite pe toată suprafața cip-ului. Fiecare bloc logic este înconjurat de interconexiuni programabile care formează o matrice de conexiuni

programabile care realizează conectivitatea dintre blocuri. Datorită faptului că, atât rețeaua de conexiuni cât și blocurile logice sunt reprogramabile, utilizarea acestor circuite permite dezvoltarea de aplicații hardware specifice și în același timp modificarea funcționalității sistemului.

Anii '90 au fost o perioadă explozivă pentru dezvoltarea circuitelor FPGA, care au fost folosite la început, în telecomunicații și în rețele, iar la sfârșitul perioadei au fost introduse și în aplicațiile industriale, în industria de automobile și în medicină.

O tendință recentă este aceea de a combina blocurile logice și interconexiunile tradiționalului circuit FPGA cu un microprocesor integrat și diverse periferice pentru a forma un Sistem-on-Chip (SoC) programabil. Un astfel de hibrid poate fi găsit pe plăcile de tipul *Xilinx Virtex-II PRO* și *Virtex-6*, ce conțin unul sau mai multe procesoare *PowerPC* integrat în structura logică a FPGA-ului.

Tehnicile de programare actuale s-au dezvoltat și includ conexiuni pentru diverse platforme, precum MATLAB® și MATLAB®/Simulink®, care sunt mai cunoscute utilizatorilor ce doresc să dezvolte algoritmi pentru implementări DSP sau pentru prelucrarea imaginilor. Figura 10 prezintă o viziune a celor de la *Xilinx* privind modul în care pot interfața instrumente multiple pentru dezvoltarea sistemelor și modul în care inginerii pot să folosească limbajele cu care sunt obișnuiți.

În această diagramă se poate observa că sistemele de procesare a semnalelor bazate pe FPGA pot include o combinație de programe și limbaje: MATLAB®/Simulink®, cod Matlab și cod în limbajul HDL. Cu asemenea instrumente, se pot manipula resursele FPGA și există posibilitatea de implementare a tehnicilor de prelucrare a imaginilor în scopul asigurării unei viteze mari de prelucrare sau depășirea anumitor limitări fundamentale ale calculatoarelor.

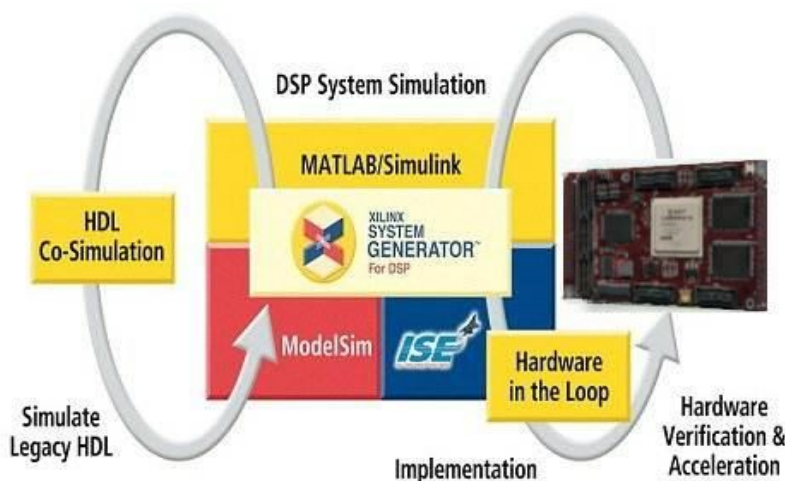


Figura 10 Accesare FPGA folosind System Generator (sursa: Xilinx)

Reconfigurarea circuitelor FPGA face posibilă trecerea printr-o serie de etape adaptate fiecărui pas de rezolvare a problemei, cu posibilitatea de alternare la comandă între diverse funcționalități.

3.2 Utilizarea circuitelor FPGA în procesarea imaginilor

Recent, tehnologiile FPGA au devenit o țintă viabilă pentru implementarea algoritmilor de procesare a imaginilor. Arhitectura unică a acestor circuite a permis tehnologiei să fie folosită în nenumărate aplicații ce cuprind toate aspectele procesării de imagini.

Dispozitivele FPGA reprezintă actualmente platforme pentru sisteme digitale complexe și oferă elemente computaționale din ce în ce mai sofisticate și mai numeroase. Termenul FPGA, tradus prin matrice sau arie de porți logice re-programabilă, are o conotație mai mult istorică, pentru că dispozitivele FPGA nu mai sunt doar circuite reconfigurabile ce pot implementa funcții logice complexe, cum erau la apariția lor, când se utilizau ca logică de legătură în sistemele cu procesor. În prezent, pe un FPGA se integrează blocuri de memorie RAM și multiplicatoare hardware sau chiar celule DSP bazate pe operația combinată înmulțire-acumulare (MAC). Pe lângă faptul că densitatea de integrare a dus la construirea de dispozitive FPGA cu milioane de porți logice echivalente, aceste elemente computaționale avansate (pe un FPGA pot fi de la câteva zeci la câteva mii de celule DSP) permit transformarea FPGA-ului într-o mașină de calcul extraordinară. Așadar, FPGA-ul poate constitui unitatea de procesare a sistemului încorporat. Aceasta se poate realiza prin implementarea algoritmului de control direct în hardware pe FPGA, deși se poate apela și la varianta clasică: în FPGA se poate implementa un procesor soft, iar pe acesta va rula în software algoritmul. [11]

Circuitele FPGA sunt în mod inerent paralele deoarece implementează logica cerută de o aplicație prin blocuri hardware separate pentru fiecare funcție. Acest lucru le dă viteză mare, care rezultă din design-ul hardware, păstrând în același timp și flexibilitatea reprogramării software la un cost relativ scăzut. Acest lucru face ca FPGA-urile să poată fi adaptate pentru procesarea de imagini, în special la nivelul scăzut și intermediar [18].

Circuitele FPGA se pot folosi în aplicații în orice domeniu sau algoritm ce necesită folosirea reconfigurării oferite de arhitectura sa. Un astfel de domeniu este cel al aplicațiilor ce necesită calcule de înaltă performanță unde nucleele computaționale ca FFT sau convoluția sunt executate pe circuitele FPGA în locul microprocesoarelor. Flexibilitatea acestor circuite permite o performanță mai ridicată prin numărul crescut al unităților aritmetice paralele. Aceasta a permis dezvoltarea unui nou tip de procesare numit calcul reconfigurabil, unde task-urile riguroase din punct de vedere temporar sunt transportate din software în hardware folosind FPGA. [11], [17], [18]

O tehnică mai dificilă, dar mai puternică, de a utiliza posibilitatea de reconfigurare a unui circuit este realizarea unui hardware care se poate auto-configura în timp ce execută o sarcină și de a-și schimba programarea pentru a obține o performanță mai mare. Un exemplu ar fi un circuit destinat recunoașterii formelor care s-ar adapta în urma încercării de a identifica un obiect. Reconfigurarea inițială a unui astfel de circuit se va face pe baza procedurilor precalculate, dar va veni și momentul când programul se va optimiza pe sine însuși, în mod inteligent [13], [16].

Sistemele bazate pe FPGA-uri tind să aibă un rol tot mai important în aplicațiile ce necesită o putere de calcul mare, aceasta fiind de obicei o cerință de bază în sistemele ce operează în timp real. Operațiile simple la nivel de pixeli, care se regăsesc în multe dintre tehnicile de prelucrare și analiză a imaginilor, ca de exemplu îmbunătățirea, filtrarea, marcarea digitală a imaginilor, recunoașterea formelor, compresia imaginilor ș.a., se pretează foarte bine la folosirea FPGA-urilor.

3.3 Programarea unui circuit FPGA

În zilele de pionierat ale calculatoarelor electronice se utiliza așa-zisa programare nestructurată, iar operatorii având doar o concepție vagă despre ceea ce vor să facă, generau codul necesar funcționării calculatorului sintetizându-l din rutine simple. Proiectarea generală a aplicației era realizată în paralel cu conceperea programelor, iar modulele se dezvoltau "de jos în sus" (*bottom-up*), implementând mai întâi rutinele simple, iar pe baza acestora se construiau rutinele de nivel mai înalt.

În anii '70 conceptul de programare structurată „de sus în jos” (*top-down*) a fost folosit tot mai mult în conceperea unui program. Un program structurat este un program care după terminarea unei instrucțiuni trece la următoarea, iar întoarcerea nu este permisă și astfel programul devine mult mai ușor de urmărit. Acest tip de programare are două mari avantaje:

- Fiecare interfață lucrează cu subrutine simple ce primesc sau returnează parametri;
- Procesul este ușor de implementat încă din faza analizei și dezvoltării aplicațiilor.

Programarea structurată folosește tehnici de codare standardizate și se bazează pe o organigramă sau schemă logică care este elaborată pe baza unor subfuncții. Astfel, programarea devine mai organizată, dar și mai restrictivă pentru programator, rezultatul fiind un produs mai ușor de citit, testat, modificat și depanat.

Pentru proiectarea sistemelor complexe, principiul modularității este esențial. Acest principiu se bazează pe conceptele de ierarhizare și regularitate. Ierarhizarea împarte un sistem mare sau complex în entități mai ușor realizabile denumite module. Regularitatea este direcționată spre maximizarea reutilizării modulelor deja proiectate. [17]

O bună modelare și ierarhizare a unui sistem, precum și folosirea de module deja existente, poate reduce timpul de proiectare mult mai mult decât o stăpânire perfectă a uneltelor de proiectare.

Principiul modularității poate însemna și folosirea de blocuri IP deja proiectate, testate și sintetizate de alți proiectanți. În această categorie intră, de exemplu, procesoarele soft și blocurile IP destinate operațiilor specifice DSP.

Un modul poate fi definit ca un element al unei biblioteci, ce poate fi instanțiat direct, fără a trebui proiectat sau modificat. Astfel, reutilizabilitatea constă în folosirea elementelor de bibliotecă cele mai potrivite pentru o anumită aplicație. Modulele pot fi împărțite în biblioteci de diferite nivele de abstracție, de exemplu la nivel RTL sau la nivel

comportamental (behavioral). Reutilizabilitatea poate fi întâlnită la nivel de descriere HDL (Hardware Description Language), la nivel de captură de schemă sau la nivele de proiectare mai abstracte.

Din acest motiv, în cadrul sistemului configurabil de filtre proiectat s-au definit module separate, sub forma unor șabloane, descrise la nivel comportamental, pentru cele patru filtre din componența sistemului. Astfel, oricare dintre filtrele din componența sistemului poate fi înlocuit cu ușurință, oferind sistemului proprietăți ca: repetabilitate, reproductibilitate și flexibilitate.

Programarea convențională a circuitelor FPGA [19] poate fi descrisă prin următoarea succesiune de pași, prezentați și în Figura 6:

1. Descrierea sistemului denumită și Design Entry – pentru definirea comportamentului circuitului FPGA, utilizatorul poate furniza un proiect schematic sau un cod sursă scris într-un limbaj de descrierea hardware, cum ar fi: Verilog sau VHDL;
2. Verificarea/testarea sistemului – constă în rularea unui program de sinteză care permite trecerea de la codul sursă HDL la descrierea cu porți logice și modul acestora de conectare:
 - a. Se poate realiza și verificarea sistemului, prin simularea funcțională cu ajutorul vectorilor de test generați prin intermediul modulelor de test numite module testbench;
 - b. Se generează fișierele de tip netlist;
3. Implementarea sistemului:
 - a. Etapa de rutare și plasare folosind programe speciale, *Map, Place and Route tool, Fitter*, pentru a plasa porțile logice și a ruta interconexiunile într-un circuit FPGA:
 - i. Circuitul FPGA conține mai multe blocuri logice configurabile (CLB), care la rândul lor sunt formate din tabele de căutare (LUT), iar acestea pot fi interconectate cu ajutorul unor resurse de conectare-rutare de tipul unor matrici de conectare;
 - ii. Programul *Fitter* asignează porțile din netlist diverselor tabele de căutare, apoi le asignează pe acestea CLB-urilor și, în același timp, configurează și matricele de conectare prin închiderea sau deschiderea comutatoarelor pentru a interconecta porțile conform conectivității descrise în netlist;
 - iii. La final, după implementare, se poate face și o verificare complexă a circuitului, luându-se în considerare și timpii de propagare, rezultând o analiză de timp (*Timing Analysis*);
4. Generarea fișierului *Bitstream* - un program special va extrage starea elementelor de comutație din matricele de rutare și va genera o descriere sub forma unui șir de biți denumit bitstream. Fișierul de tip Bitstream generat poate fi transformat și într-un fișier de tip JEDEC, a cărui formă și conținut sunt standardizate, și conținând și alte informații;

5. Programarea circuitului – se realizează încărcarea fișierului Bitstream în circuitul reconfigurabil FPGA cu ajutorul unui program dedicat, iar după realizarea programării, circuitul se va comporta conform descrierii din sursa HDL.

