



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00827

(22) Data de depozit: 14/12/2020

(41) Data publicării cererii:
30/09/2021 BOPI nr. 9/2021

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN
CLUJ-NAPOCA, STR.MEMORANDUMULUI
NR.28, CLUJ- NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• RUSU-BOTH ROXANA,
STR. AUGUSTIN PRESECAN, NR.8, BL.T1,
AP.14, CLUJ- NAPOCA, CJ, RO;

• CHIRA ROMEO IOAN,
STR.GRIGORE ALEXANDRESCU NR.17,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35 alin.
(20) din HG nr. 547/2008

(54) **METODĂ PENTRU DETECȚIA ȘI EVALUAREA SUFERINȚEI
INTERSTIȚIALE PULMONARE BAZATĂ PE ANALIZA
COMPUTERIZATĂ A IMAGINILOR ECOGRAFICE
(LINIILOR B-PULMONARE)**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru detecția și evaluarea suferinței interstițiale pulmonare bazată pe analiza computerizată a imaginilor ecografice rezultate în urma unei ultrasonografii transtoracice, determinarea și evaluarea modificărilor interstițiale pulmonare prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare într-o listă de indici de analiză și dezvoltarea algoritmilor necesari pentru evaluarea cantitativă a indicilor de analiză a zonei de interes. Metoda conform invenției cuprinde următoarele etape: aplicarea unui filtru Gaussian imaginii ecografice, în vederea eliminării/reducerii eventualelor zgomote, extragerea zonei inițiale de interes, realizată prin eliminarea din imaginea originală a primei treimi pe orizontală, egalizarea histogrammei adaptate pentru scoaterea în evidență a zonelor albe, reducerea paletelor de culori pentru eliminarea artefactelor prin transformarea culorilor care sunt aproape de negru în negru, iar a celor aproape de alb în alb, binarizarea imaginii utilizând o valoare de prag calculată cu metoda Otsu, extracția zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B, aplicarea operațiilor morfologice de "deschidere" și "închidere", în care "deschiderea" se realizează printr-o operație de eroziune urmată de una de dilatare, în vederea eliminării zgomotelor rămase după binarizare care nu reprezintă o linie B, iar "închiderea", printr-o operație de dilatare și apoi eroziune, folosite pentru a elimina micile găuri din liniile B, urmate de determinarea unor construcții ajutătoare sub formă de raze pentru identificarea liniilor B, evaluarea grosimii și a numărului de linii B prezente și evaluarea distanței dintre liniile B determinate.

Revendicări inițiale: 1
Revendicări amendate: 1
Figuri: 3

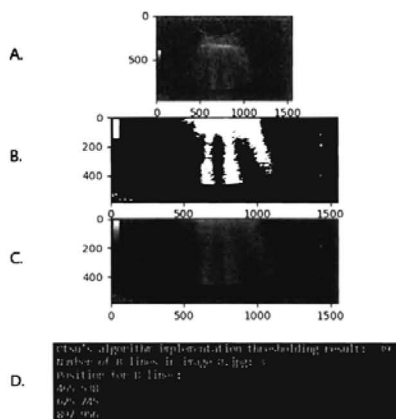
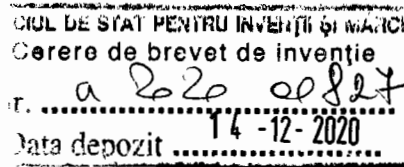


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





33

**METODĂ PENTRU DETECȚIA ȘI EVALUAREA SUFERINȚEI INTERSTIȚIALE
 PULMONARE BAZATĂ PE ANALIZA COMPUTERIZATĂ A IMAGINILOR
 ECOGRAFICE (LINIILOR B-PULMONARE)**

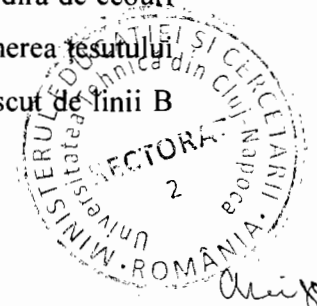
Invenția se referă la o metoda non-invazivă pentru diagnosticarea și evaluarea severității afectării pulmonare la pacienții cu afecțiuni interstițiale pulmonare și insuficiență cardiacă congestivă prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare pe baza procesării avansate a imaginilor ecografice. Analiza acestor caracteristici este deosebit de importantă, cu implicații în special în diagnosticarea și monitorizarea pacienților cu pneumopatii interstițiale (ILD).

