



FACULTATEA DE AUTOMATICĂ ȘI CALCULATOARE

Ing. Cristian Marian Vicaș

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumat

ÎMBUNĂTĂȚIREA VALORII DIAGNOSTICE A EXAMINĂRILOR IMAGISTICE MEDICALE PRIN TEHNICI DE PROCESARE A IMAGINILOR

**Conducător științific,
Prof. Dr. Ing. Sergiu Nedevschi**

Cuprins Teză

DICȚIONAR DE TERMENI.....	6
1 INTRODUCERE.....	9
2 STADIUL ACTUAL ÎN DIAGNOSTICUL NON INVAZIV AL PATOLOGILOR HEPATICE DIFUZE.....	12
2.1 Diagnosticul non invaziv hepatic folosind ecografia în modul B	12
2.1.1 <i>Loturi de pacienți și criterii de diagnostic.....</i>	<i>13</i>
2.1.2 <i>Imagini.....</i>	<i>14</i>
2.1.3 <i>Stabilirea regiunilor de interes.....</i>	<i>14</i>
2.1.4 <i>Algoritmii texturali.....</i>	<i>14</i>
2.1.5 <i>Algoritmii de clasificare și evaluare a performanței.....</i>	<i>14</i>
2.2 Detecția steatozei.....	15
2.3 Detecția fibrozei	16
2.4 Discuții	18
3 GENERAREA IMAGINILOR ULTRASONOGRAFICE	20
3.1 Fenomenele fizice ce stau la baza examinării ecografice	20
3.2 Procesările semnalului incident și generarea imaginii ecografice	24
3.3 Discuții	27
4 MODELUL TISULAR HEPATIC	28
4.1 Motivație	28
4.2 Descrierea modelului tisular hepatic.....	30
4.3 Simularea imaginilor ultrasonografice.....	34
4.4 Validarea modelului tisular hepatic.....	35
4.5 Discuții	36
5 METODE DE ANALIZĂ TEXTURALĂ.....	39
5.1 Studiul algoritmilor de descriere texturală	39
5.1.1 <i>Trăsături statistice de ordinul I.....</i>	<i>39</i>
5.1.2 <i>Trăsături statistice de ordinul II.....</i>	<i>42</i>
5.1.3 <i>Trăsături bazate pe modelarea texturii.....</i>	<i>45</i>
5.1.4 <i>Algoritmi bazați pe analiza multirezoluție a imaginii</i>	<i>49</i>
5.1.5 <i>Coeficienți de atenuare și reflexie</i>	<i>54</i>
5.2 Studiul algoritmilor de învățare supervizată.....	55
5.2.1 <i>Modele aditive de regresie logistică</i>	<i>55</i>
5.2.2 <i>Mașini cu vectori suport (SVM).....</i>	<i>57</i>
5.2.3 <i>Metode de evaluare a performanței schemelor de învățare</i>	<i>60</i>
5.2.4 <i>Cuantificarea numerică a performanței clasificatorilor.....</i>	<i>61</i>
5.3 Studiul selecției trăsăturilor relevante	66
5.4 Metode propuse pentru antrenarea și estimarea performanței clasificatorilor.....	68
5.4.1 <i>Validarea metodelor și algoritmilor de învățare supervizată.....</i>	<i>71</i>
5.5 Validarea algoritmilor de analiză texturală	75
5.5.1 <i>Seturile de date</i>	<i>75</i>
5.5.2 <i>Rezultatele validării analizei texturale</i>	<i>76</i>
5.6 Discuții	77
6 STABILIREA AUTOMATĂ A REGIUNILOR DE INTERES	79

6.1	Deteția anizotropiei locale dependentă de rezoluție	80
6.1.1	<i>Descrierea metodei propuse.....</i>	83
6.1.2	<i>Evaluarea metodei propuse.....</i>	85
6.1.3	<i>Discuții</i>	101
6.2	Deteția artefactelor din imaginea ultrasonografică	103
6.2.1	<i>Introducere.....</i>	103
6.2.2	<i>Proiecția polară a imaginii ecografice</i>	104
6.2.3	<i>Deteția artefactelor.....</i>	106
6.2.4	<i>Stabilirea automată a regiunilor de interes de formă liniară</i>	109
6.2.5	<i>Stabilirea automată a regiunilor de interes de formă pătratică</i>	110
6.2.6	<i>Discuții</i>	110
7	APLICAȚII PRACTICE ÎN DIAGNOSTICUL NON INVAZIV AL	
	PATOLOGIILOR HEPATICE DIFUZE.....	112
7.1	Arhitectura sistemului software.....	112
7.2	Sursele de date medicale.....	114
7.2.1	<i>Biopsia hepatică</i>	114
7.2.2	<i>Investigația ecografică.....</i>	115
7.2.3	<i>Examinări biologice.....</i>	116
7.2.4	<i>Loturi de pacienți și imagini</i>	117
7.2.5	<i>Discuții</i>	118
7.3	Etichetarea imaginilor ultrasonografice	118
7.3.1	<i>Deteția lobulului hepatic.....</i>	119
7.3.2	<i>Rezultate experimentale</i>	120
7.3.3	<i>Discuții</i>	121
7.4	Deteția steatozei folosind coeficienții de atenuare	122
7.4.1	<i>Deteția steatozei</i>	123
7.4.2	<i>Deteția gradului steatozei și impactul fibrozei.....</i>	124
7.4.3	<i>Deteția steatohepatitei</i>	124
7.4.4	<i>Deteția încărcării grase la pacienții cu hepatite cronice C</i>	125
7.4.5	<i>Relevanța trăsăturilor.....</i>	126
7.4.6	<i>Studiul variabilității trăsăturilor în funcție de regiunea de interes.....</i>	126
7.4.7	<i>Deteția automată a gradului de steatoză hepatică.....</i>	128
7.5	Deteția steatozei folosind trăsături biologice	128
7.5.1	<i>Deteția steatozei și a gradului steatozei</i>	129
7.5.2	<i>Deteția steatohepatitei</i>	130
7.5.3	<i>Deteția încărcării grase din hepatitele cronice C</i>	131
7.5.4	<i>Discuții</i>	132
7.6	Deteția fibrozei folosind analiza texturală	133
7.6.1	<i>Trăsături texturale folosite</i>	134
7.6.2	<i>Deteția fibrozei.....</i>	134
7.6.3	<i>Deteția stadiului de fibroză.....</i>	135
7.6.4	<i>Deteția activității necro-inflamatorii</i>	136
7.7	Deteția fibrozei folosind trăsături biologice	136
7.7.1	<i>Trăsături și metodologie</i>	137
7.7.2	<i>Stadializarea fibrozei folosind întreg setul de trăsături biologice</i>	138
7.7.3	<i>Stadializarea fibrozei folosind setul redus de trăsături biologice</i>	140
7.8	Discriminarea alterărilor texturii imaginii ultrasonografice.....	142
7.8.1	<i>Motivație</i>	142
7.8.2	<i>Descrierea experimentului</i>	142
7.8.3	<i>Rezultate și discuții</i>	143
7.9	Dependența detecției fibrozei față de parametrii tisulari	144
7.9.1	<i>Motivație</i>	144