Există diverse metode de descriere a unui sistem, iar Figura 11 ilustrează principalele metode: prin scheme logice, prin limbaje de descriere hardware (HDL) și prin diagrame de stare.

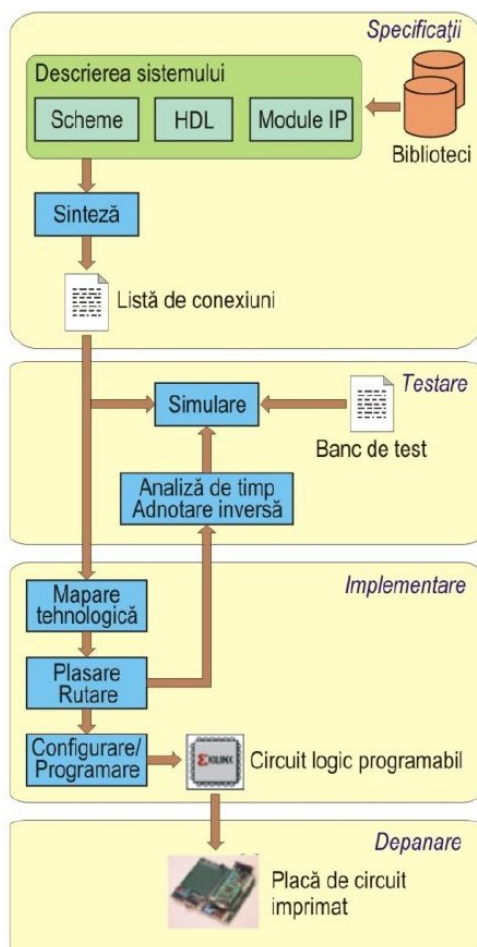


Figura 11 Fluxul de proiectare a sistemelor digitale utilizând circuite logice programabile [20]

În mod tradițional, sistemele sunt descrise prin scheme logice, pentru care se utilizează un editor schematic, care permite specificarea componentelor care trebuie utilizate și a modului în care acestea trebuie interconectate.

În Figura 11, modulele IP (*Intellectual Property*) reprezintă module hardware complexe care sunt testate și care pot fi utilizate în diferite proiecte pentru a reduce în mod semnificativ timpul de proiectare.

Pentru programarea circuitelor FPGA se folosesc, în mod curent, limbajele de descriere a hardware-ului (HDL), dintre care cele mai răspândite sunt VHDL și Verilog.

Limbajele de descriere hardware sunt preferate de proiectanți pentru că permit descrierea sistemelor cu complexitate ridicată și datorită următoarelor avantaje [19], [20]:

- Posibilitatea unei descrieri funcționale a sistemelor, sub forma unei descrieri de nivel mai înalt, fără detalierea structurii, reducându-se în mod semnificativ timpul necesar pentru descrierea sistemelor complexe;
- Independența descrierilor HDL - descrierile HDL sunt complet independente de un anumit circuit, iar acest lucru ne permite utilizarea unei descrieri în mai multe proiecte, ca de exemplu pentru implementarea sistemului într-un circuit FPGA, dar și într-un alt tip de circuit logic programabil;
- Ușurința modificării unei descrieri HDL a unui sistem, datorită faptului că orice descriere reprezintă în același timp și o documentare a sistemului.

3.4 Studiu de caz: Implementarea unor metode de filtrare a imaginilor utilizând limbajul Verilog

Prelucrarea imaginilor digitale presupune folosirea unor tehnici exprimate sub forma unor algoritmi și cu excepția achiziției și redării imaginilor, majoritatea operațiilor de prelucrare sunt implementate la nivel software.

În continuare sunt prezentate câteva metode de filtrare a imaginilor descrise folosind limbajul de descriere hardware, Verilog, limbaj ce permite implementarea descrierilor, la nivel hardware, folosind circuite reconfigurabile FPGA. Avantajul acestor sisteme implementate la nivel hardware este obținerea unei viteze de procesare net superioare și nu necesită un procesor de semnal dedicat (DSP).

Pentru modelarea și optimizarea metodelor de filtrare a imaginilor folosind limbajul Verilog, s-a utilizat programul *Xilinx ISE Design Suite*, versiunea 14.4, iar pentru aplicarea stimulilor și simularea descrierilor s-a utilizat componenta acestuia, *ISIM Simulator*.

În scopul realizării simulării folosind componente *ISIM Simulator* care necesită aplicarea unor stimuli sub forma numerică asupra sistemului descris în Verilog am dezvoltat o aplicație în C#, denumită *DIP Verilog* (Figura 12), care permite încărcarea unei imagini din formatul *BITMAP* și generează un fișier de stimuli care conține informația numerică.

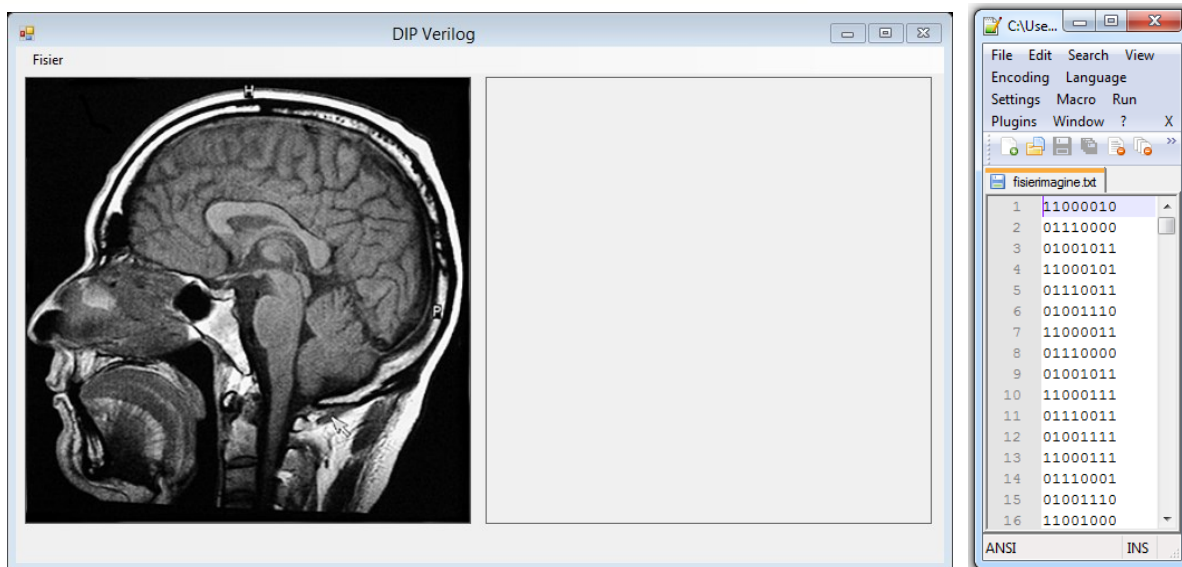


Figura 12 Aplicația DIP Verilog și fișierul cu stimuli generat

În continuare sunt prezentate câteva metode de filtrare folosite în preprocesare pentru îmbunătățirea calității imaginilor, descrise direct în limbajul Verilog:

- Binarizarea unei imagini;
- Inversarea imaginii;
- Pseudocolorarea folosind o singură culoare;
- Pseudocolorarea folosind trei culori (RGB).

Aceste filtre descrise la nivel RTL folosind limbajul Verilog au fost simulate cu componenta ISIM Simulator și aplicate asupra unor imagini medicale pentru a evidenția anumite zone de risc (tumori).

3.4.1 Filtrul de binarizare

Binarizarea sau prăguirea (*thresholding*) imaginilor este un caz special al întinderii maxime a contrastului. Această operație are ca obiectiv obținerea unei imagini alb-negru dintr-o imagine care conține și alte nuanțe nedorite.

Vectori de intrare:

- intrare de ceas *clk*, activă pe front pozitiv;
- *reset* - inițializează sistemul;
- *data_in_ready* - semnalizează disponibilitatea blocului de a primi date pe intrările Rin, Gin, Bin;
- *threshold* - reprezintă valoarea de prag variabilă;
- *Rin*, *Gin*, *Bin* - date de intrare reprezentate prin trei vectori pe 8 biți, corespunzători celor trei componente RGB.

Vectori de ieșire:

- *ready* - semnalizează disponibilitatea datelor pe ieșirile Rout, Gout, Bout;

- *Rout, Gout, Bout* - date de ieșire reprezentate prin trei vectori pe 8 biți, corespunzători celor trei componente RGB.

În cazul binarizării imaginii s-a folosit doar o valoare de prag variabilă, threshold. În cazul în care valoarea nivelului de gri obținut este mai mare decât pragul setat pe intrarea threshold, valorile Rout, Gout, Bout sunt setate la nivelul de gri cu valoarea 255 (alb). În caz contrar valorile Rout, Gout, Bout sunt setate la nivelul de gri cu valoarea 0 (negru), realizându-se astfel o binarizare a imaginii (se obține o imagine alb-negru).

În continuare este prezentat codul Verilog pentru sistemul de binarizare a unei imagini:

Cod Verilog - Binarizarea unei imagini

```
input clk;
input reset;
input data_in_ready;
input [7:0] threshold;
input [7:0] Rin;
input [7:0] Gin;
input [7:0] Bin;
output reg [7:0] Rout;
output reg [7:0] Gout;
output reg [7:0] Bout;
output reg ready;
always@ (posedge clk)
begin
    if(reset == 1)
        ready = 1;
    if(data_in_ready == 1)
        begin
            ready = 0;
            value2 = (Rin + Gin + Bin) / 2;
            value4 = (Rin + Gin + Bin) / 4;
            value = (value2 + value4) / 2;

            if (value > threshold)
                begin
                    Rout = 255;
                    Gout = 255;
                    Bout = 255;
                end
            else
                begin
                    Rout = 0;
                    Gout = 0;
                    Bout = 0;
                end
            ready = 1
        end
end
```

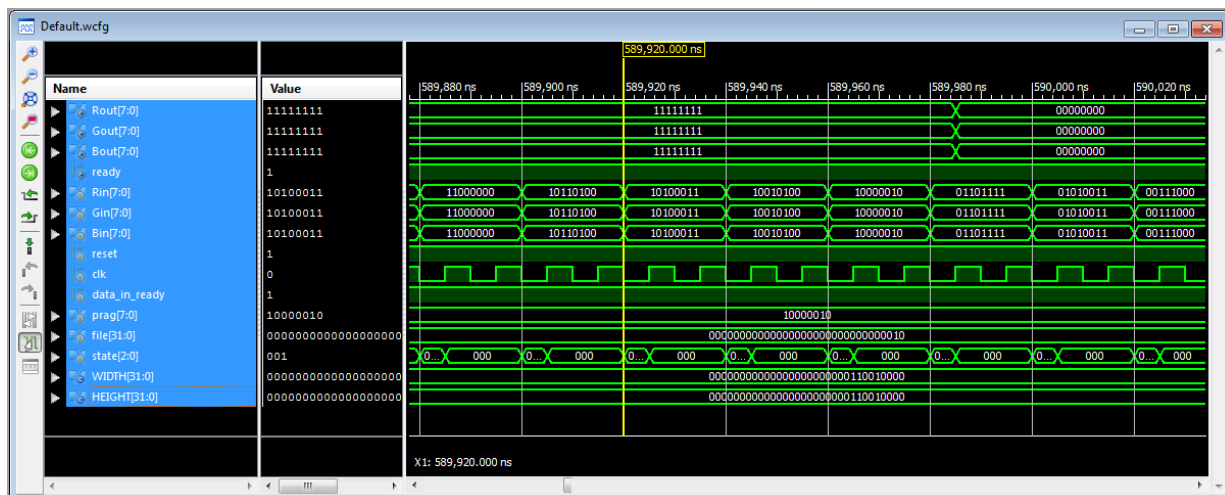


Figura 13 Rezultatul filtrului de binarizare aplicat unei imagini, generat de ISIM Simulator