Boala pulmonară interstițială (ILD) afectează aproximativ 50% dintre pacienții cu scleroză sistemică (SSc) și 20 până la 60% dintre pacienții cu boală mixtă a țesutului conjunctiv (MCTD) și miopatii inflamatorii (IM) și reprezintă a doua cauză principală de morbiditate și mortalitate acută. Fibroza pulmonară interstițială (FP) poate fi idiopatică în 15-20% din cazuri cu o supraviețuire de 3-5 ani sau asociată cu boli sistemice (sclerodermie, artrită reumatoidă (RA)). Are o prevalență de 300/100000. De asemenea, riscul de a dezvolta ILD în RA pe viață a fost estimat la 7,7%, cu o supraviețuire mediană după diagnostic de numai 2,6 ani. Insuficiența cardiacă acută (AHF) este principala cauză de ILD cu o mortalitate de 20-30% în decurs de 6 luni după externare la nivel mondial [1 → 6].

La ora actuală principalele instrumente pentru urmărirea funcțională și structurală a plămânilor la pacienții cu boală pulmonară interstițială (ILD) sunt testele funcției pulmonare (PFT) și tomografia computerizată de înaltă rezoluție (HRCT), cu costuri mai mari și radiații considerabile și care pot produce, de asemenea, complicații după injectarea mediului de contrast precum leziunile renale. Bolile interstițiale pulmonare (ILD) pot provoca morbiditate considerabilă dacă nu sunt tratate în mod adecvat și este recomandată o monitorizare atentă atât înainte, cât și după diagnosticarea ILD. Prin urmare, radiația ionizantă a HRCT este o problemă de îngrijorare în special pentru monitorizare, deoarece este o cauză recunoscută de cancer din acest motiv monitorizarea pacienților se realizează doar la un interval de 3-4 luni.

Scopul invenției este de a reduce costurile și riscurile pacientului printr-o metodă non-invazivă, repetabilă, disponibilă pe scară largă, fără radiații.

Liniile B pulmonare sunt definite ca artefacte de reverberație verticală hiperecogenă asemănătoare cu laserele care apar din linia pleurală („cozi de cometă”), care se extind până la partea de jos a imaginii ecografice fără a se estompa. Artefactul constă dintr-o dîră de eco-uri dense care seamănă cu o coadă de cometă. Plămânul umplut cu lichid și depunerea țesutului conjunctiv în septurile subpleurale interalveolare sunt asociate cu numărul crescut de linii B



pulmonare, care pot fi prezente în examinarea pulmonară normală [7, 8]. Prezența a 3 sau mai multe linii B între două coaste într-o singură scanare indică o componentă subpleurală a sindromului interstițial. Importanța liniilor B pulmonare în edemul pulmonar acut (APE) și insuficiența cardiacă congestivă a fost deja studiată și stabilită, la pacienții critici și după decompensare cardiacă. „Plămânul alb” care apare la baza pulmonară în (APE) și se extinde sau dispare a fost corelat cu evoluția clinică a pacientului. Liniile B se unesc inițial și rezultă „plămânul alb” și se separă și dispar în cazurile de evoluții favorabile. În cazurile de insuficiență cardiacă congestivă, numărul liniilor B pulmonare poate prezice următorul episod de insuficiență cardiacă decompensată. În cazurile de fibroza pulmonară (PF), numărul liniilor B generate de plămânul fibrotic este, de asemenea, crescut și este corelat cu severitatea și progresia bolii.