7.9.2	Rezultate experimentale	144
7.9.3	Discuții	147
7.10	Dependența detecției fibrozei față de calitatea expertului uman	148
7.10.1	Motivație	148
7.10.2	Descrierea experimentelor	148
7.10.3	Rezultate experimentale	151
7.10.4	Discuții asupra rezultatelor experimentale	156
7.11	Discuții	157
7.11.1	Detecția non invazivă a steatozei	157
7.11.2	Detecția non invazivă a fibrozei	159
8	CONCLUZII	164
	BIBLIOGRAFIE	169
	ARTICOLE PUBLICATE	175

Rezumat

Diagnosticul non invaziv este un domeniu de cercetare foarte dinamic, vast și de actualitate. Termenul de diagnostic non invaziv se referă la o metodă de diagnostic care nu implică efectuarea de manevre sau manopere invazive asupra pacientului. Cercetările în domeniul diagnosticului non invaziv sunt axate pe patologiiile unde există deja o metodă consacrată de diagnostic, dar această metodă implică o manoperă dureroasă, cu riscuri și/sau cu costuri ridicate. O caracteristică comună a metodelor non invazive este aceea că nu dau aceeași cantitate și calitate de informație ca și metoda invazivă corespunzătoare. Pe de altă parte, metodele non invazive au avantaje clare în ceea ce privește acceptarea lor de către pacient, repetabilitatea lor și uneori chiar costul mai redus. De asemenea, o metodă non invazivă poate fi aplicată de multe ori aceluiași pacient pentru a-i monitoriza evoluția. Pe de altă parte, o manoperă invazivă poate fi foarte rar repetată la același pacient tocmai din cauza caracterului invaziv.

Domeniul de cercetare al metodelor de diagnostic non invaziv este popular tocmai din cauză că aplicațiile practice ale cercetării sunt imediate și anticipate. Domeniul de cercetare este unul mixt, în care se pot întâlni științele medicale, fizica solidelor, mecanica cuantică, chimia și de cele mai multe ori procesarea de imagini. Din motive evidente, cele mai multe metode de diagnostic non invaziv s-au dezvoltat în cadrul imagisticii medicale.

Noțiunea de examinare non invazivă este una relativă în raport cu manopera care se vrea a fi înlocuită. De exemplu, examinarea cu ajutorul computer tomografului (CT) vine să înlocuiască procedura de chirurgie exploratorie. Pe de altă parte, CT-ul poate fi considerat invaziv datorită radiațiilor X folosite în examinare, atunci când se compară cu examinarea ecografică (care implică ultrasunete).

Aplicațiile practice ale tezei de față sunt axate pe diagnosticul non invaziv al patologieilor hepatice difuze. Metoda invazivă este biopsia hepatică iar metoda non invazivă este ecografia hepatică în modul B. Biopsia hepatică presupune prelevarea unui eșantion din țesutul hepatic, cu ajutorul unui instrument special. Manopera presupune numeroase riscuri, de la durere, hemoragii, până la deces în cazurile extreme. Examinarea ecografică nu presupune decât iradierea cu ultrasunete. Examinarea ecografică este folosită de peste 70 de ani și până în momentul de față nu s-a identificat nici un efect secundar.

În diagnosticul patologiilor difuze, biopsia hepatică este metoda de referință care stabilește atât diagnosticul cât și gradul/stadiul bolii. Ecografia nu poate decât să indice posibilitatea existenței unei suferințe hepatice. Cercetările în domeniul diagnosticului non invaziv al patologiilor hepatice sunt concentrate tocmai pe îmbunătățirea valorii diagnostice a ecografiei uzuale. Instrumentele folosite sunt specifice domeniului procesării de imagini. În literatură abordările includ metode de descriere texturală, algoritmi de învățare supervizată și metode de segmentare.

Scopul principal al acestei teze este acela de a crește valoarea de diagnostic a examinărilor imagistice medicale, prin cercetarea și dezvoltarea de tehnici de diagnostic non invaziv. Instrumentele folosite în acest demers sunt cele din domeniul procesării imaginilor și viziunii artificiale. În cadrul acestei lucrări se vor prezenta pe larg metode de analiză texturală, se vor dezvolta metodologii specifice pentru evaluarea algoritmilor de învățare supervizată, se vor dezvolta algoritmi și metode care să detecteze automat anumite caracteristici ale imaginilor ecografice, caracteristici ce vor fi folosite în automatizarea procesului de diagnostic. De asemenea, în cadrul lucrării de față se propune un model al țesutului hepatic, model ce permite examinarea în detaliu a diversilor factori care contribuie pozitiv sau negativ la calitatea acurateții diagnosticului patologiilor difuze.

Metodele propuse în această lucrare sunt comparate cu metode consacrate din literatura de specialitate. Se dovedește riguros că metodele propuse aici sunt robuste și reușesc să își îndeplinească scopul pentru care au fost dezvoltate. Chiar dacă metodele propuse au un înalt caracter teoretic, aplicațiile practice ale lor sunt urmărite extensiv până la scopul final și anume creșterea valorii de diagnostic a examinărilor non invazive în contextul patologiilor hepatice difuze. În cadrul lucrării sunt investigate extensiv și metodele tradiționale și acceptate de comunitatea științifică și se arată clar contribuțiile și avantajele metodelor propuse aici. Metodele și algoritmii implementați sunt riguros validați și testați conform procedurilor acceptate în literatura de specialitate.

Lucrarea de față are un caracter multidisciplinar. Metodele, algoritmii și metodologiile dezvoltate aici sunt specifice domeniului viziunii artificiale. Aplicațiile practice însă, sunt orientate cu precădere în domeniul medical, cu accent pe dezvoltarea de instrumente utile în practica clinică curentă.