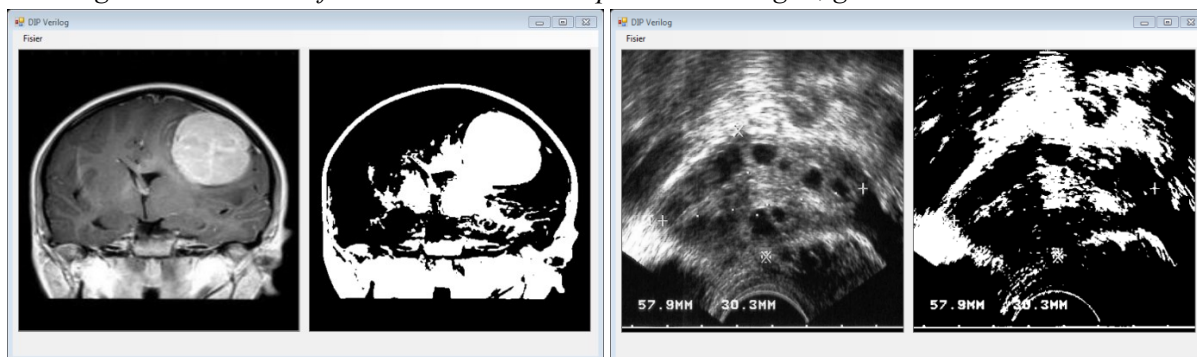


Figura 14 Filtrul de binarizare:
imaginea originală (stânga); negativul imaginii (dreapta)

3.4.2. Filtrul de inversare

Negativul unei imagini se obține prin inversarea ordinii nivelelor de gri. Asemenea inversiuni sunt foarte utile în analiza imaginilor medicale, în care imaginile trebuie inversate pentru o analiză automată.

În cazul sistemului de inversare a unei imaginii, ieșirile *Rout*, *Gout*, *Bout* sunt obținute prin diferența dintre valoarea maximă (255) și valoarea nivelului de gri a pixelilor din imagine.

În continuare este prezentat Codul Verilog pentru sistemul de inversare a unei imaginii:

Cod Verilog - Inversarea imaginii

```
always@ (posedge clk)
begin
    if(reset == 1)
        ready = 1;
    if(data_in_ready == 1)
        begin
            ready = 0;
            value2 = (Rin + Gin + Bin) / 2;
            value4 = (Rin + Gin + Bin) / 4;
            value = (value2 + value4) / 2;
            Rout = 255 - value;
            Gout = 255 - value;
```

```
Bout = 255 - value;
ready = 1
end
end
```

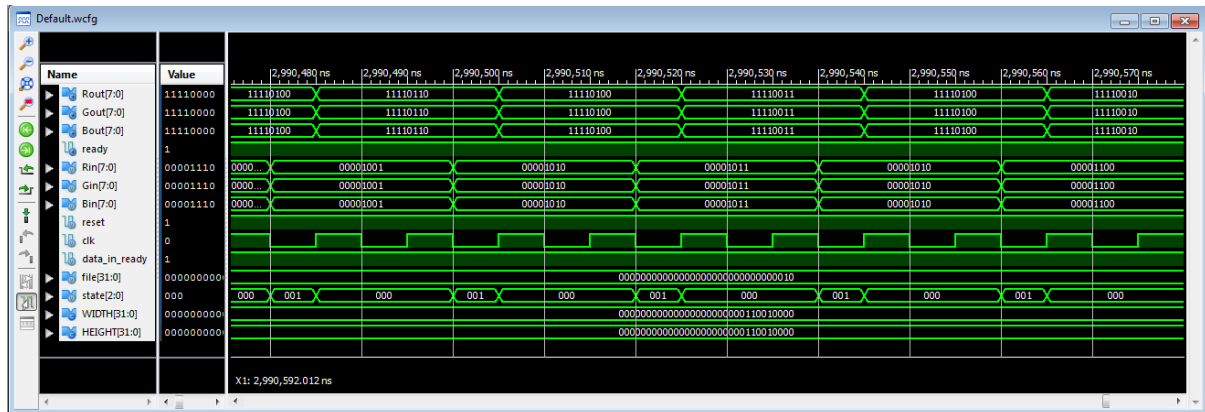


Figura 15 Rezultatul inversării imaginii

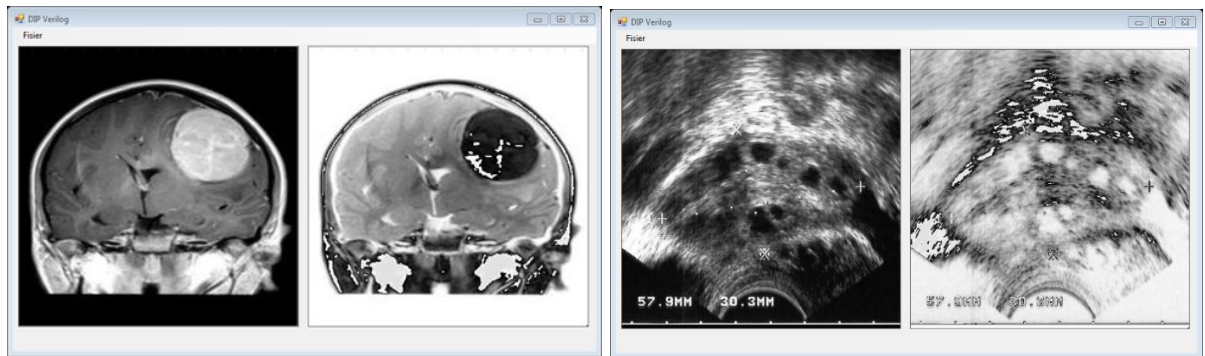


Figura 16 Operatorul de inversare:
imaginea originală (stânga); negativul imaginii (dreapta)

3.4.3 Filtrul de colorare falsă (pseudocolorare)

Pseudocolorarea este o tehnică de îmbunătățire a vizibilității anumitor componente ale imaginii sau a imaginii în ansamblu prin modificarea paletei de culoare cu care imaginea este afișată. Ideea de bază în pseudocolorare este de a folosi culori pentru a pune în evidență zone de interes din imaginile cu nivele de gri.

În cazul aplicării pseudocolorării, imaginea va fi vizualizată cu o tabelă de culoare diferită de paleta originală de niveluri de gri. Această paletă nouă poate fi construită după orice fel de reguli: de exemplu, în cazul prezentat în continuare toți pixelii cu nivelul de gri cuprins între 10 și 100 vor fi afișați cu culoarea roșie, RGB (255, 0, 0).

Cod Verilog - Pseudocolorare

```
always@(posedge clk)
begin
    if(reset == 1)
        ready = 1;
        if(data_in_ready == 1)
            begin
```

```

ready = 0;
value2 = (Rin + Gin + Bin) / 2;
value4 = (Rin + Gin + Bin) / 4;
value = (value2 + value4) / 2;
if (value >= 10 && value <= 100)
begin
Rout = 255;
Gout = 0;
Bout = 0;

end
else
begin
Rout = value;
Gout = value;
Bout = value;

end
ready = 1
end
end

```

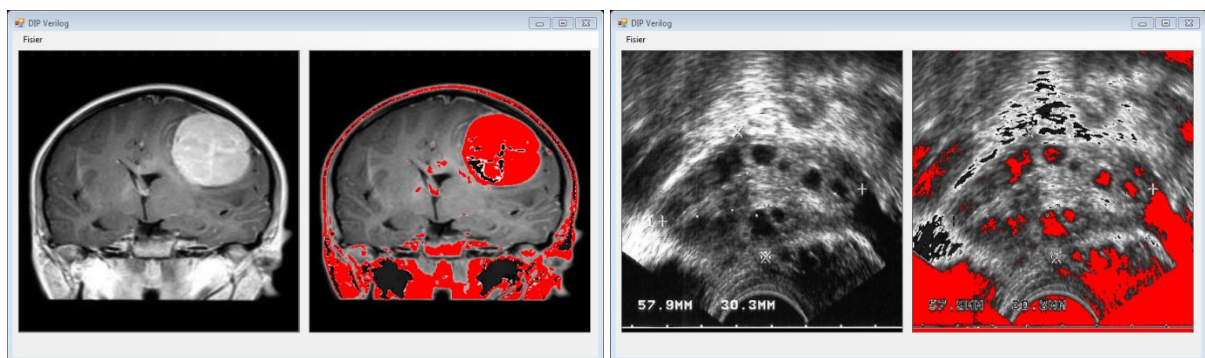


Figura 17 Operatorul de pseudocolorare cu o singură culoare (Roșu):
imaginea originală (stânga); imaginea generată (dreapta)

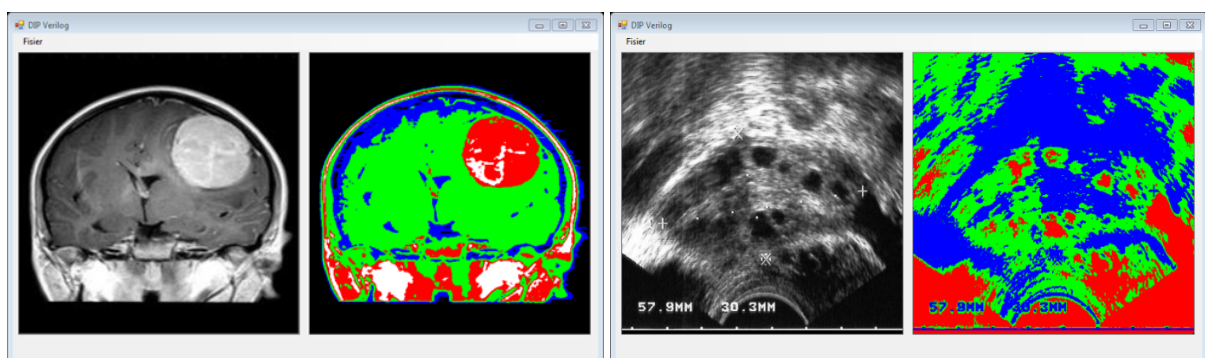


Figura 18 Operatorul de pseudocolorare cu 3 culori (RGB):
imaginea originală (stânga); imaginea generată (dreapta)

3.4.4 Testarea descrierilor

Proiectele descrise folosind limbajul de descriere hardware Verilog au fost testate folosind metoda fișierului de testare, denumit *TestBench*. Acest fișier de test conține următoarele elemente:

- Interfața cu proiectul testat, numit Unitate de Test (UUT), care poate fi formată din unul sau mai multe module Verilog;
- Semnalele de test denumiți stimuli;
- Sistemul de monitorizare a răspunsului unității UUT la stimulii aplicați.

Stimulii care au fost aplicați modulelor testate sunt furnizați de către un modul extern, reprezentat de un fișier extern de tip **.txt*, care conține imaginea sub forma a trei vectori cu dimensiunea de 8 biți, asociați. Acești stimuli sunt citiți din fișierul extern (*fisierimagine.txt*). Pentru citirea datelor din fișierul extern s-a folosit task-ul sistem *\$readmemb*. Acest task încarcă conținutul unui fișier cu valori reprezentate în binar într-o memorie.

Evoluția în timp a semnalelor de stimul s-a specificat într-un mod secvențial, în interiorul unor blocuri de tip *initial* și *always*. Blocurile de tip *initial* permit generarea unei secvențe de valori de intrare și simularea într-o durată de timp determinată, iar blocul *always* permite realizarea unor bucle infinite.