Studii realizate până la ora actuală în acest domeniu au demonstrat avantajele evaluării pacienților cu leziuni interstițiale pulmonare prin ultrasonografia transtoracică (US) [1→ 7], însă o metoda pentru detecția liniilor B în mod consecvent și evaluarea acestora nu a fost realizată încă. De asemenea, există studii care corelează rezultatele obținute utilizând ultrasonografia transtoracică (TUS) și tomografia computerizată de înaltă rezoluție (HRCT) în evaluarea fibrozei pulmonare [7], dar nu analizează criteriile de diagnosticare. Nu sunt cunoscute la ora actuală informații cu privire la existența unor metode de identificare a liniilor B și de evaluare cantitativă a acestora pe baza analizei imaginilor ecografice rezultate în urma realizării unei ultrasonografii transtoracice la pacienții cu pneumopatii interstițiale.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția de față constă în dezvoltarea unei metode pentru detecția și evaluarea modificărilor interstițiale pulmonare prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare pe baza procesării avansate a imaginilor ecografice făcând posibilă diagnosticarea și evaluarea severității afectării pulmonare la pacienții cu afecțiuni interstițiale pulmonare și insuficiență cardiacă congestivă în urma realizării unei ultrasonografii transtoracice. Această investigație reprezintă o alternativă accesibilă tomografiei computerizate (CT), cu costuri mai mici, fără expunere la radiații, fiind non invazivă pentru corpul uman. Invenția, metoda dezvoltată pe baza unor tehnici de procesare a imaginii ecografice, poate fi folosită pentru medici atât pentru a identifica cât și pentru a monitoriza pacienții cu pneumopatii interstițiale și insuficiență cardiacă congestivă.

Soluția tehnică a invenției constă în dezvoltarea, implementarea și testarea unor criterii de detecție și diagnostic a liniilor B-pulmonare și cuantificare a acestora la pacienții cu pneumopatii interstițiale și insuficiență cardiacă congestivă prin analiza computerizată a



imaginilor ecografice transtoracice. Aceste criterii au fost dezvoltate pe baza experienței anterioare a echipei de cercetare în ecografia transtoracică și metode de analiză a imaginilor.

Astfel au fost dezvoltate principalele caracteristici ecografice ale afectării pleurale și pulmonare superficiale:

- creșterea numărului liniilor B pulmonare
- creșterea grosimii totale a liniilor B pulmonare sau fuziunea lor
- scăderea distanței dintre liniile B pulmonare
- numărul de spații intercostale în care se detectează mai mult de 2 linii B pulmonare

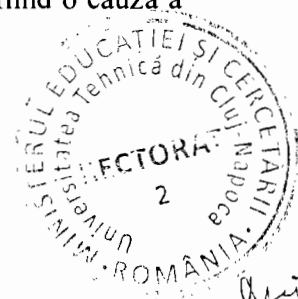
pe secțiunea ecografică.

Având în vedere necesitatea evaluării cantitative a acestor caracteristici medicale, s-a dezvoltat o metodă de detecție computerizată a liniilor B pulmonare și de analiza cantitativă a numărului, grosimii și distanței dintre liniile B pe baza criteriilor proprii reprezentând principala contribuție a acestei invenții.

Metoda de detecție și cuantificare a liniilor B-pulmonare pe baza procesări avansate a imaginilor ecografice, conform invenției, se caracterizează prin următoarele faze: 1) Aplicare filtru Gaussian; 2) Extracție zonă de interes inițială; 3) Egalizarea histogramei adaptată pentru scoaterea în evidență a zonelor albe; 4) Reducerea paletii de culori cu scopul eliminării artefactelor; 5) Binarizarea imaginii cu threshold Otsu; 6) Extracție zona de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B; 7) Aplicarea operațiilor morfologice de "deschidere" și "închidere"; 8) Determinarea unor construcții ajutătoare sub formă de "raze" pentru a identificarea liniilor B; 9) Evaluarea grosimii și numărului de linii B prezente; 10) Evaluarea distanței dintre liniile B determinate.

Metoda pentru diagnosticarea și evaluarea severității afectării pulmonare la pacienții cu afecțiuni interstițiale pulmonare și insuficiență cardiacă congestivă prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare pe baza procesări avansate a imaginilor ecografice conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- Metoda neinvazivă, fără expunere la radiații, pentru corpul uman de detecție a pneumopatiilor interstițiale pe baza imaginilor ecografice rezultate în urma ultrasonografiei transtoracice. Evaluarea ecografică a pacienților cu pneumopatii interstițiale duce la reducerea expunerii la radiații ionizante a pacienților și mediului. Problema radioprotecției este importantă, deoarece doza cumulativă este de 7 mSv per tomografie computerizată (CT), egală cu 2 ani de expunere la lumină naturală, fiind recunoscută ca fiind o cauză a cancerului cu impact asupra sănătății pacientului.