Teza este structurată în felul următor:

Capitolul 2 face o revizie concisă a literaturii de specialitate axată pe diagnosticul hepatopatiilor difuze folosind analiza texturală. Se prezintă metodologia acceptată și rezultatele mai semnificative. În același timp se prezintă și percepția analizei texturale în comunitatea medicală. Se identifică principalele limitări ale abordărilor întâlnite și direcțiile de cercetare ce pot fi îmbunătățite.

Capitolul 3 este un captiol dedicat în întregime proceselor și fenomenelor care permit crearea imaginii ecografice în modul B. Pe lângă fenomenele fizice care stau la baza procesului, sunt arătați și explicați toți pașii care conduc de la semnalul brut, achiziționat de traductor la imaginea ecografică prezentată pe monitor. Se pune accent pe caracteristicile imaginii ecografice. Se prezintă și modul de formare a celor mai frecvente tipuri de artefacte.

Capitolul 4 prezintă o contribuție majoră domeniului non invaziv și anume modelul tisular hepatic folosit la studiul fibrozei. Acest model simulează la nivel de detalii microscopice anatomia unui țesut hepatic. Modelul permite simularea atât a țesutului sănătos cât și a diverselor grade de fibroză. Se prezintă în detaliu modelul tisular, parametrii modelului și patologiile ce pot fi simulate cu ajutorul lor. Modelul tisular este foarte util în studiul fibrozei pentru că elimină practic majoritatea limitărilor impuse de imaginile ecografice reale (volum limitat de date, prezența artefactelor, variabilitatea diagnosticului). Modelul tisular introdus aici este cel mai detaliat model existent în literatura de specialitate. Modelul tisular dezvoltat

aici și concluziile trase pe baza lui au fost diseminate în comunitatea științifică internațională printr-o lucrare publicată într-un jurnal de prestigiu în domeniul ultrasonografiei medicale.

Capitoul 5 este concentrat pe analiza texturală. Se prezintă pe larg metodele de descriere texturală și metodele de învățare supervizată folosite în diagnosticul non invaziv. În acest capitol se prezintă o altă contribuție importantă și anume o metodologie riguroasă de antrenare și evaluare a clasificatorilor. Tot aici se prezintă validarea algoritmilor de analiză texturală dezvoltați.

Capitolul 6 introduce o altă contribuție semnificativă atât pentru domeniul viziunii artificiale cât și pentru domeniul diagnosticului non invaziv. Aici este prezentată o metodă originală de detecție a artefactelor din imagine prin cuantificarea locală a anizotropiei, cuantificare ce are loc doar într-un anumit spectru de frecvențe. Metoda este mai apoi folosită pentru dezvoltarea unor algoritmi ce permit înlocuirea expertului uman într-un pas important al analizei texturale și anume stabilirea automată a regiunilor de interes. Metoda de detecție a anizotropiei propusă aici este deosebit de robustă și utilă atunci când se procesează imagini generate folosind o radiație monocromă și coerentă. Aceste imagini vor prezenta o textură de tip *speckle* datorită proceselor de interferență inerente acestui mod de vizualizare.

Capitolul 7 este dedicat experimentelor și studiului aplicațiilor practice în diagnosticul non invaziv. Se prezintă loturile de pacienți, imaginile ecografice folosite precum și modul în care s-a stabilit diagnosticul pacienților. În continuare, se prezintă o nouă contribuție în aria diagnosticului non invaziv. Este vorba de o metodă care etichetează în mod automat imaginile din baza de date, selectând doar imaginile care sunt utile în diagnosticul non invaziv. Restul capitolului este împărțit între studiul celor două mari patologii, steatoza și fibroza. În cadrul fiecărei patologii se prezintă rezultatele metodologiei clasice de diagnostic urmată de prezentarea rezultatelor folosind metodele propuse.

Capitolul 8 concluzionează lucrarea.

Lucrarea de față aduce contribuții importante atât domeniului viziunii artificiale cât și diagnosticului non invaziv. Metoda propusă de detecție a anizotropiei locale, dependentă de rezoluție este deosebit de robustă iar aplicațiile ei în detecția artefactelor din imaginea ecografică automatizează procesul de diagnostic atât în cazul fibrozei cât și în cazul steatozei. Detecția anizotropiei dependente de rezoluție este o contribuție fundamentală la domeniul viziunii artificiale, metodă ce nu este limitată ca aplicație practică doar la imaginile ecografice. Ea poate fi aplicată cu succes și în alte domenii, domenii ce folosesc o radiație coerentă, iar imaginile capturate au aspectul de *speckle*.

În această lucrare am evaluat posibilitatea de detecție non invazivă a patologiilor hepatice difuze folosind mijloace specifice domeniului procesării imaginilor și viziunii artificiale. Am arătat posibilitățile și limitările metodelor actuale prezentate în literatură.

Propunerea unui model tisular hepatic permite evaluarea impactului diferiților factori asupra detecției fibrozei. Acești factori pot fi cuantificați cu precizie în cadrul modelului, lucru care nu se poate întâmpla în cazul imaginilor provenite de la pacienți.

Metodele propuse în domeniul viziunii artificiale au fost aplicate cu succes pentru îmbunătățirea performanțelor de diagnostic a ecografiei uzuale. Rezultatele și contribuțiile aduse diagnosticului non invaziv au un grad mare de relevanță datorită volumului foarte mare de pacienți examinați și datorită utilizării biopsiei hepatice ca diagnostic de referință.

Pe scurt, contribuțiile personale în domeniul procesării de imagini și al diagnosticului non invaziv sunt:

1. Studiul literaturii de specialitate privind metodele de analiză texturală:

- Prezentarea a nouă algoritmi de descriere texturală folosiți în literatura de specialitate;
 - Prezentarea a doi algoritmi de învățare supervizată, a unui algoritm de selecție a trăsăturilor relevante și a trei metode de evaluare a performanțelor de învățare;
 - Am propus utilizarea a doi noi coeficienți (coeficientul de corelație și eroarea de potrivire) în descrierea comportamentului ultrasunetelor în țesutul uman;
 - Am argumentat teoretic și exemplificat numeric avantajele folosirii statisticii Kappa în caracterizarea numerică a sistemelor de învățare supervizată.
2. Studiul literaturii de specialitate privind metodele de diagnostic non invaziv al patologiilor hepatice difuze:
 - Sinteză a literaturii de specialitate axate pe procesarea imaginilor, cu prezentarea metodologiilor ce încearcă îmbunătățirea diagnosticului ecografiei în modul B;
 - Prezentarea diverselor abordări pentru principalii pași (selecția de pacienți, achiziția de imagini, regiuni de interes, analiză texturală);
 - Evidențierea avantajelor și limitărilor acestor abordări;
 - Un studiu succint al literaturii medicale în domeniul diagnosticului non invaziv hepatic în care se arată ce tehnici imagistice non invazive, altele decât cele bazate pe ecografia clasică sunt acceptate în practica medicală curentă.
 3. Prezentarea unei sinteze largi a conceptelor implicate în generarea imaginii ecografice.
 4. Propunerea unei metodologii de antrenare și estimare a performanțelor schemelor de învățare supervizată:
 - Introducerea în domeniul diagnosticului non invaziv a unei metodologii riguroase de antrenare și evaluare a metodelor de învățare supervizată;
 - Metodologia propusă ia în considerare specificul domeniului medical: seturi de date în care clasele nu sunt egal reprezentate, valori lipsă pentru diverse trăsături, volum redus etc.
 5. Propunerea unei metode de detecție a anizotropiei locale dependentă de rezoluție:
 - Detecția anizotropiei locale este special dezvoltată ținându-se seama de particularitățile și constrângerile imaginii ultrasonografice;
 - Metoda propusă aici a fost testată și validată riguros:
 - Am demonstrat robustețea metodei față de principalii parametri. Acest lucru face ca metoda propusă să poată fi ușor adaptată altor tipuri de imagini;
 - Am arătat avantajele metodei propuse comparativ cu alte metode asemănătoare prezentate în literatură;
 - Am demonstrat faptul că metoda propusă este robustă și potrivită procesării de imagini ecografice hepatice;
 - Metoda de detecție a anizotropiei este deosebit de utilă în domeniile în care se produc imagini caracterizate de texturi de tip *speckle*. Astfel de texturi se întâlnesc atunci când scena este vizualizată folosind o radiație monocromă și coerentă;

- Metoda propusă are un înalt caracter teoretic. Cu toate acestea, aplicațiile practice ale metodei în domeniul diagnosticului non invaziv sunt foarte importante, ele permițând reducerea variabilității dependente de expert;
 - O altă contribuție adusă domeniului viziunii artificiale este faptul că am propus o metodă de evaluare a performanțelor segmentării independentă de pragul de binarizare.
6. Detecția artefactelor din imaginea ecografică:
- Am dezvoltat o aplicație practică a detecției anizotropiei locale dependente de rezoluție;
 - Am arătat că metoda de detecție a anizotropiei este ușor de folosit în practică. Mai mult, robustețea metodei permite obținerea de rezultate bune chiar și atunci când „valoarea de adevăr” folosită ca referință prezintă zgomot și este greu de definit chiar și de către experții umani;
 - Algoritmii ce stabilesc automat regiunile de interes propuși aici urmăresc fidel toate recomandările întâlnite în literatură. Regiunile stabilite sunt în plin parenchim hepatic evitând artefactele și elementele anatomiche majore;
 - Stabilirea automată a regiunilor de interes este o contribuție majoră adusă diagnosticului non invaziv prin reducerea variabilității dependente de expert.
7. Propunerea unui model tisular hepatic și simularea imaginilor ecografice:
- Modelul tisular hepatic propus simulează în detaliu țesutul hepatic la nivel microscopic;
 - Modelul tisular este foarte flexibil, parametrii lui permițând simularea întregului spectru de variații anatomice ale diverselor caracteristici normale. În plus, modelul permite variații atât ale cantității cât și a modului de distribuție a fibrozei în țesut. În acest fel, toate cele 5 stadii Metavir ale fibrozei pot fi simulate cu acuratețe;
 - Modelul tisular propus aici este creat pe baza măsurătorilor cantitative ale biopsiilor hepatice;
 - Nivelul de detaliu în care acest model este prezentat este suficient pentru a permite o implementare facilă;
 - Modelul propus poate fi adaptat cu ușurință astfel încât să se poată simula distribuția fibrozei după alte scoruri întâlnite în literatura medicală;
 - Modelul tisular a fost dezvoltat pentru a evalua cu precădere performanțele de diagnostic ale ecografiei uzuale în modul B. Datorită faptului că modelul înglobează interfețele prezente în țesut, acesta poate fi folosit pentru a evalua și alte metode imagistice ce se bazează pe propagarea și reflexia ultrasunetelor;
 - Cunoașterea cu precizie a substratului anatomic (stadiul fibrozei) și independența față de lotul de pacienți permite studierea impactului diversilor parametri tisulari asupra ratelor de detecție a fibrozei;
 - Simularea unor elemente macroscopice permite compararea puterii de discriminare a expertului uman cu puterea de discriminare a sistemului de analiză texturală. Acest lucru este imposibil de făcut folosind ecografii clasice deoarece nu se cunosc cu precizie parametrii anatomici ai țesutului examinat;
 - Modelul tisular hepatic permite obiectivarea studiilor în diagnosticul non invaziv al fibrozei deoarece el rezolvă limitările inerente folosirii datelor

medicale (volum redus, imagini cu artefacte, variabilitate indusă de expertul uman etc.).