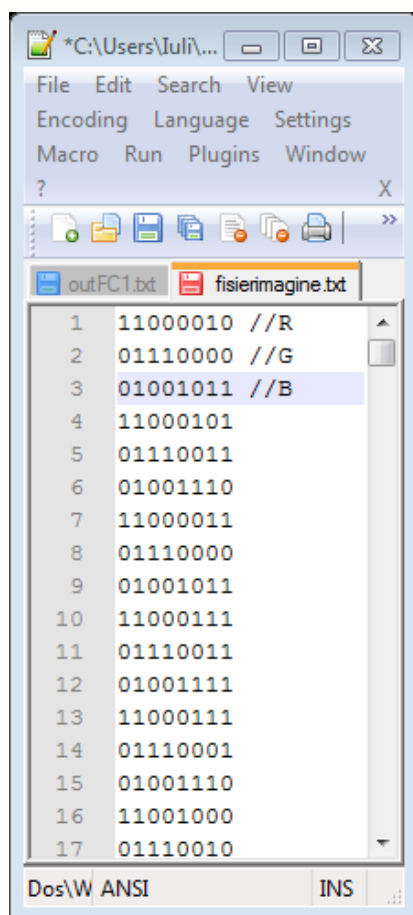
Pentru vizualizarea imaginii filtrate utilizând aplicația dezvoltată DIP Verilog semnalele de ieșire generate prin intermediul simulatorului *ISIM Simulator* și afișate ca forme de undă într-o fereastră *Wave*, au fost scrise și salvate într-un fișier extern de tip **.txt*.

Cod Verilog - Citirea datelor dintr-un fișier cu stimuli

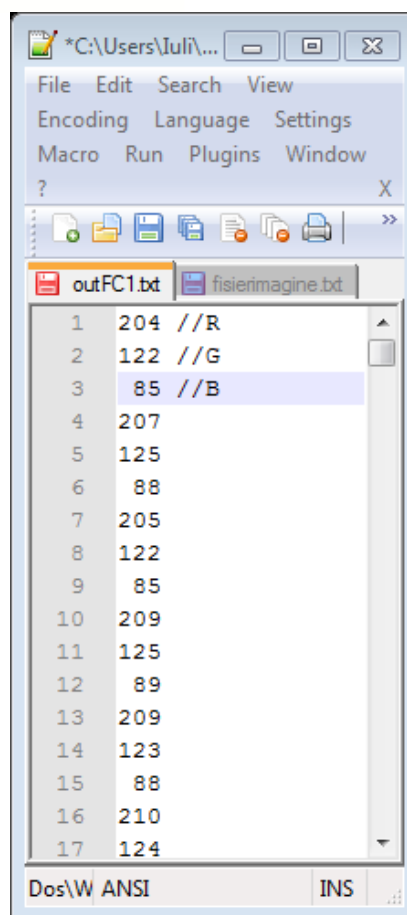
```
parameter WIDTH = 400;
parameter HEIGHT = 400;
reg[7:0] RGB[(WIDTH*HEIGHT*3)-1:0];
initial begin
    ...
    $readmemb("fisierimagine.txt", RGB);
    ...
end
```

Cod Verilog - Scrierea datelor într-un fișier extern

```
reg [2:0] state;
file = $fopen("outFiltruGri.txt");
always@(posedge clk)
begin
    #5
    ...
    if(ready == 1 && state == 1)
    begin
        $fstrobe(file,"", Rout);
        $fstrobe(file,"", Gout);
        $fstrobe(file,"", Bout);
        state = 0;
    end
end
```

a)



b)

Figura 19 Fișiere externe folosite în testarea metodelor de prelucrare a imaginilor
a) fișierul cu imaginea digitală originală (stânga); b) fișierul cu imaginea obținută după aplicarea unui filtru de prelucrare descris în Verilog (dreapta)

Concluzii

Multe aplicații de procesare a imaginii necesită procesări complexe pentru a rezolva probleme în mod optim. Acest lucru implică tehnici de procesare variabile în timp, ce implică timp de procesare și cerințe în ceea ce privește memoria, ce pot fluctua considerabil pe durata execuției. Ariile logice programabile, suportând reconfigurabilitatea și paralelismul, au devenit candidatul ideal pentru algoritmi de prelucrare foarte complecși.

Principalele avantaje ale utilizării acestui hardware reconfigurabil sunt ușurința programării, posibilitatea de reconfigurare dinamică, parțială sau totală și costul scăzut.

Datorită acestor avantaje implementarea de algoritmi la nivel hardware reprezintă o nouă abordare în prelucrarea digitală a imaginii. Astfel, algoritmi de prelucrare a imaginilor, implementați la nivel hardware, utilizează capacitățile de reconfigurare ale tehnologiei FPGA în scopul obținerii unui timp optim de procesare în timp real și cu o intervenție cât mai mică a utilizatorului.

Obiectivul 4 : Sisteme *healthcare*

Ca parte conexă, proiectul își propune și studierea sistemelor *healthcare* pentru asistarea la domiciliu a pacienților cu boli neurologice și dezvoltarea de dispozitive de monitorizare la distanță a pacienților.

4.1 Studiu de caz: Implementarea unui sistem de achiziție a semnalului de tremur

Boala Parkinson (PD) este o tulburare neurodegenerativă care implică deteriorarea și moartea celulelor nervoase din creier. Unii dintre acești neuroni produc dopamina, care este un produs chimic ce trimite mesaje către partea creierului care controlează mișcarea și coordonarea.

PD este un sindrom complex, care se caracterizează prin simptome ca: tremur, rigiditate, bradikinezie (mișcare lentă) și instabilitate postură. La aproximativ jumătate dintre pacienții cu Parkinson tremurul este principalul simptom vizibil, iar la 10% dintre pacienți simptomul de tremur poate fi absent. Studiile sugerează că medicii nu pot da un diagnostic precis la aproximativ 10% dintre pacienții cu Parkinson până când simptomele nu devin mai severe. Tremurul de repaus este una dintre caracteristicile cardinale ale acestei boli [26]. Atât pentru majoritatea pacienților cât și pentru medici este un simptom definitoriu al bolii.

În cadrul acestei secțiuni a proiectului de cercetare am colaborat cu colegi din cadrul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava și cu profesorul Ales PROCHASKA din cadrul Institutului ICT Praga, Departamentul “Computing and Control Engineering”.

În această parte conexă a proiectului de cercetare este prezentată dezvoltarea unui sistem inteligent pentru diagnosticul simptomului de tremur, care achiziționează semnalele de tremur cu ajutorul senzorului accelerometric încorporat în telecomanda Wiimote™. În cadrul analizei de semnal s-au luat în considerare doar intervalele de semnal de tremur cuprinse între frecvențele 3 și 15 Hz, deoarece tremurul normal (N) este înregistrat între 5 și 12 Hz, iar tremurul Parkinson între 4 și 6 Hz.

4.1.1 Achiziționarea semnalului de tremur folosind senzori inteligenți

Tremurul poate fi achiziționat prin mai multe metode. În literatura de specialitate sunt raportate metode de achiziție a semnalului de tremur bazate pe:

- senzori capacitivi,
- inductivi,
- senzori accelerometrici (1-D, biaxiali sau triaxiali),
- senzori de viteză,

- 37

Există mai multe tipuri de accelerometre. Două dintre cele mai comune sunt bazate pe efectul piezoelectric sau variația de capacitate. În cazul primului tip, un cristal microscopic, sensibil la forțele de accelerație, generează o tensiune care poate fi măsurată. Accelerometrul ce funcționează pe principiul diferenței de capacitate are în componența sa două microstructuri poziționate astfel încât să existe o anumită capacitanță între ele. Forțele de accelerație mută aceste structuri, modificând capacitatea și totodată permit ca această variație să fie transformată într-o tensiune măsurabilă. În măsurarea tremurului folosind accelerometri, unul sau mai mulți senzori sunt fixați pe partea afectată, de exemplu, pe degete sau pe regiunea dorsală a mâinilor pentru a măsura mișcările cauzate de tremur. În Figura 21 este prezentat un exemplu de semnal de tremur de măsurat de la un subiect normal și de la un subiect cu boala Parkinson.

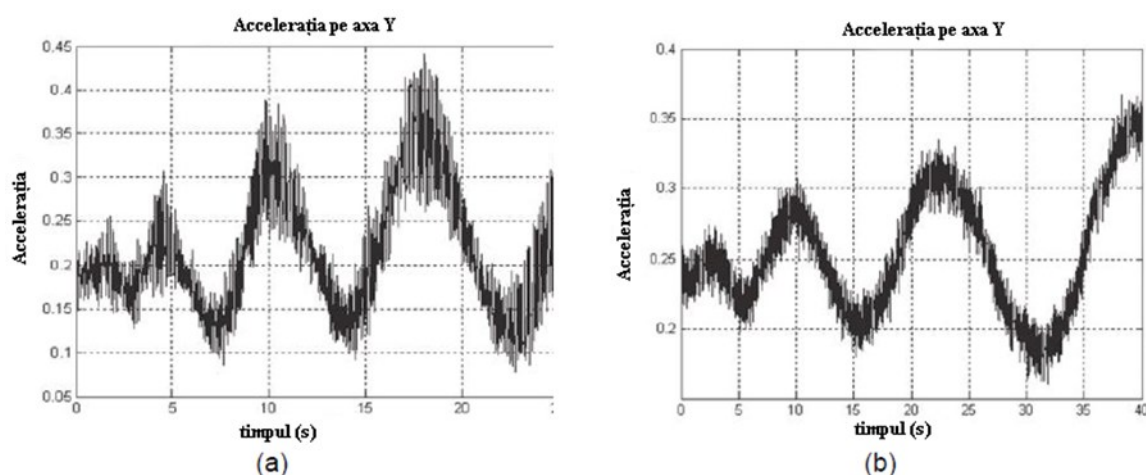


Figura 21 Exemplu de măsurare al tremurului folosind un senzor accelerometric [32]
(a) Subiect cu tremur specific bolii Parkinson; (b) Subiect fără tremur specific.

WiiTM (Nintendo Co, Ltd.) este o consolă de jocuri. O componentă importantă a consolei o reprezintă telecomanda cunoscută sub numele de WiimoteTM. Această telecomandă are în componența sa un senzor de imagine IR care poate urmări până la cinci obiecte simultan, conexiune *Bluetooth*, și conține și un accelerometru cu trei axe de la ADI (*Analog Devices Inc.*). Accelerometrul (ADXL330) are o gamă minimă de măsurare de $\pm 3g$, suficient pentru înregistrarea semnalului de tremur.



Figura 22 Telecomanda WiimoteTM

Accelerometrul (ADXL330): triaxial, cu ieșiri analogice ce măsoară accelerația până la $\pm 3g$ (la capăt de scală). Poate măsura atât accelerația statică gravitațională, cât și accelerația dinamică rezultată din mișcare, vibrații sau șocuri mecanice.

Principalele caracteristici ale accelerometrului ADXL330 sunt:

- Tensiune de alimentare redusă: 1,8-3,6V;
- Consum redus de curent: $< 320\mu A$;
- Neliniaritate max. 0,3%FS;
- Sensitivitate: max. 330mV/g la tensiunea de alimentare $V_s=3V$ [33].

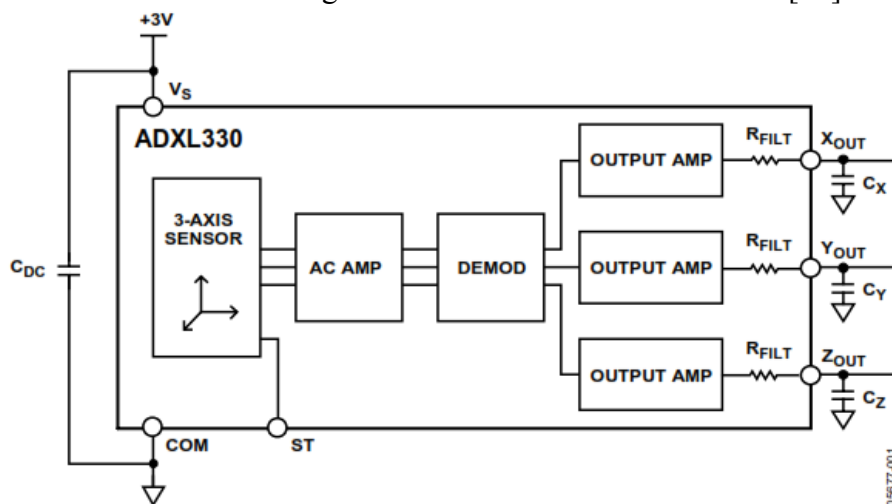


Figura 23 Blocul funcțional al sistemului de măsurare al accelerometrului [33]

Lățimea de bandă a accelerometrului se selectează utilizând condensatoarele C_X , C_Y , C_Z și pinii X_{OUT} , Y_{OUT} și Z_{OUT} . Lățimea de bandă poate fi selectată pentru a corespunde cererii, dintr-o gamă de la 0,5Hz la 1600Hz pentru axele X și Y, și o gamă de la 0,5Hz până la 550Hz pentru axa Z [33].