- Reducerea costurilor prin utilizarea ultrasonografiei transtoracice în comparație cu soluțiile de diagnosticare actuale: tomografie computerizată (CT), atât în etapele de screening a pneumopatiilor interstițiale precum și în etapele de monitorizare a pacienților deja diagnosticați cu ILD.
- Accesibilitate largă datorită existenței aparatelor ecografice în majoritatea unităților de primire urgență sau în cabinetele medicilor cu diferite specializări. De asemenea datorită faptului ca aparatele ecografice sunt mobile sau chiar portabile oferă și posibilitatea evaluării inclusiv la patul bolnavului sau în locații greu accesibile. La ora actuală evaluarea standard a afectării interstițiale pulmonare este tomografia computerizată de înaltă rezoluție (HRCT), o metodă insuficient disponibilă și care prezintă, de asemenea, dezavantajul iradierii pentru urmărire.
- Reducerea efectelor secundare în etapa de monitorizare a pacienților diagnosticați cu pneumopatii interstițiale în comparație cu metodele actuale utilizate, tomografia computerizată (CT) care pot duce la complicații renale precum și la dezvoltarea unor alergii datorită agetului de contrast utilizat pentru tomografia computerizată.
- Îmbunătățirea procentajelor de predicție a insuficienței cardiace și creșterea speranței de viață a pacientului, evaluarea ultrasonografică fiind o metodă rapidă de evaluare posibilă inclusiv în unitatea de primire urgență în momentele de decompensare a pacienților cu insuficiență cardiacă.

În continuare se prezintă două exemple de realizare a invenției în legătură cu figura 1 și 2 care reprezintă:

Figura 1. Caz 1:A. Imaginea originală; B. Identificarea linilor B; C. Deeterminarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a linilor B; C) Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.

Figura 2. Caz 2:A. Imaginea originală; B. Identificarea linilor B; C. Deeterminarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a linilor B; C) Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.

Figura 3. Caz 3:A. Imaginea originală; B. Identificarea linilor B; C. Deeterminarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a linilor B; C) Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.



Prima etapă a metodei de detecție și cuantificare a liniilor B-pulmonare presupune aplicarea unui filtru Gaussian pentru a elimina/reduce eventualele zgomote. Prin netezirea imaginilor pe lângă zgomote se pot pierde și unele detalii, dar acestea vor fi recuperate prin operațiile detaliate mai jos. În etapa a doua se extrage zona inițială de interes prin eliminarea din imaginea originală a primei treimi pe orizontală. Această etapă este necesară datorită faptului ca în această zonă se identifică pleura pulmonară, fiind o zonă cu intensitate mai mare care influențează în sens negativ detecția liniilor B aflate în imediata vecinătate. Unele imagini originale, au un contrast scăzut (pixelii au intensități apropiate ca valoare), motiv pentru care este necesară construirea histogramei imaginii și reducerea numărului de intensități de gri pentru a obține un contrast mai bun. Acest lucru se realizează în a treia etapă prin raspândirea eficientă a celor mai frecvente valori de intensitate (pixelilor care apar de mai puține ori în imagine li se atribuie o altă valoare). Datorită faptului ca imaginea încă conține artefacte, acestea trebuie eliminate cât de mult posibil. Pentru aceasta vom reduce numărul de culori din imagine în etapa 4, ceea ce înseamnă că culorile care sunt aproape de negru vor deveni negre și cele care sunt aproape de alb vor deveni albe. După reducerea paletelor de culori imaginea va fi binarizată utilizând o valoare de prag calculat cu metoda Otsu deoarece este o metodă rapidă obținându-se o valoare adaptată pe baza intensităților din fiecare imagine. Pentru ca evaluarea cantitativă a linii B se realizează la 5 cm sub pleura și la 7 cm în etapa 6 se va decupa zona de interes obținându-se un dreptunghi pe care se lucrează mai departe. În urma binarizării există anumite zone de culoare albă care nu reprezintă o linie B, de dimensiune în general mică. De asemenea, în unele linii B există "găuri", adică zona de alb nu e continuă. Pentru a rezolva aceste probleme, în etapa 7 se vor aplica operațiile morfologice de "deschidere" și "închidere". Deschiderea se realizează printr-o operație de eroziune urmată de una de dilatare pentru a elimina obiectele mici, erorile (în cazul nostru zgomotele care rămân după binarizare și care nu reprezintă o linie B). Închiderea este folosită pentru a elimina micile găuri din liniile B (dilatare și apoi eroziune). Liniile B reprezintă zone continue de alb în imagine, având formă de rază. Pentru a determina poziția aproximativă a acestora, în etapa 8 se caută locul de unde începe și locul unde se termină fiecare zonă continuă de alb din imagine. Având aceste poziții se construiește o zonă (în formă de rază sau trapez) pe suprafața căreia ar putea să se întindă o linie B. Apoi, se caută punctele de contur în interiorul formei create pentru a delimita cu precizie liniile B. Următoarele faze a metodei de detecție și cuantificare a liniilor B-pulmonare pe baza procesării avansate a