8. Testarea și validarea riguroasă a algoritmilor și metodelor implementate și folosite de-a lungul acestei lucrări:
 - Dezvoltarea unor modele matematice ce pot genera seturi de date folosite la evaluarea și validarea performanțelor sistemelor de învățare supervizată;
 - Prezentarea de metode de validare complexe ale algoritmilor de descriere texturală, ale algoritmilor de clasificare și ale algoritmilor de simulare a imaginilor ultrasonografice;
 - Modulele software dezvoltate sunt validate și adecvate scopului pentru care au fost dezvoltate.
9. Includerea de loturi de pacienți cu volum mare și patologii relevante:
 - Loturile de pacienți sunt mari comparativ cu alte lucrări care abordează diagnosticul non invaziv al patologiilor difuze;
 - Relevanța medicală a patologiilor studiate este foarte mare. Criteriile de includere și diagnosticul pacienților sunt stabilite și respectate riguros. Aceste criterii au fost puse la punct împreună cu partenerii medicali;
 - Valoarea de referință pentru evaluarea instrumentelor de diagnostic non invaziv este biopsia hepatică. Acest lucru, împreună cu volumul mare de pacienți conferă un înalt grad de încredere rezultatelor prezentate în lucrare;
 - Protocolul de achiziție a imaginilor ultrasonografice propus este conceput ținându-se seama de particularitățile organului studiat, al patologiilor dar și de fizica și modul de generare a imaginii ecografice. Protocolul a fost creat special pentru procesarea ulterioară a ecografiilor.
10. Propunerea unei metode de etichetare a imaginilor ecografice:
 - Dezvoltarea unui sistem de analiză texturală care discriminează între diferitele tipuri de ecografii achiziționate în timpul examinării clinice curente;
 - Dezvoltarea unei prime aplicații ale metodelor de învățare supervizată și descriere texturală, aplicație care reușește să surprindă expertiza unui medic radiolog în recunoașterea organului examinat;
 - Performanțele metodei dezvoltate au permis integrarea acesteia imediată în lanțul de management al datelor medicale și eliberarea unei resurse prețioase, expertul uman.
11. Contribuțiile personale în detecția non invazivă a steatozei sunt:
 - Studiul riguros al eficienței metodelor existente în literatură pe un volum mare de pacienți;
 - Propunerea de doi noi coeficienți care cuantifică comportamentul razelor ultrasonice în țesutul uman. Unul din acești coeficienți este relevant în cuantificarea steatozei hepatice;
 - Studiul impactului altor patologii asupra detecției steatozei. Am evidențiat impactului fibrozei asupra ratelor de detecție ale steatozei și faptul că un grad înalt de fibroză poate masca steatoza;
 - Propunerea unui algoritm automat de stabilire a regiunilor de interes. Am arătat că acest algoritm este la fel de performant în detecția steatozei ca și un medic radiolog cu experiență;

- Eliminarea variabilității dată de expertul uman permite ca metoda de diagnostic non invaziv să poată fi utilizată și de medici fără experiență în radiologie (medici generaliști);
 - Studiul detecției steatozei folosind parametri biologici. Acesta este primul studiu de acest fel din literatura de specialitate privind diagnosticul non invaziv al steatozei;
 - Dezvoltarea unui instrument software de diagnostic non invaziv, instrument pus la dispoziția medicilor și folosit în practica clinică curentă.
12. Contribuțiile personale în detecția non invazivă a fibrozei sunt:
- Studiul riguros al eficienței metodelor de diagnostic non invaziv bazate pe analiza texturală existente în literatură, studiu aplicat pe un volum mare de pacienți;
 - În lucrarea de față se regăsesc majoritatea algoritmilor de caracterizare texturală folosiți în diagnosticul non invaziv al fibrozei. În plus față de aceștia am mai inclus încă doi algoritmi, folosiți în premieră în detecția non invazivă a fibrozei;
 - Am efectuat un studiu despre impactul steatozei asupra detecției fibrozei. Am arătat că cele două patologii interacționează puternic, efectele uneia putând masca efectele celeilalte asupra texturii imaginii ecografice;
 - În lucrarea de față am cuantificat pentru prima dată variabilitatea dată de expertul uman care poziționează regiunile de interes. Am demonstrat riguros statistic faptul că performanța analizei texturale depinde de expertul care poziționează regiunea de interes;
 - Am utilizat algoritmul de detecție a anizotropiei propus aici pentru a pune la punct un algoritm care poziționează automat regiuni de interes pe imaginea ecografică eliminând astfel variabilitatea dată de expertul uman;
 - Eliminarea variabilității dată de expertul uman permite ca metoda de diagnostic non invaziv să poată fi utilizată și de medici fără experiență în radiologie (medici generaliști);
 - Cu ajutorul modelului tisular hepatic propus am demonstrat că analiza texturală este mult mai sensibilă decât expertul uman la modificările subtile ale imaginii ecografice;
 - Imaginile ecografice sintetizate pe baza modelului tisular hepatic au ajutat la identificarea factorilor care determină modificările texturale în cazul fibrozei. Astfel, am arătat limitările analizei texturale în cazul fibrozei. Am evidențiat ce parametri tisulari au impact mai mare asupra texturii imaginii. De asemenea, am identificat noi direcții de cercetare în detecția non invazivă a fibrozei, pe baza ecografiei uzuale;
 - Detecția non invazivă a fibrozei folosind parametri biologici este suficient de performantă pentru a fi utilizată în practica clinică. Am identificat care sunt parametrii cei mai valoroși în caracterizarea fibrozei, precum și faptul că se poate dezvolta un sistem de detecție a fibrozei care să necesite doar parametri biologici ușor de achiziționat în orice unitate medicală cu o dotare minimală;
 - Dezvoltarea unui instrument software de diagnostic non invaziv, instrument pus la dispoziția medicilor și folosit în practica clinică curentă.

În cifre, lucrarea de față are un număr de peste 80 figuri și grafice, peste 70 tabele, peste 140 ecuații și 123 citări bibliografice din literatura de specialitate. Cercetările întreprinse aici au fost diseminate prin participarea la numeroase conferințe internaționale și prin publicarea de 37 de articole în reviste naționale și internaționale.

Această lucrare a beneficiat din plin de participarea în trei granturi de cercetare, toate având ca temă dominantă diagnosticul non invaziv. De asemenea, aş vrea să menționez câștigarea unei burse de tip BD finanțată de Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior, pe perioada 2007-2010.

Contribuțiile aduse domeniilor viziunii artificiale și diagnosticului non invaziv precum și rezultatele obținute sunt bine integrate în activitatea științifică internațională. Pentru fiecare direcție de cercetare abordată aici am făcut un studiu riguros al literaturii de specialitate. Algoritmii și metodele dezvoltate în cadrul acestei teze au fost comparați cu cele mai recente și consacrate tehnici întâlnite în literatură. Contribuțiile și rezultatele au fost diseminate în comunitatea științifică națională și internațională printr-un număr de 37 articole și prezentări orale, dintre care un articol într-un jurnal cotate *ISI*, șapte articole publicate în reviste indexate *BDI* și opt articole prezentate la conferințe a căror volume sunt indexate *ISI* sau *BDI*.

În cadrul celor trei granturi de cercetare axate pe diagnosticul non invaziv am contribuit ca autor și coautor la un număr de 18 rapoarte de cercetare, astfel:

- Proiect CEEX 94/2006 – FINALISM – 6 rapoarte de cercetare;
- Proiect CEEX 71/2006 – SIDEF – 7 rapoarte de cercetare;
- Proiect PNCDI2-Parteneriate-41-071/2007 – SONOFIBROCAST – 5 rapoarte de cercetare.