4.1.3 Interfața cu utilizatorul pentru sistemul de achiziție a semnalului de tremur

În continuare este prezentată interfața cu utilizatorul pentru sistemul de achiziție al tremurului. Pentru implementarea acestei interfețe s-a folosit limbajul *HTML* și *PHP*. Sistemul colectează valorile accelerației cu ajutorul senzorului accelerometric din componența telecomenzii *WiimoteTM* și le transmite, utilizând conexiunea *BluetoothTM*, către un calculator. Datele sunt apoi încărcate automat, pentru analize suplimentare, pe un server folosind protocolul *FTP*.

Pentru achiziția simptomului de tremur subiectul trebuie să urmeze etapele specificate în continuare:

Etapa 1: Se descarcă fișierele executabile (*wiipair.exe* și *parkinwiidatacollection.exe*) accesibile pe pagina web a sistemului;

Etapa 2: Se lansează executabilul *wiipair*. După instalarea aplicației *wiipair* se apasă scurt butonul roșu pentru sincronizare (SYN), aflat în spatele capacului compartimentului pentru baterii de pe partea din spate al telecomenzii *Wiimote*, pentru a permite conexiunea dintre telecomandă și PC/laptop;

Etapa 3: Se execută fișierul *parkinwiidatacollection.exe*.

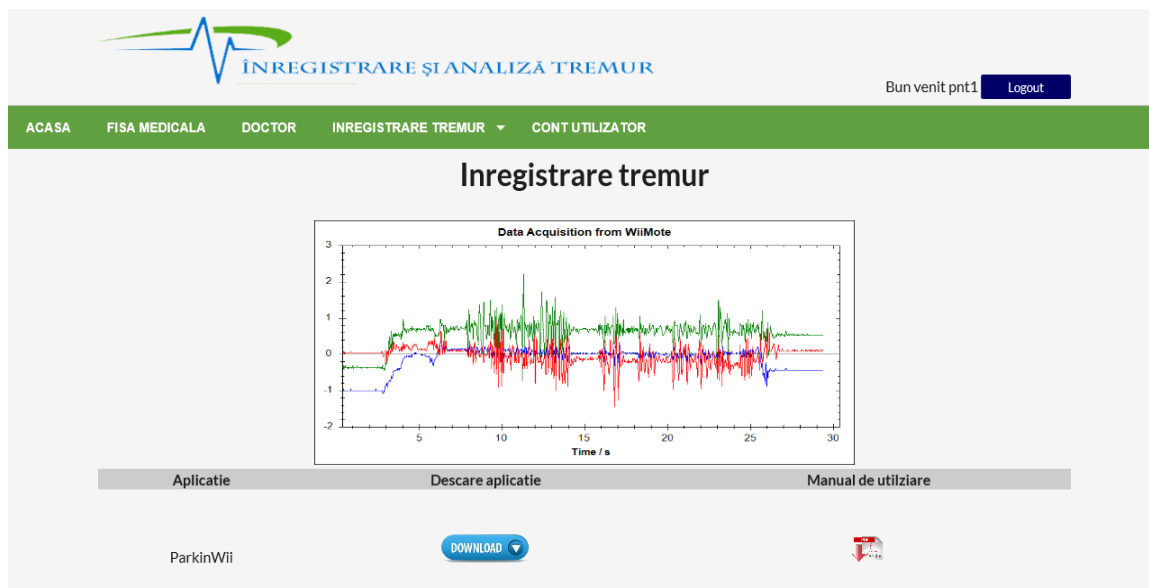


Figura 24 Interfața utilizator pentru măsurarea simptomului de tremur

Etapa 4: Se deschide un program de navigare (Internet Explorer, Google Chrome etc.) și se introduce adresa web a aplicației. Aplicație poate fi accesată doar prin introducerea corectă a utilizatorului și a parolei de acces (de exemplu nume utilizator: *pacient* și parola: *wiip*);

Figura 25 Interfața utilizator (I)

Etapa 5: Se completează câmpul editabil cu numele pacientului;

Etapa 6: Pentru realizarea unei achiziții adecvate a tremurului, este necesar ca pacientul să încerce să păstreze mâna nemișcată, ținând telecomanda *Wiimote* în poziție orizontală, cu fața îndreptată spre PC/laptop, pentru circa 5 sau 10 secunde;

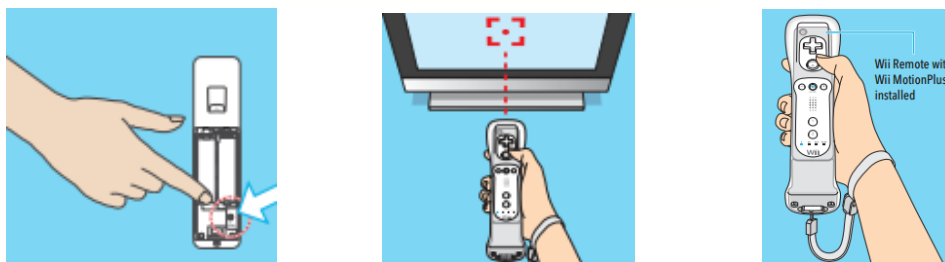


Figura 26 Manipularea telecomenzii Wiimote

Etapa 7: Pentru pornirea sesiunii de achiziție a simptomului de tremur se apasă butonul A al telecomenzii Wiimote;

Etapa 8: Se ține apăsat butonul A pentru 60 de secunde și apoi se eliberează.

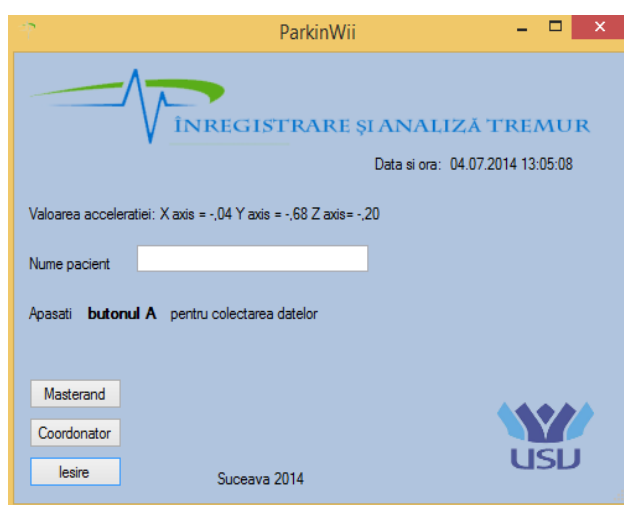


Figura 27 Interfața utilizator (II)

Etapa 9: După ce pacientul a eliberat butonul A, sesiunea de achiziție al tremurului se încheie, iar pe ecran va afișat un mesaj referitor la salvarea datelor.

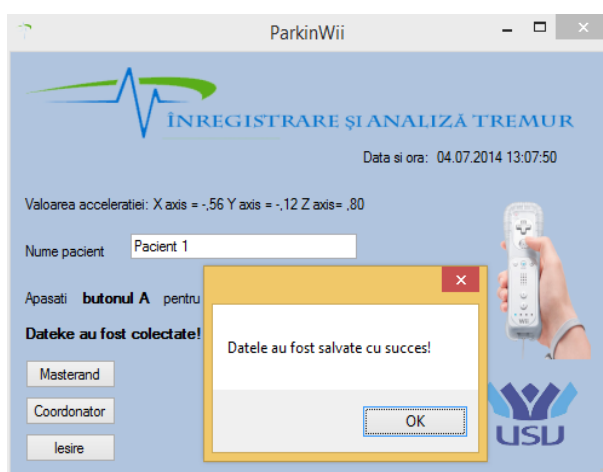


Figura 28 Interfața utilizator (II)

Datele achiziționate sunt salvate într-un fișier de tip *fișier.txt* și transmise automat către un server folosind protocolul FTP.


```

635375731115568105DataCollection.parkinwii
1 X_axis Y_axis Z_axis T_time Name="Patient Test 1" DateTime="05.06.2014 13:51:51"
2 "0,119999997317791" "-1" "-0,439999997615814" "567"
3 "0,119999997317791" "-1" "-0,360000014305115" "567"
4 "0,0399999991059303" "-1" "-0,360000014305115" "567"
5 "0" "-1" "-0,360000014305115" "567"
6 "-0,0399999991059303" "-1" "-0,439999997615814" "567"
7 "-0,0399999991059303" "-0,959999978542328" "-0,439999997615814" "567"
8 "-0,0399999991059303" "-1" "-0,360000014305115" "567"
9 "0,0399999991059303" "-1" "-0,319999992847443" "567"
10 "0,0399999991059303" "-1" "-0,319999992847443" "567"
11 "0,0399999991059303" "-1" "-0,400000005960464" "567"
12 "0,0799999982118607" "-1" "-0,400000005960464" "567"
  
```

Figura 29 Datele colectate de la un subiect cu boala Parkinson

După achiziția semnalului de tremur urmează etapa de analiză a datelor care folosește tehnici tradiționale și moderne, printre care metode statistice și algoritmi matematici de evaluare a datelor. Cercetările în domeniu efectuate până în prezent nu permit identificarea celei mai eficiente strategii de măsurare a tremurului, sau care dintre metodele de analiză sunt necesare sau mai eficiente.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



OIPOS DRU



GALATIENSIS

DIRECȚII DE CERCETARE ÎN PERIOADA URMĂTOARE

În cadrul cercetărilor viitoare se vor studia noi modalități de procesare digitală a imaginilor cu aplicații în medicină. Se vor analiza metode de extragere de informații din imagine, informații ce vor reprezenta intrarea pentru un sistem automat de recunoaștere și clasificare, cum ar fi: diferite distanțe și relații dintre obiectele prezente în imagine, parametri geometrici (arie, perimetru) etc. Se vor defini noi filtre de îmbunătățire a calității imaginii și se vor descrie aceste filtre folosind limbajul de descriere hardware Verilog care permite o programare directă a circuitului reconfigurabil FPGA.

Se va demara studiul mediului MATLAB și în special al componentelor aferente procesării digitale a imaginilor (Image Processing) în scopul dezvoltării unei structuri generale a unui sistem de prelucrare a imaginilor, detaliind etapele esențiale de îmbunătățire și transformare geometrică, filtrare pentru eliminarea zgomotului realizată prin filtre liniare, neliniare sau adaptive, în domeniul spațial sau în domeniul frecvență.

Se va continua dezvoltarea sistemului *healthcare* pentru asistarea la domiciliu a pacienților cu boli neurologice (PD) și dezvoltarea de dispozitive de monitorizare la distanță a pacienților cu boala Parkinson.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS



DISEMINAREA REZULTATELOR CERCETĂRII

1.1. Lista lucrărilor științifice publicate

- [1] **Iuliana Chiuchișan**, Oana Geman, *An Approach of a Decision Support and Home Monitoring System for Patients with Neurological Disorders using Internet of Things Concepts*, *WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS*, Issue: Multi-models for Complex Technological Systems, ISSN/E-ISSN: 1109-2777/2224-2678, vol.13, pp. 460-469, iulie 2014 (Revistă BDI).
- [2] **Iuliana Chiuchișan** și Oana Geman, *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening*, *Proceeding of the 18th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC2014)*, ISBN: 978-1-4799-4602-0, Sinaia, România.
- [3] **Iuliana Chiuchișan**, Hariton-Nicolae Costin și Oana Geman, *Adopting the Internet of Things Technologies in Health Care Systems*, *Proceedings of the 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE2014), Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology*, IEEE Catalog Number: CFP1447S-USB, ISBN: 978-1-4799-5848-1, Iași, România.
- [4] **Iuliana Chiuchisan**, Oana Geman, Iulian Chiuchisan, Andrei Coriolan Iuresi, Adrian Graur, *NeuroParkinScreen – A Health Care System for Neurological Disorders Screening and Rehabilitation*, *Proceedings of the 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE2014), Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology*, IEEE Catalog Number: CFP1447S-USB, ISBN: 978-1-4799-5848-1, Iași, România.