imaginilor ecografice, conform invenției, se bazează pe analiza cantitativă a liniilor B deja identificate în faza precedentă. caracterizează prin următoarele faze potrivit invenției se bazează pe analiza cantitativă a conturului pleural deja determinat în faza precedentă. Indicatorii relevanți pentru stabilirea unui diagnostic sunt: numărul de linii B, grosimea fiecăreia și distanța dintre acestea (în cazul în care sunt mai multe). Evaluarea acestor indici cantitativi se realizează în etapele următoare la 5 cm sub pleura și la 7 cm sub pleura

Referinte

1. Selman M, Buendía-Roldán I, Pardo A. Aging and pulmonary fibrosis. *Rev Invest Clin.* 2016;68(2):75–83.
2. Cogliati C, Antivalle M, Torzillo D, Birocchi S, Norsa A, Bianco R, Costantino G, Ditto MC, Battellino M, Puttini PCS, et al. Standard and pocket-size lung ultrasound devices can detect interstitial lung disease in rheumatoid arthritis patients. *Rheumatol.* 2014;53(8):1497–503.
3. Bataille B, Rao G, Cocquet P, et al. Accuracy of ultrasound B-lines score and E/Ea ratio to estimate extravascular lung water and its variations in patients with acute respiratory distress syndrome. *J Clin Monit Comput* 2015;29:169-76
4. Iago Pinal-Fernandez 1, Esther Pallisa-Nuñez 2, Albert Selva-O'Callaghan 3, Eva Castella-Fierro 2, Carmen Pilar Simeon-Aznar 3, Vicent Fonollosa-Pla 3, Miquel Vilardell-Tarres 3. Pleural irregularity, a new ultrasound sign for the study of interstitial lung disease in systemic sclerosis and antisynthetase syndrome. *Clin Exp Rheumatol*, Jul-Aug 2015;33(4 Suppl 91):S136-41. Epub 2015 Aug 27.
5. S Sartori, P. Tombesi, “Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases”, *World J Radiol.* 2010;2(6):203–14. DOI: 10.4329/wjr.v2.i6.203
6. Diana Manolescu, Lavinia Davidescu, Daniel Traila, Cristian Oancea, and Voicu Tudorache. The reliability of lung ultrasound in assessment of idiopathic pulmonary fibrosis. *Clin Interv Aging.* 2018; 13: 437–449.
7. Andreas Christe, MD, Alan A. Peters, MD, Dionysios Drakopoulos, MD, Johannes T. Heverhagen, PhD, Thomas Geiser, MD, Thomai Stathopoulou, PhD, Stergios Christodoulidis, PhD, Marios Anthimopoulos, PhD, Stavroula G. Mougiakakou, PhD, and Lukas Ebner, MD. Computer-Aided Diagnosis of Pulmonary Fibrosis Using Deep Learning and CT Images. *Investigative Radiology* • Volume 54, Number 10, October 2019
8. Christoph F. Dietrich, , Gebhard Mathis, Michael Blaivas, Giovanni Volpicelli, Armin Seibel, Daniel Wastl, Nathan S. S. Atkinson, Xin-Wu Cui, Mei Fan, and Dong Yi. Lung B-line artefacts and their use. *J Thorac Dis.* 2016 Jun; 8(6): 1356–1365.