Activitatea de cercetare s-a concretizat și în două instrumente software de diagnostic non invaziv pentru patologii studiate, fibroză și respectiv steatoză. Aceste instrumente sunt puse la dispoziția medicilor clinicieni și folosite în practica clinică curentă.

Bibliografie Selectivă

- [1] I. Guha and W. M. Rosenberg, "Noninvasive Assessment of Liver Fibrosis: Serum Markers, Imaging, and Other Modalities," *Clinics in Liver Disease*, vol. 12, pp. 883-900, Nov. 2008.
- [2] S. Bonekamp, I. Kamel, S. Solga, and J. Clark, "Can imaging modalities diagnose and stage hepatic fibrosis and cirrhosis accurately?," *Journal of Hepatology*, vol. 50, pp. 17-35, Jan 2009.
- [3] G. T. Cao, P. F. Shi, and B. Hu, "Liver fibrosis identification based on ultrasound images," *2005 27th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vols 1-7*, pp. 6317-6320, 2005.
- [4] G. T. Cao, P. F. Shi, and B. Hu, "Liver fibrosis identification based on ultrasound images captured under varied imaging protocols," *J Zhejiang Univ Sci B*, vol. 6, pp. 1107-1114, Nov 2005.
- [5] D. Gaitini, Y. Baruch, E. Ghersin, E. Veitsman, H. Kerner, B. Shalem, G. Yaniv, C. Sarfaty, and H. Azhari, "Feasibility study of ultrasonic fatty liver biopsy : texture vs. attenuation and backscatter," *Ultrasound in Medicine and Biology*, vol. 30, pp. 1321-1327, Oct 2004.
- [6] D. Gaitini, M. Lederman, Y. Baruch, E. Ghersin, E. Veitsman, H. Kerner, B. Shalem, G. Yaniv, C. Sarfaty, and H. Azhari, "Computerised analysis of liver texture with correlation to needle biopsy," *Ultraschall Med*, vol. 26, pp. 197-202, Jun 2005.
- [7] Z. F. Lu, J. A. Zagzebski, and F. T. Lee, "Ultrasound backscatter and attenuation in human liver with diffuse disease," *Ultrasound in Medicine and Biology*, vol. 25, pp. 1047-1054, Sep 1999.

- [8] H. Yamada, M. Ebara, T. Yamaguchi, S. Okabe, H. Fukuda, M. Yoshikawa, T. Kishimoto, H. Matsubara, H. Hachiya, H. Ishikura, and H. Saisho, "A pilot approach for quantitative assessment of liver fibrosis using ultrasound: preliminary results in 79 cases," *Journal of Hepatology*, vol. 44, pp. 68-75, Jan 2006.
- [9] W. C. Yeh, S. W. Huang, and P. C. Li, "Liver fibrosis grade classification with B-mode ultrasound," *Ultrasound in Medicine and Biology*, vol. 29, pp. 1229-1235, Sep 2003.
- [10] P. Bedossa, D. Dargere, and V. Paradis, "Sampling variability of liver fibrosis in chronic hepatitis C," *Hepatology*, vol. 38, pp. 1449-1457, 2003.
- [11] R. Wagner, S. Smith, J. Sandrik, and H. Lopez, "Statistics of speckle in ultrasound B-scans," *Ieee Trans. Sonics Ultrasonics.*, vol. 30, pp. 156-163, 1983.
- [12] W. R. Hendee and E. R. Ritenour, *Medical imaging physics*, 4th ed. New York ; Wiley-Liss., 2002.
- J. Jan, *Medical image processing, reconstruction, and restoration: concepts and methods*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2006.
- [13] R. I. Badea, M. Duda, P. A. Mircea, and F. Stamatian, *[Clinical Ultrasonography]* vol. I. Bucuresti: Editura Medicala, 2000.
- [14] H. Gao, H. Choi, P. Claus, S. Boonen, S. Jaecques, G. Van Lenthe, G. Van Der Perre, W. Lauriks, and J. D'hooge, "A fast convolution-based methodology to simulate 2D/3D cardiac ultrasound images," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 56, pp. 404-409, 2009.
- [15] T. Yamaguchi and H. Hachiya, "Modeling of the Cirrhotic Liver Considering the Liver Lobule Structure," *Jpn J Appl Phys*, vol. 38, pp. 3388-3392, 1999.
- [16] A. R. Crawford, X. Z. Lin, and J. M. Crawford, "The normal adult human liver biopsy: a quantitative reference standard," *Hepatology*, vol. 28, pp. 323-331, Aug 1998.
- [17] "Intraobserver and interobserver variations in liver biopsy interpretation in patients with chronic hepatitis C. The French METAVIR Cooperative Study Group," *Hepatology*, vol. 20, pp. 15-20, Jul 1994.
- [18] J. Jensen and N. Svendsen, "Calculation of pressure fields from arbitrarily shaped, apodized, and excited ultrasound transducers," *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 39, pp. 262-267, 1992.
- [19] R. G. Dantas, E. T. Costa, and S. Leeman, "Ultrasound speckle and equivalent scatterers," *Ultrasonics*, vol. 43, pp. 405-420, May 2005.
- [20] A. Materka and M. Strzelecki, "Texture analysis methods a review," Technical University of Lodz, Institute of Electronics, 1998.
- [21] R. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*: Prentice Hall, 2002.
- [22] T. Randen and J. H. Husoy, "Filtering for texture classification: A comparative study," *Ieee Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, pp. 291-310, Apr 1999.
- [23] W. Kinsner, "A unified approach to fractal dimensions," *ICCI 2005: Fourth IEEE International Conference on Cognitive Informatics - Proceedings*, pp. 58-72, 2005.
- [24] D. Boukerroui, J. A. Noble, and M. Brady, "On The Selection Of Band-Pass Quadrature Filters," in *Frontiers in robotics research*, M. A. Denket, Ed., ed New York: Nova Science Publishers, 2006, pp. 69-112.
- [25] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani, *The elements of statistical learning*: Springer Series in Statistics, 2001.
- [26] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani, "Additive logistic regression: A statistical view of boosting," *Annals of Statistics*, vol. 28, pp. 337-374, Apr 2000.
- [27] I. Witten and E. Frank, *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*: Morgan Kaufmann Pub, 2005.
- [28] S. Russell, P. Norvig, J. Canny, J. Malik, and D. Edwards, *Artificial intelligence: a modern approach*: Prentice hall Englewood Cliffs, NJ, 1995.