1.2. Lista lucrărilor științifice prezentate

- [1] **Iuliana Chiuchișan** și Oana Geman, *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “The 18th International Conference on System Theory, Control and Computing” (ICSTCC2014), indexată IEEE Xplore și ISI Proceedings, care s-a organizat în perioada 17-19 octombrie 2014, în Sinaia, România.
- [2] **Iuliana Chiuchișan**, Hariton-Nicolae Costin și Oana Geman, *Adopting the Internet of Things Technologies in Health Care Systems*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering” (EPE2014), la secțiunea “Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in



Medicine and Biology”, care s-a desfășurat la Iași în perioada 16-18 octombrie 2014 (conferință indexată IEEE Xplore).

[3] **Iuliana Chiuchisan**, Oana Geman, Iulian Chiuchisan, Andrei Coriolan Iuresi, Adrian Graur, *NeuroParkinScreen – A Health Care System for Neurological Disorders Screening and Rehabilitation*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering” (EPE2014), la secțiunea “Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology”, care s-a desfășurat la Iași în perioada 16-18 octombrie 2014 (conferință indexată IEEE Xplore).

1.3. Mobilități internaționale

Mobilitate internațională - de la 23.09.2014 - până la 24.09.2014 - Department of Computing and Control Engineering, Institute of Chemical Technology Prague, Republica Cehă, Coordonator prof. dr. ing. Ales Prochaska, e-mail: A.Prochazka@ieee.org.

În perioada 23 – 24 septembrie 2014 am efectuat o mobilitate internațională la Departamentul “Computing and Control Engineering”, Institute of Chemical Technology Praga și am participat la seminarul “Projects and Research Strategy” susținut de domnul profesor dr.ing. Ales PROCHASKA, expert în domeniul procesării imaginilor folosind mediul MATLAB.

1.4. Participare activități

[1] Seminar “Elemente ale metodologiei de cercetare științifică de tip doctoral pentru domeniul Filologie”, susținute de prof. Sanda Ardeleanu, Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava, 11.09.2014, clădire D, amf. “Dimitrie Leonida”, interval orar 15-18.

[2] Seminar “Projects and Research Strategy”, susținut de domnul profesor dr. ing. Ales PROCHASKA, expert în domeniul procesării imaginilor folosind mediul MATLAB, Institute of Chemical Technology Praga, Departament “Computing and Control Engineering”, 24.09.2014, clădire B, interval orar 9-12.

BIBLIOGRAFIE

- [1] A.K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 1989.
- [2] Meyer-Bäse, *Pattern Recognition in Medical Imaging*, Ed. Elsevier Academic Press 2004.
- [3] Bernd Jähne, *Practical Handbook on Image Processing for Scientific and Technical Applications*, 2nd edition, Ed. CRC Press 2004.
- [4] D. Adam, S. Beilin-Nissan, Z. Friedman, V. Behar, *The combined effect of spatial compounding and nonlinear filtering on the speckle reduction in ultrasound images*, Ultrasonics, Vol. 44, pg.166–81, 2006.
- [5] M. C. Motwani, M. C. Gadiya, R.C. Motwani, *Survey of Image Denoising Techniques*, Proceedings of GSPx, Santa Clara, CA, 2004.
- [6] M. Ivanovici, *Procesarea Imaginilor - Îndrumar de laborator*, Editura Universității Transilvania, Brașov, 2006.
- [7] C. Vertan, M. Ciuc, *Tehnici Fundamentale de Prelucrarea și Analiza Imaginilor*, Editura MatrixROM, București, 2007.
- [8] B. Jahne, *Digital Image Processing*, 5th Edition, Springer-Verlag, Berlin, 2002.
- [9] S. Moldovanu, Moraru L, *Mass Detection and Classification in Breast Ultrasound Image Using k-means Clustering Algorithm*, Proceedings of the 3rd International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, Galați, pg. 197-201, 2010.
- [10] M.V. Popa, R. Oancea, S. Demeter, A. Hangan, *Prelucrarea numerică a imaginilor - Aplicații ale rețelelor neuronale în prelucrarea imaginilor*, 2006.
- [11] Bogdan Alecsa, *Sisteme încorporate cu FPGA pentru controlul proceselor rapide – teză de doctorat*, Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași, 2011.
- [12] C. Maxfield, *The Design Warrior’s Guide to FPGAs*, Ed. Elsevier, ISBN 0-7506-7604-3, 2004.
- [13] J.J. Rodriguez-Andina, M.J. Moure, M.D. Valdes, *Features, design tools and application domains of FPGAs*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 54, no. 4, august 2007.
- [14] R. Woods, J. McAllister, G. Lightbody, Y. Yi, *FPGA-based implementation of signal processing systems*, Ed. John Wiley and Sons, 2008.
- [15] R.C. Cofer, B.F. Harding, *Rapid system prototyping with FPGAs*, Ed. Newnes Elsevier, 2006.
- [16] S. Trimberger, *Redefining the FPGA for the next generation*, International Conference on Field Programmable Logic and Applications, FPL 2007, Amsterdam, Olanda, august 2007.
- [17] D. Mic, S. Oniga, *Proiectare asistată cu Circuite Logice Programabile*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2002.
- [18] G. Donald Bailey, *Design for Embedded Image Processing on FPGAs*, Massey University, New Zealand, Ed. John Wiley&Sons (Asia), 2011.

- [19] Zoltan Francisc Baruch, *Arhitectura calculatoarelor, Lucrare de laborator – Proiectarea cu circuite logice programabile*, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca (<http://users.utcluj.ro/~baruchf>).
- [20] Zoltan Francisc Baruch, *Arhitectura calculatoarelor, Lucrare de laborator – Fluxul de proiectare cu circuite FPGA*, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca (<http://users.utcluj.ro/~baruchf>).
- [21] Scott Hauck, Andre Dehon, *Reconfigurable Computing. The Theory and Practice of FPGA-Based Computing*, Ed. Elsevier, ISBN 978-0-12-370522-8, 2008.
- [22] Praveen Vanaparthi, Sahitya.G, Krishna Sree and Dr.C.D.Naidu, *FPGA implementation of image enhancement algorithms for biomedical image processing*, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 2, Issue 11, November 2013.
- [23] J. Bhasker, *Verilog HDL Synthesis. A Practical Primer*, Ed. Star Galaxy Publishing, ISBN 0-9650391-5-3, 1998.
- [24] Zainalabedin Navabi, *Digital Design and Implementation with Field Programmable Devices*, Ed. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-8011-5, 2005.
- [25] Ian Grout, *Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs*, Ed. Elsevier, ISBN 978-0-7506-8397-5, 2008.
- [26] S. Ramachandran, *Digital VLSI Systems Design. A Design Manual for Implementation of Projects on FPGAs and ASICs Using Verilog*, Ed. Springer, ISBN 978-1-4020-5829-5, 2007.
- [27] Pong P. Chu, *FPGA Prototyping by Verilog Examples*, Ed Wiley, ISBN 978-0-470-18532-2, 2008.
- [28] Yishu Wang, *Implementation of Digital Filter by using FPGA*, School of Electrical and Computer Engineering, 2005.
- [29] G. Maglogiannis, K. Karpouzis and M. Wallace, *Image and Signal Processing for Networked E-Health Applications*, Morgan & Claypool Publishers, 2006.
- [30] H. Costin, C. Rotariu, I. Alexa, et al., *TELEMON – A Complex System for Real Time Medical Telemonitoring*, Proc. of The World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Munich, Germany, WC2009, VOL 25, PT 5, pg. 92-95, 2009.
- [31] Dobrea, D. M., Teodorescu, H. N., *Classifying and assessing tremor movements for applications in man-machine intelligent user interfaces*, Proceeding of 9th International Conference on Intelligent User Interfaces and Computer-Aided Design of User Interfaces, Madeira, Portugal, pp. 238-240, ISBN 1-58113-815-6, 2004.
- [32] M. Lauk, J. Timmer, C.H. Lucking, J. Honerkamp, G. Deuschl, *A software for recording and analysis of human tremor*, Computer Methods and Programs in Biomedicine 60, pp. 65-77, 1999.
- [33] Analog Devices, Small, Low Power, 3-Axis MEMS Accelerometer, 2007, available at www.analog.com
- [34] O. Vermesan, P. Friess, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, River Publishers, Denmark, 2013.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



- [35] S. Koch, *Home telehealth-current state and future trends*, International Journal of Medical Informatics, 75(8), 2006.
- [36] E. Ammenwerth, S. Graber, G. Herrmann, T. Burkle and J. Konig, *Evaluation of health information systems-problems and challenges*, International Journal of Medical Informatics, 71, 2003.
- [37] J. Tan, *E-Health Care Information Systems*, Jossey-Bass Press, 2005.
- [38] G. Kaur and N. Gupta, *E-Health: A New Perspective on Global Health*, Journal of Evolution and Technology, vol. 15(1), pg. 23-35, 2006.
- [39] R. James, *The Internet of Things: A Study in Hype, Reality, Disruption and Growth*, U.S. Research, Technology & Communications, Industry Report, January 24, 2014.



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM , Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

RAPORT DE CERCETARE INTERMEDIAR

Titlul proiectului: *Contribuții la dezvoltarea metodelor de prelucrare digitală a imaginilor în timp real folosind tehnologii VSLI*

CPD: Patentariu Iuliana Chiuchișan
Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava

Domeniul fundamental postdoctorat:
Științe ingineresti
Domeniul specific/ subdomeniul postdoctorat:
Inginerie electronică și telecomunicații



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE

OIPOS DRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Obiective propuse

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Dezvoltarea unor metode de analiză și prelucrare a imaginilor folosind tehnologii VLSI.
- Abordarea metodelor de analiză și prelucrare a imaginilor, în ansamblu, pentru a implementa un sistem de asistare în timp real al diagnozei medicale.
- Îmbunătățirea actului medical, prin creșterea eficienței imagisticii medicale la stabilirea diagnozei medicale, utilizând în acest scop un sistem de asistare.
- Ca parte conexă, proiectul își propune și studierea sistemelor *healthcare* pentru asistarea la domiciliu a pacienților cu boli neurologice și dezvoltarea de dispozitive de monitorizare la distanță a pacienților cu boala Parkinson.

Obiective realizate în perioada de cercetare



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Stadiul actual în prelucrarea digitală a imaginilor.
- Studiul și analiza metodelor de procesare a imaginilor medicale.
- Studiul tehnologiilor VLSI (FPGA) și utilizarea acestora în procesarea imaginilor.
- Sisteme healthcare.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



UNIVERSITATEA
ȘTEFAN CEL MARE
SUCEAVA

Obiectivul 1

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

Stadiul actual în prelucrarea digitală a imaginilor.

- S-a realizat un studiu introductiv despre procesarea digitală a imaginilor care reprezintă un ansamblu de teorii și tehnici folosite în înregistrarea, sinteza, codarea, transmiterea, reproducerea, recunoașterea, estimarea, detecția, filtrarea și îmbunătățirea imaginilor digitale.

Obiectivul 2

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

Studiul și analiza metodelor de procesare a imaginilor medicale.