**METODĂ PENTRU DETECȚIA ȘI EVALUAREA SUFERINȚEI INTERSTIȚIALE
PULMONARE BAZATĂ PE ANALIZA COMPUTERIZATĂ A IMAGINILOR
ECOGRAFICE (LINIILOR B-PULMONARE)**

REVENDICARE

Metodă neinvazivă pentru corpul uman, fără expunere la radiații, cu costuri reduse pentru diagnosticarea și evaluarea severității afectării pulmonare la pacienții cu afecțiuni interstițiale pulmonare și insuficiență cardiacă congestivă **caracterizat prin aceea că se bazează pe analiza imaginilor ecografice rezultate în urma ultrasonografiei transtoracice, determinarea și evaluarea modificărilor interstițiale pulmonare prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare într-o listă de indici de analiză, dezvoltarea algoritmilor necesari pentru evaluarea cantitativă a indicilor de analiză a zonei de interes, care poate duce la 1) reducerea costurilor prin utilizarea ultrasonografiei transtoracice atât în etapele de screening a pneumopatiilor interstițiale precum și în etapele de monitorizare a pacienților deja diagnosticați cu ILD; 2) reducerea efectelor secundare în etapa de monitorizare a pacienților și 3) îmbunătățirea procentajelor de predicție a insuficienței cardiace și creșterea speranței de viață a pacientului, evaluarea ultrasonografică fiind o metodă rapidă de evaluare posibilă inclusiv în unitatea de primire urgență în momentele de decompensare a pacienților cu insuficiență cardiacă.**



**METODĂ PENTRU DETECȚIA ȘI EVALUAREA SUFERINȚEI INTERSTIȚIALE
PULMONARE BAZATĂ PE ANALIZA COMPUTERIZATĂ A IMAGINILOR
ECOGRAFICE (LINIILOR B-PULMONARE)**

FIGURI

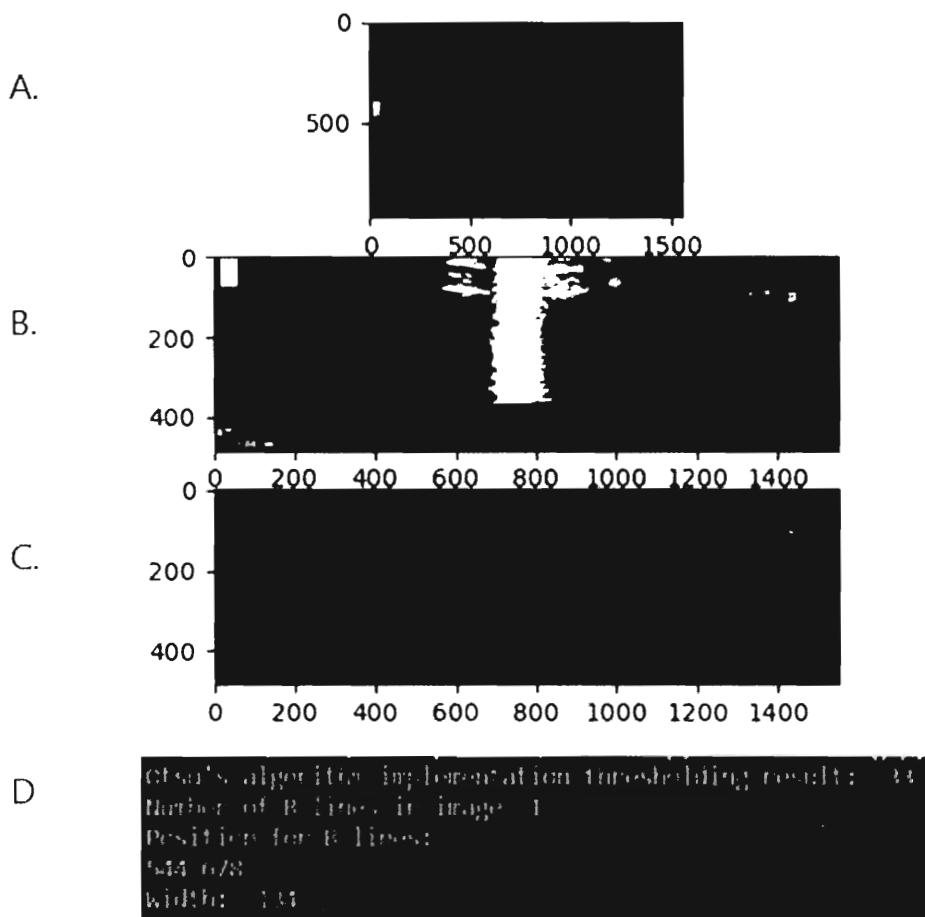


Figura 1. Caz 1: A. Imaginea originală; B. Identificarea liniilor B; C. Determinarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B; D. Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.