Articole publicate

Jurnale cotate ISI, cu factor de impact

- [1] C. Vicas, M. Lupsor, R. Badea, and S. Nedevschi, "Usefulness of Textural Analysis as a Tool for Non-Invasive Liver Fibrosis Staging," *Journal of Medical Ultrasonics*, 2011, DOI: 10.1007/s10396-011-0307-x

Jurnale indexate BDI (Mathematical Reviews)

- [2] **C. Vicas**, M. Lupsor, M. Socaciu, R. Badea, and S. Nedevschi, "Liver Fibrosis detection by the means of texture analysis. Limitations and further development directions," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 19, pp. 397-402, 2010.
- [3] **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Lupsor, and R. Badea, "Fibrosis detection using ultrasound and serological markers as features for additive logistic regression.," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 18, pp. 206-211, 2009.
- [4] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, H. Ștefănescu, M. Socaciu, C. Radu, D. Crisan, and M. Grigorescu, "The performance of attenuation coefficient computed on the ultrasound image in quantifying liver steatosis in diffuse liver diseases patients," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 18, pp. 199-205, 2009.
- [5] S. Nedevschi, **C. Vicas**, M. Lupsor, R. Badea, and M. Grigorescu, "The employment of textural and non textural image analysis algorithms in assessing the diffuse liver diseases," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 17, pp. 12-17, 2008.
- [6] R. Badea, M. Lupsor, H. Ștefănescu, **C. Vicas**, D. Mitrea, M. Socaciu, and S. Nedevschi, "Integrated procedures of evaluating the hepatic morphology, for the non-invasive detection and quantification of steatosis and fibrosis based on the ultrasound diagnosis," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 17, pp. 1-11, 2008.
- [7] **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Lupsor, R. Badea, and M. Grigorescu, "Steatohepatitis Detection from Ultrasound Images Using Attenuation and Backscattering Coefficients," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 16, pp. 20-26, 2007.
- [8] **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Lupsor, and R. Badea, "Fibrosis detection from ultrasound imaging. The influence of necro-inflammatory activity and steatosis over the detection rates," *Automat. Comput. Appl. Math.*, vol. 16, pp. 26-32, 2007.

Conferințe indexate ISI (ISI Proceedings)

- [9] **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Lupsor, and R. Badea, "Automatic detection of liver capsule using Gabor filters. Applications in steatosis quantification," *IEEE Proc.Intelligent Computer Comm. Process.*, pp. 133-140, Aug. 2009.
- [10] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, C. Radu, D. Crisan, Z. Sparchez, A. Serban, and H. Branda, "Ultrasonographic diagnosis of nonalcoholic steatohepatitis based on the quantitative evaluation of the ultrasound beam behavior into the liver," *Proc. Int. Conf. Automation, Quality and Testing, Robotics*, pp. 112-117, 2008
- [11] M. Grigorescu, C. Radu, M. Lupsor, **C. Vicas**, S. Nedevschi, R. Badea, Z. Sparchez, D. Crisan, and A. Serban, "Comparison between attenuation coefficient computed on the ultrasound image and a biological marker, adiponectin, in the diagnosis of steatosis in non-alcoholic fatty liver disease," *Proc. Int. Conf. Automation, Quality and Testing, Robotics*, vol. 3, pp. 118-122 2008.

Conferințe internaționale indexate BDI (IEEEExplore, INSPEC, SCOPUS)

- [12] **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Lupsor, and R. Badea, "Detection and Staging of Liver Fibrosis Using Additive Logistic Models," in *Eleventh IASTED Int. Conf. Artificial Intelligence and Applications*, Innsbruck, Austria, 2011, pp. 95-100.
- [13] **C. Vicas** and S. Nedevschi, "Performance Evaluation of the Textural Analysis Algorithms in Liver Fibrosis Detection Using Ultrasound Software Phantoms," in *2010 IEEE 6th Int. Conf. Intelligent Computer Communication and Processing*, Cluj-Napoca, 2010, pp. 155-162.
- [14] **C. Vicas**, M. Lupsor, R. Badea, and S. Nedevschi, "Detection of anatomical structures on ultrasound liver images using Gabor filters " in *Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2010 IEEE International Conference on* Cluj Napoca, 2010, pp. 249-253.
- [15] C. Radu, M. Grigorescu, M. Lupsor, **C. Vicas**, S. Nedevschi, R. Badea, M. D. Grigorescu, Z. Sparchez, D. Crisan, and D. Feier, "The diagnostic performance of attenuation coefficient computed on the ultrasound image compared to a biochemical marker — SteatoTest — for steatosis quantification in non-alcoholic fatty liver disease " in *Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2010 IEEE International Conference on* Cluj Napoca, 2010, pp. 310-314.
- [16] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, C. Radu, H. Ștefănescu, and D. Crisan, "Non-invasive steatosis assessment in NASH through the computerized processing of ultrasound images: Attenuation versus textural parameters " in *Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2010 IEEE International Conference on* 2010, pp. 333-338.

Alte conferințe internaționale

- [17] S. Nedevschi, **C. Vicas**, D. Mitrea, M. Lupsor, M. Grigorescu, and R. Badea, "Usefulness Of Attenuation And Backscattering Coefficients In Investigating Complex Nonalcoholic Steatohepatitis From Ultrasound Images. Preliminary Results," *Proc. 19'th Biosignal Conference, Brno*, p. paper ID 126, Jun 2008.
- [18] M. Lupsor, S. Nedevschi, **C. Vicas**, R. Badea, M. Grigorescu, S. Tripon, H. Stefanescu, C. Radu, A. Serban, and T. Suteu, "Estimating the fibrosis stage in the human liver tissue using image processing methods on ultrasonographic images. Preliminary results," *Proc. EMMIT, 3rd Ed.*, pp. 311-318, 2007.