- Studiul metodelor moderne de procesare a imaginilor în scopul descrierii și implementării acestora într-un sistem de prelucrare a imaginilor medicale.
- S-a utilizat programul *ImageJ* (*open source software*) pentru procesarea și analiza imaginilor medicale în scopul studierii și analizei metodelor de prelucrare a imaginilor pentru a fi descrise și implementate folosind tehnologii VLSI, respectiv circuite reconfigurabile FPGA.
- S-a studiat procesul de ajustare a intensității unei imagini pentru o vizualizare mai bună, filtrarea imaginii pentru a reduce, pe cât posibil, zgomotul, și în final realizarea unor operații morfologice, care vor îmbunătăți imaginea pentru eventuale măsurători și/sau alte extrageri de informație.

Obiectivul 3

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

Studiul tehnologiilor VLSI (FPGA) și utilizarea acestora în procesarea imaginilor.

- S-a studiat rolul și avantajul utilizării dispozitivelor FPGA în domeniul procesării imaginilor și modul de implementare a tehnicilor de procesare a imaginilor în timp real.
- S-au studiat principalele componente ale mediului de simulare și sinteză *Xilinx ISE Design Suite*, dedicat proiectării, verificării și sintezei sistemelor digitale folosind limbaje de descriere hardware (Verilog, VHDL), precum și programării circuitelor reconfigurabile FPGA.
- Pe baza acestor cercetări s-a elaborat un articolul științific - *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening*.

Obiectivul 4

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

Sisteme healthcare.

- Ca parte conexă a proiectului propus, s-a realizat un studiu al sistemelor *healthcare* pentru monitorizarea la distanță a pacienților cu boli neurologice (boala Parkinson).
- S-a dezvoltat un sistem de achiziție al semnalului de tremur.
- S-a utilizat dispozitivului Wimote™ pentru înregistrarea neasistată de către un expert a semnalului de tremur.
- Pe baza acestor cercetări s-au elaborat trei articole științifice.

Introducere

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Tema propusă este una de un real interes deoarece procesarea digitală a imaginilor este folosită în diverse domenii de activitate ale societății moderne și mai ales în imagistica medicală care, în ultima perioadă, ocupă un rol fundamental în diagnosticarea asistată a bolilor, dezvoltându-se ca un domeniu multidisciplinar.
- Dezvoltarea unor echipamente tot mai performante de imagistică medicală, este strâns legată de rezultatele cercetărilor din domeniul prelucrării și analizei imaginilor medicale, sau mai general a semnalelor multidimensionale, cu aplicații în imagistică medicală.

Introducere

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Imaginile pot fi prelucrate în scopuri ca:
- **îmbunătățirea calității imaginii** pentru o vizualizare mai bună: reducerea zgomotului și a altor defecte ce pot fi prezente în imagine, evidențierea unor zone de interes prin modificarea luminozității, modificarea contrastului, accentuarea muchiilor etc.
- **extragerea de informații din imagine**, informații ce pot reprezenta intrarea pentru un sistem automat de recunoaștere și clasificare. Aceste informații pot fi: diferite distanțe și relații dintre obiectele prezente în imagine, parametri geometrici (arie, perimetru) etc.

Procesarea imaginilor

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- **Achiziția imaginii digitale** - se realizează cu un senzor de imagine capabil să digitizeze semnalul și să genereze la ieșirea acestuia o imagine.
- **Îmbunătățirea imaginii sau preprocesarea** - o îmbunătățire adecvată a procesului de prelucrare, mărește șansele de succes ale etapei de segmentare. Această etapă incipientă folosește algoritmi de filtrare liniari, neliniari, *wavelets* sau transformări Fourier.
- **Detaliile imaginilor** sunt căutate în texturile acestora. Imagistica folosește două categorii de texturi, cele generate prin metode fractale, spectrale, statistice și sintetice a cărui șablon de realizare este deja cunoscut și texturi aleatoare care se doresc a fi înțelese prin parametri statistici sau geometrici. Înțelegerea texturii unei imagini conduce la extragerea de cunoștințe utile în orice domeniu.

Procesarea imaginilor

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- **Segmentarea imaginilor** - reprezintă cea mai dificilă etapă de procesare, deoarece în cadrul ei are loc descompunerea unei scene (imagini) în componentele sale, iar în urma procesului de segmentare vor fi extrase din imagine obiecte distincte, regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate sau alte caracteristici de formă.
 - tehnicile de segmentare orientate pe pixeli;
 - tehnicile de segmentare orientate pe contur;
 - tehnicile de segmentare orientate pe regiuni.
- **Operații de descriere, recunoaștere, clasificare și selecție** ale caracteristicilor obiectelor extrase în procesul de segmentare sunt realizate în etapa de analiză.

Utilizarea circuitelor FPGA în procesarea imaginilor



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE

OIPOS DRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Recent, tehnologiile FPGA au devenit o țintă viabilă pentru implementarea algoritmilor de procesare a imaginilor.
- Aceasta se poate realiza prin implementarea algoritmului direct în hardware pe FPGA, deși se poate apela și la varianta clasică în FPGA se poate implementa un procesor soft, iar pe acesta va rula în software algoritmul.
- Pentru programarea circuitelor FPGA se folosesc, în mod curent, limbajele de descriere a hardware-ului (HDL), dintre care cele mai răspândite sunt VHDL și Verilog.

Avantaje HDL

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Posibilitatea unei descrieri funcționale a sistemelor, sub forma unei descrieri de nivel mai înalt, fără detalierea structurii, reducându-se în mod semnificativ timpul necesar pentru descrierea sistemelor complexe;
- Independența descrierilor HDL - descrierile HDL sunt complet independente de un anumit circuit, iar acest lucru ne permite utilizarea unei descrieri în mai multe proiecte;
- Ușurința modificării unei descrieri HDL a unui sistem.

Implementarea unor metode de filtrare a imaginilor utilizând limbajul Verilog



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE

OIPOS DRU



UNIVERSITATEA GALATIENSIS

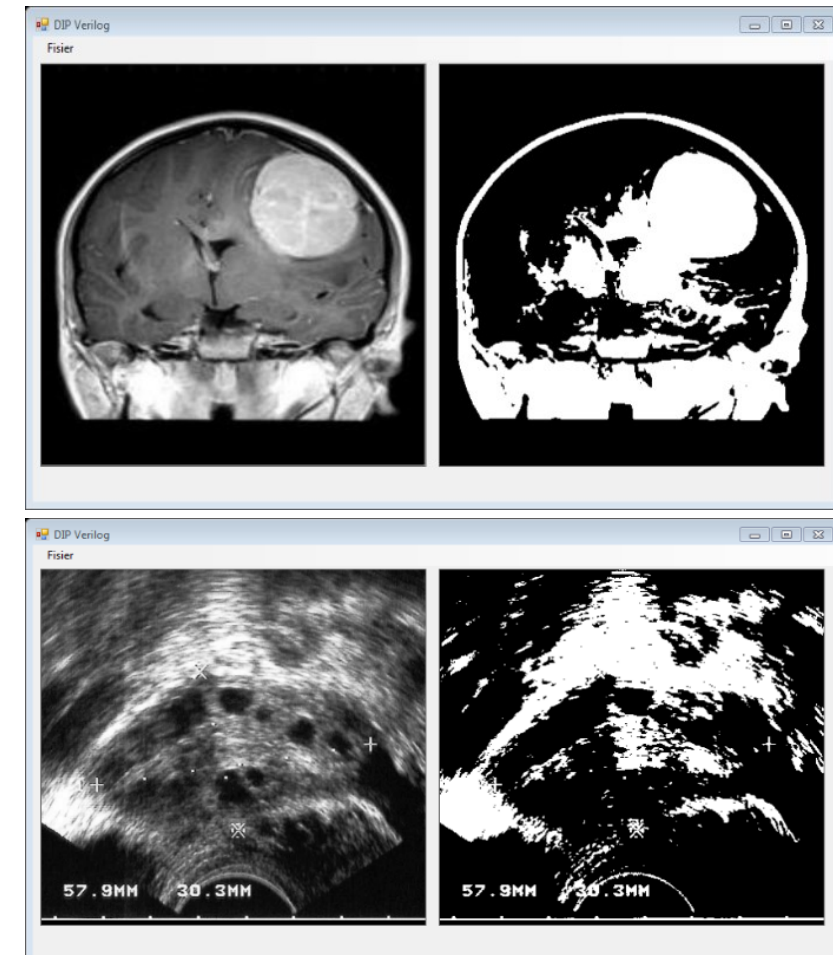
Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Limbajul Verilog permite implementarea descrierilor, la nivel hardware, folosind circuite reconfigurabile FPGA.
- Avantajul acestor sisteme implementate la nivel hardware este obținerea unei viteze de procesare superioare și nu necesită un procesor de semnal dedicat (DSP).
- Program *Xilinx ISE Design Suite*
- Filtre descrise la nivel RTL folosind limbajul Verilog au fost simulate folosind componenta *ISIM Simulator* și aplicate asupra unor imagini medicale pentru a evidenția anumite zone de risc (tumori).

Filtrul de binarizare

- Binarizarea sau prăguirea (*thresholding*) imaginilor este un caz special al întinderii maxime a contrastului.
- Are ca obiectiv obținerea unei imagini alb-negru dintr-o imagine care conține și alte nuanțe nedorite.

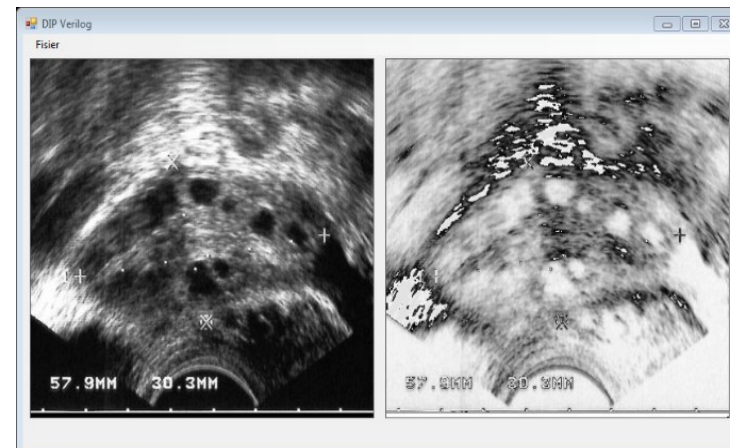
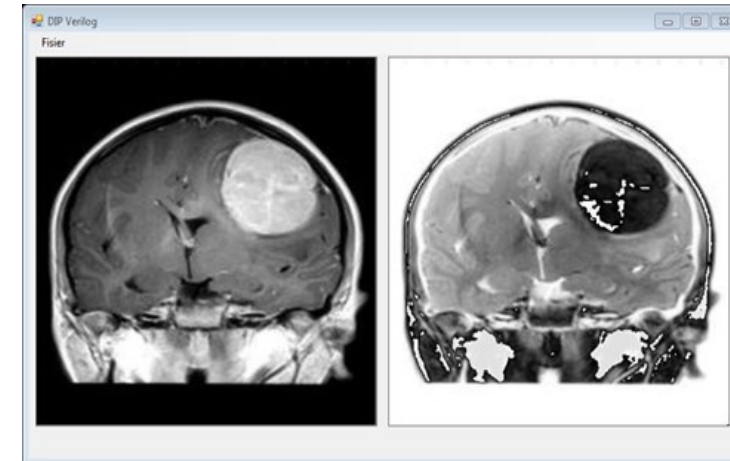
Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963



Filtrul de inversare

- Negativul unei imagini se obține prin inversarea ordinii nivelelor de gri.
- Utile în analiza imaginilor medicale, în care imaginile trebuie inversate pentru o analiză automată.