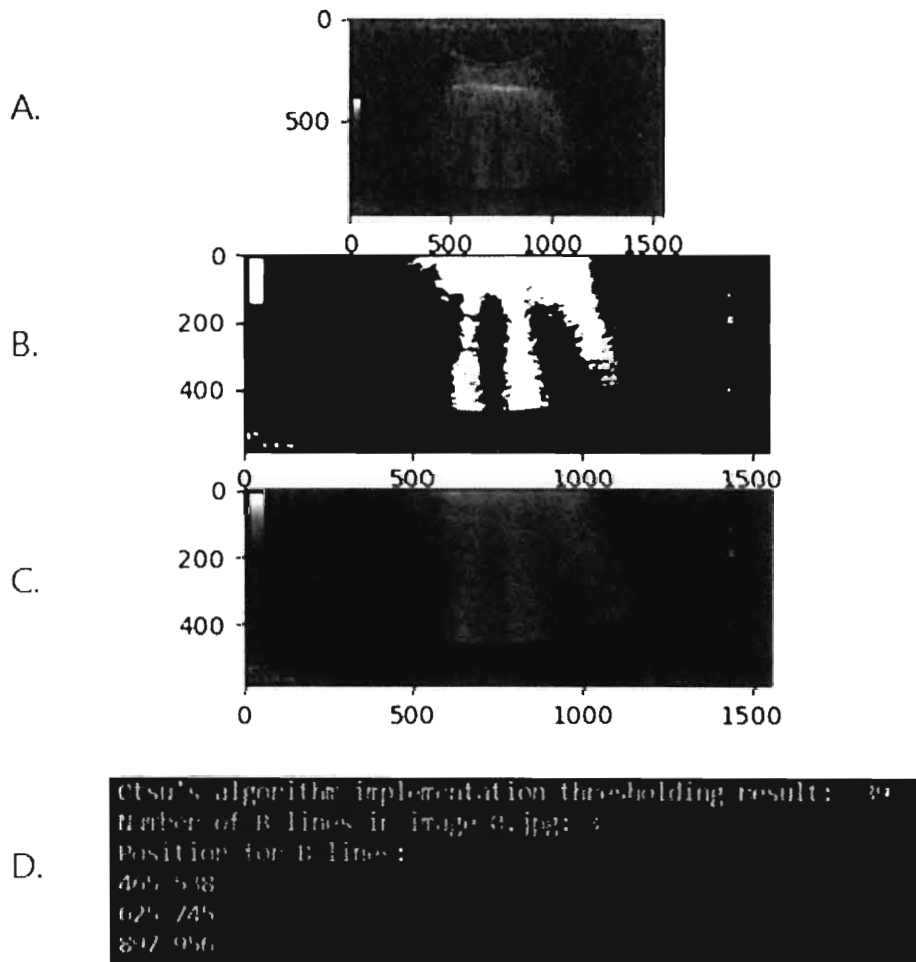


Figura 2. Caz 2:A. Imaginea originală; B. Identificarea liniilor B; C. Determinarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B; D. Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.