Jurnale naționale categoria CNCSIS B,C,D

- [19] R. Badea, M. Lupsor, H. Stefanescu, S. Nedevschi, **C. Vicas**, and D. Mitrea, "Techniques for optimizing the ultrasound method used for accurate discovery and non-invasive evaluation of steatosis, fibrosis and liver restructuring – SIDEF," *Proceedings of ICCP 2008 2-nd Workshop on Computers in Medical Diagnosis, Technical University of Cluj-Napoca*, pp. 1-9, Aug. 2008
- [20] S. Nedevschi, **C. Vicas**, M. Lupsor, R. Badea, and M. Grigorescu, "Usefulness of image processing techniques in assessing the diffuse liver diseases," *Proc. ICCP 2008, 2nd Workshop Computers in Medical Diagnosis, Cluj-Napoca*, pp. 10-15, Aug 2008.
- [21] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Stefanescu, Z. Sparchez, H. Branda, C. Radu, D. Crisan, and A. Serban, "The diagnosis performance of the attenuation coefficient computed on the ultrasonic image in comparison with the classical ultrasonographic examination, to quantify the hepatic fat content in nonalcoholic steatohepatitis patients," *Romanian Journal of Hepatology*, vol. 4, pp. 21-30, 2008.
- [22] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Stefanescu, Z. Sparchez, C. Radu, D. Crisan, and A. Serban, "Detection of steatosis in chronic hepatitis C, based on the evaluation of the attenuation coefficient computed on the ultrasound image," *Medical Ultrasonography*, vol. 10, pp. 13-20, 2008.
- [23] M. Lupsor, R. Badea, S. Nedevschi, **C. Vicas**, S. Tripon, H. Stefanescu, C. Radu, and M. Grigorescu, "The assessment of liver fibrosis using the computerized analysis of ultrasonographic images. Is the virtual biopsy appearing as an option?," *Acta Electrotehnica*, vol. 48, pp. 245-250, 2007.

Capitole în monografii

- [24] M. Lupsor, R. Badea, D. Mitrea, **C. Vicas**, and S. Nedevschi, "Evaluarea și caracterizarea steatozei, fibrozei și restructurării parenchimului hepatic cu ajutorul ultrasonografiei și a metodelor computerizate de analiză a imaginii," in *Actualități în patologia hepatică*, M. Grigorescu and M. Beuran, Eds., ed Cluj Napoca: Editura Medicală Universitară "Iuliu Hațieganu", 2008, pp. 288 – 302.

Rezumate și prezentări orale

- [25] C. Radu, M. Grigorescu, M. Lupsor, **C. Vicas**, S. Nedevschi, R. Badea, Z. Sparchez, D. Crisan, and A. Serban, "Performanța determinării coeficientului de atenuarea al ultrasunetelor comparativ cu un marker biologic (adiponectina) pentru diagnosticul steatozei în FGNA.," *J Gastrointestin Liver Dis.*, vol. 18, p. 82, 2009.
- [26] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, H. Ștefănescu, M. Grigorescu, Z. Sparchez, H. Branda, C. Radu, D. Crisan, A. Serban, and A. Maniu, "Performanța determinării coeficientului de atenuare al ultrasunetelor comparativ cu examinarea ultrasonografică uzuală pentru cuantificarea steatozei la pacienții cu steatohepatită nonalcoolică. ," *Medical Ultrasonography*, vol. 11, pp. 42-43, 2009.
- [27] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, H. Ștefănescu, M. Grigorescu, M. Radu, D. Crisan, Z. Sparchez, H. Branda, A. Serban, and A. Maniu, "The diagnosis performance of the attenuation coefficient computed on the ultrasonic image in comparison with the classical ultrasonographic examination, to quantify the hepatic fat content in nonalcoholic steatohepatitis patients. ," *Proceedings of EASL Special Conference on NAFLD/NASH and related metabolic disease*, p. 169, 2009.
- [28] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, C. Radu, D. Crisan, M. Socaciu, Z. Sparchez, and A. Serban, "The performance of attenuation coefficient computed on the

- ultrasound image in quantifying liver steatosis in nonalcoholic steatohepatitis patients.," *GUT*, vol. 58, p. A197, 2009.
- [29] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, C. Radu, D. Crisan, M. Socaciu, Z. Sparchez, H. Branda, and A. Serban, "Cuantificarea steatozei în hepatita cronică virală C prin calcularea coeficientului de atenuare al ultrasunetelor pe imaginea ecografică.," *J Gastrointestin Liver Dis.*, vol. 18, p. 16, 2009.
 - [30] M. Lupsor, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, Z. Sparchez, A. Serban, H. Branda, M. Florea, and R. Badea, "Steatohepatitis Detection from Ultrasound Images Using Attenuation and Backscattering Coefficients.," *Ultraschall Med*, vol. 29, p. S8, 2008.
 - [31] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, Z. Sparchez, C. Radu, D. Crisan, A. Serban, and M. Socaciu, "The performance of attenuation coefficient computed on the ultrasound image in quantifying liver steatosis in chronic hepatitis C patients. ," *GUT* vol. 57, p. A45, 2008.
 - [32] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, Z. Sparchez, C. Radu, D. Crisan, A. Serban, and M. Socaciu, "Performanța diagnostică a coeficientului de atenuare calculat pe imaginea ecografică în detecția steatozei din hepatita cronică virală C. Rezultate pe un lot de 524 pacienți.," *Romanian Journal of Hepatology*, vol. 4, pp. 74-75, 2008.
 - [33] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, Z. Sparchez, C. Radu, D. Crisan, A. Serban, and H. Branda, "Diagnosis value of the attenuation coefficient computed from ultrasound image for predicting the presence and severity of nonalcoholic steatohepatitis. ," *Ultraschall Med*, vol. 29, pp. S11-S12, 2008.
 - [34] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, M. Grigorescu, H. Ștefănescu, Z. Sparchez, C. Radu, D. Crisan, and A. Serban, "Detection of steatosis in chronic hepatitis C, based on the evaluation of the attenuation coefficient computed on the ultrasound image.," *J Gastrointestin Liver Dis.*, vol. 17, pp. 247-248, 2008.
 - [35] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, S. Tripon, H. Ștefănescu, T. Suteu, C. Radu, and M. Grigorescu, "Estimarea stadiului fibrozei în hepatita cronică virală C folosind metode computerizate de analiza a imaginii ecografice. Rezultate preliminare.," *J Gastrointestin Liver Dis.*, vol. 16, pp. 62-63, 2007.
 - [36] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, H. Ștefănescu, and M. Grigorescu, "Spre "biopsia hepatică virtuală". Detectarea ultrasonografică a steatohepatitei, folosind coeficienții de atenuare și reflexie – rezultate preliminare.," *Romanian Journal of Hepatology*, vol. 3, pp. 52-53, 2007.
 - [37] M. Lupsor, R. Badea, **C. Vicas**, S. Nedevschi, H. Ștefănescu, S. tripon, T. Suteu, C. Radu, and M. Grigorescu, "Estimating the fibrosis stage in chronic hepatitis C patients using image processing methods on ultrasonographic images. Preliminary results.," *Ultraschall Med*, vol. 28, pp. S1-S74, 2007.