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

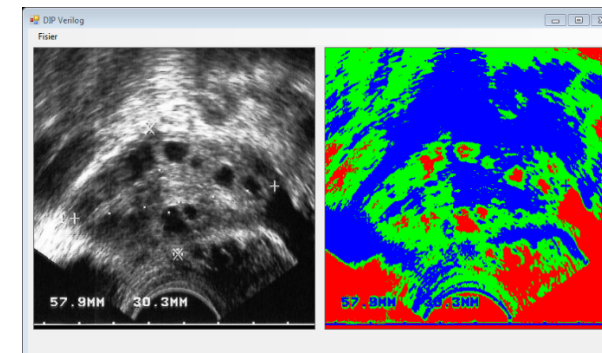
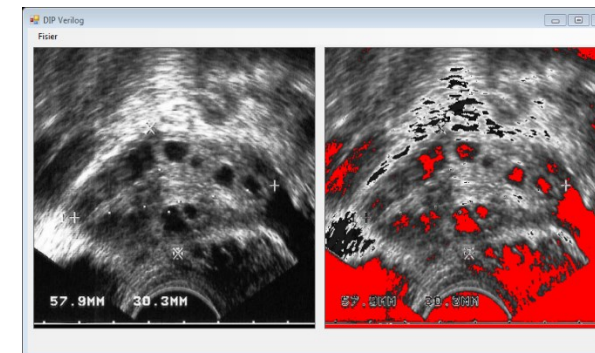
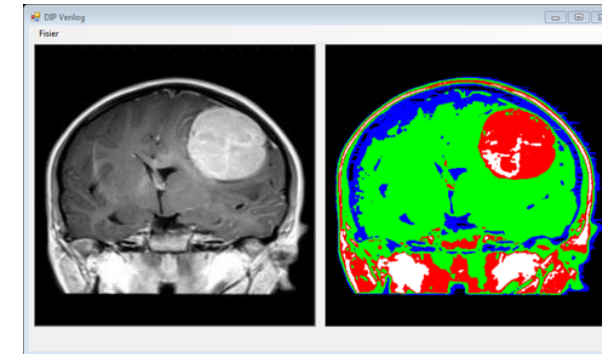
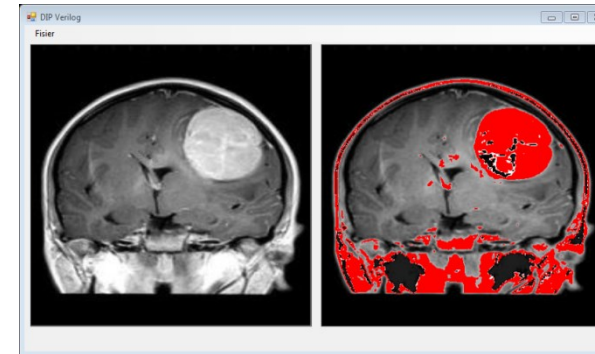


Filtrul de colorare falsă (pseudocolorare)

- Este o tehnică de îmbunătățire a vizibilității anumitor componente ale imaginii sau a imaginii în ansamblu prin modificarea paletei de culoare cu care imaginea este afișată.
- Se folosesc culori pentru a pune în evidență zone de interes din imaginile cu nivele de gri.



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963





UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Sisteme *healthcare*

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Dezvoltarea unui sistem inteligent pentru diagnosticul simptomului de tremur, care achiziționează semnalele de tremur cu ajutorul senzorului accelerometric încorporat în telecomanda Wiimote™
- Am colaborat cu colegi din cadrul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava și cu profesorul Ales PROCHASKA din cadrul Institutului ICT Praga, Departamentul “Computing and Control Engineering”.

Sisteme *healthcare*

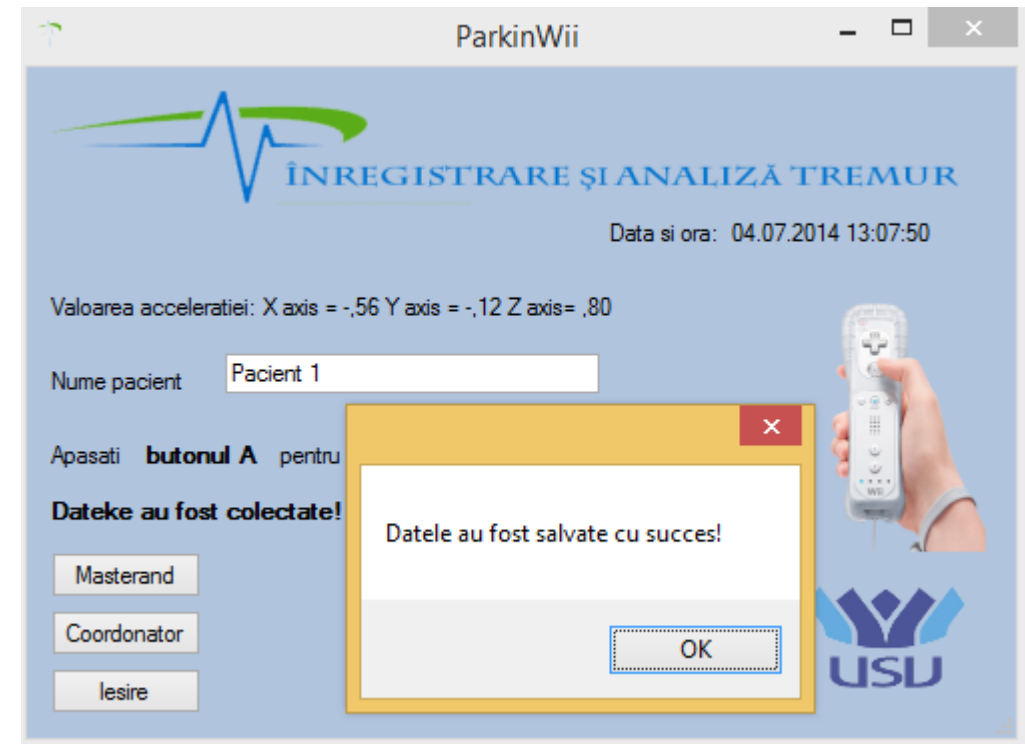
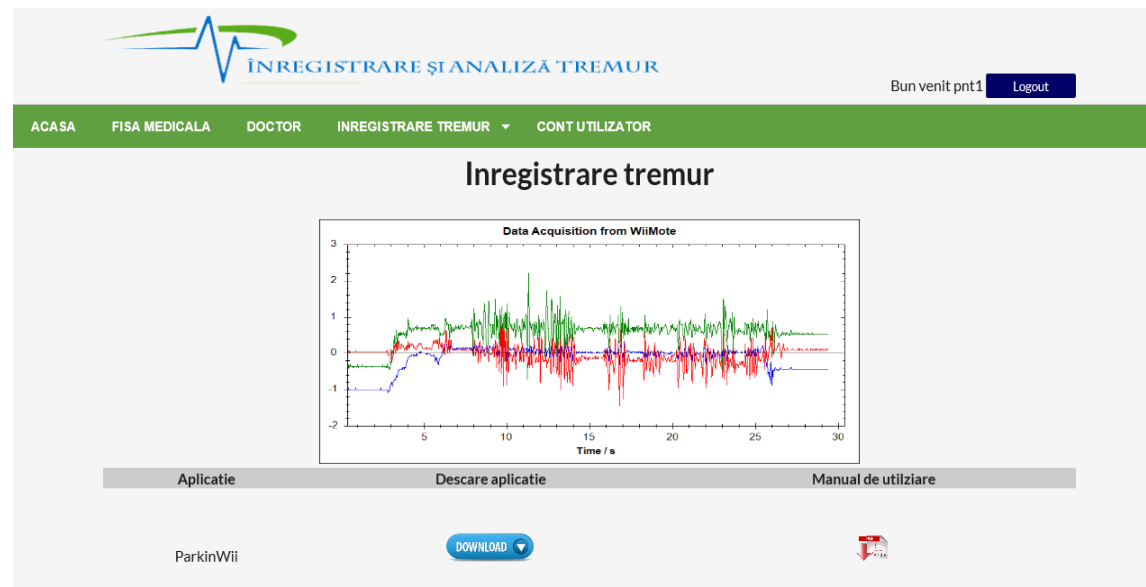
Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- S-a dezvoltat o interfață cu utilizatorul pentru sistemul de achiziție al tremurului.
- S-a folosit limbajul *HTML* și *PHP*.
- Sistemul colectează valorile accelerației cu ajutorul senzorului accelerometric din componența telecomenzii *Wiimote™* și le transmite, utilizând conexiunea *Bluetooth™*, către un calculator.
- Datele sunt apoi încărcate automat, pentru analize suplimentare, pe un server folosind protocolul FTP.

Sisteme *healthcare*



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963



Direcții viitoare de cercetare

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Se vor studia noi modalități de procesare digitală a imaginilor cu aplicații în medicină.
- Se vor defini noi filtre de îmbunătățire a calității imaginii și se vor descrie aceste filtre folosind limbajul de descriere hardware Verilog care permite o programare directă a circuitului reconfigurabil FPGA.
- Se va demara studiul mediului MATLAB și în special al componentelor aferente procesării digitale a imaginilor (Image Processing) în scopul dezvoltării unei structuri generale a unui sistem de prelucrare a imaginilor.
- Se va continua dezvoltarea sistemului *healthcare* pentru asistarea la domiciliu a pacienților cu boli neurologice (PD) și dezvoltarea de dispozitive de monitorizare la distanță a pacienților cu boala Parkinson.

Diseminarea rezultatelor: Lucrări publicate



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE

OIPOS DRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- [1] **Iuliana Chiuchișan**, Oana Geman, *An Approach of a Decision Support and Home Monitoring System for Patients with Neurological Disorders using Internet of Things Concepts*, WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS, Issue: Multi-models for Complex Technological Systems, ISSN/E-ISSN: 1109-2777/2224-2678, vol.13, pp. 460-469, iulie 2014 (Revistă BDI).
- [2] **Iuliana Chiuchișan** și Oana Geman, *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening*, Proceeding of the 18th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC2014), ISBN: 978-1-4799-4602-0, Sinaia, România.
- [3] **Iuliana Chiuchișan**, Hariton-Nicolae Costin și Oana Geman, *Adopting the Internet of Things Technologies in Health Care Systems*, Proceedings of the 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE2014), Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology, IEEE Catalog Number: CFP1447S-USB, ISBN: 978-1-4799-5848-1, Iași, România.
- [4] **Iuliana Chiuchisan**, Oana Geman, Iulian Chiuchisan, Andrei Coriolan Iuresi, Adrian Graur, *NeuroParkinScreen – A Health Care System for Neurological Disorders Screening and Rehabilitation*, Proceedings of the 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE2014), Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology, IEEE Catalog Number: CFP1447S-USB, ISBN: 978-1-4799-5848-1, Iași, România.

Diseminarea rezultatelor: Lucrări prezentate



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
ȘI CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE



UNIVERSITATEA
ȘTEFAN CEL MARE
SUCEAVA

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- [1] **Iuliana Chiuchișan** și Oana Geman, *A review of HDL-based system for real-time image processing used in tumors screening*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “The 18th International Conference on System Theory, Control and Computing” (ICSTCC2014), indexată IEEE Xplore și ISI Proceedings, care s-a organizat în perioada 17-19 octombrie 2014, în Sinaia, România.
- [2] **Iuliana Chiuchișan**, Hariton-Nicolae Costin și Oana Geman, *Adopting the Internet of Things Technologies in Health Care Systems*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering” (EPE2014), la secțiunea “Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology”, care s-a desfășurat la Iași în perioada 16-18 octombrie 2014 (conferință indexată IEEE Xplore).
- [3] **Iuliana Chiuchisan**, Oana Geman, Iulian Chiuchisan, Andrei Coriolan Iuresi, Adrian Graur, *NeuroParkinScreen – A Health Care System for Neurological Disorders Screening and Rehabilitation*, prezentată în cadrul conferinței internaționale “2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering” (EPE2014), la secțiunea “Workshop on Electromagnetic Compatibility and Engineering in Medicine and Biology”, care s-a desfășurat la Iași în perioada 16-18 octombrie 2014 (conferință indexată IEEE Xplore).

Diseminarea rezultatelor: Mobilități internaționale



Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM
Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

- Mobilitate internațională - de la 23.09.2014 - până la 24.09.2014 - Department of Computing and Control Engineering, Institute of Chemical Technology Prague, Republica Cehă, Coordonator prof. dr. ing. Ales Prochaska, e-mail: A.Prochazka@ieee.org.



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITAS
GALATIENSIS

Titlu proiect: Performanța sustenabilă în cercetarea doctorală și post doctorală – PERFORM

Cod proiect: POSDRU/159/1.5/S/138963

Mulțumesc pentru atenție!