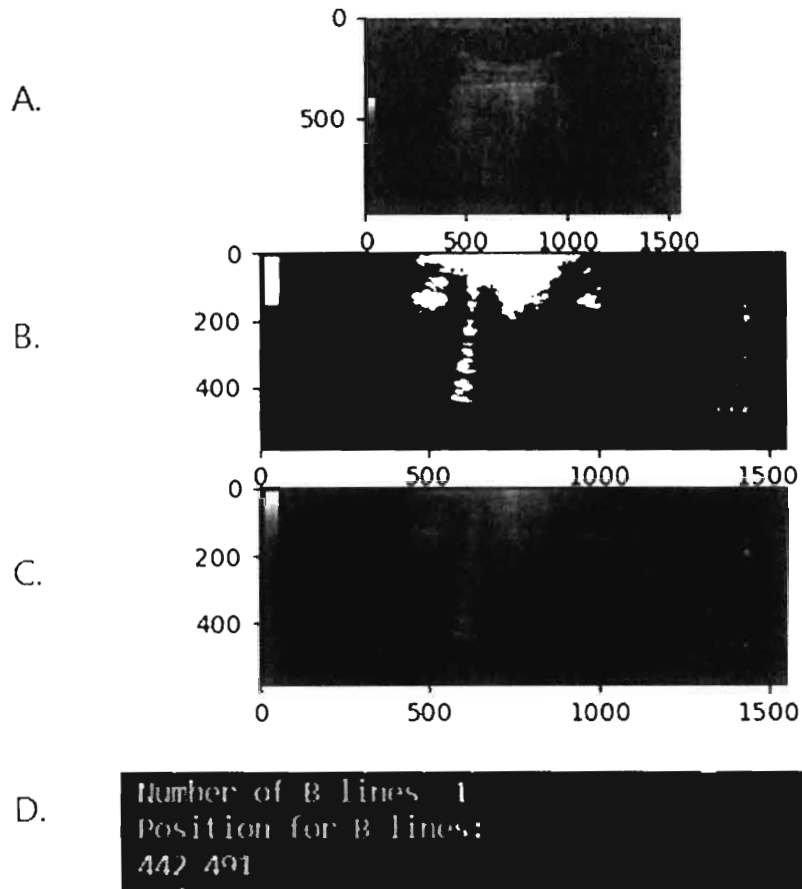


Figura 3. Caz 3: A. Imaginea originală; B. Identificarea liniilor B; C. Determinarea zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B; D. Determinarea numărului de linii B, a poziției acestora în zona de interes și a grosimii.



**METODĂ PENTRU DETECȚIA ȘI EVALUAREA SUFERINȚEI INTERSTIȚIALE
PULMONARE BAZATĂ PE ANALIZA COMPUTERIZATĂ A IMAGINILOR
ECOGRAFICE (LINIILOR B-PULMONARE)**

Revendicări

Metodă neinvazivă pentru corpul uman, fără expunere la radiații pentru diagnosticarea și evaluarea severității afectării pulmonare la pacienții cu afecțiuni interstițiale pulmonare și insuficiență cardiacă congestivă, bazată pe analiza imaginilor ecografice rezultate în urma ultrasonografiei transtoracice, determinarea și evaluarea modificărilor interstițiale pulmonare prin detecția și cuantificarea liniilor B-pulmonare într-o listă de indici de analiză, dezvoltarea algoritmilor necesari pentru evaluarea cantitativă a indicilor de analiză a zonei de interes, **caracterizată prin aceea că presupune următoarele etape:**

- aplicarea unui filtru Gaussian în vederea eliminării/reducerii eventualelor zgomote;
- extragerea zonei inițiale de interes, etapă care se realizează prin eliminarea din imaginea originală a primei treimi pe orizontală, etapă necesară fiindcă în această zonă se identifică pleura pulmonară, fiind o zonă cu intensitate mai mare care influențează în sens negativ detecția liniilor B aflate în imediata vecinătate;
- egalizarea histogramei adaptate pentru scoaterea în evidență a zonelor albe, etapă care constă în construirea histogramei imaginii și reducerea numărului de intensități gri pentru a obține un contrast mai bun și care se realizează prin răspândirea eficientă a celor mai frecvente valori de intensitate – pixelilor care apar de mai puține ori în imagine li se atribuie o altă valoare;
- reducerea paletei de culori în scopul eliminării artefactelor, ceea ce presupune că culorile care sunt aproape de negru vor deveni negre, iar cele care sunt aproape de alb vor deveni albe;
- binarizarea imaginii utilizând o valoare de prag calculat cu metoda Otsu, fiind o metodă rapidă prin care se obține o valoare adaptată pe baza intensităților din fiecare imagine;
- extracția zonei de interes pentru evaluarea cantitativă a liniilor B, etapă care este necesară deoarece evaluarea se efectuează la 5 cm sub pleură și 7 cm sub pleură și care presupune decuparea zonei de interes, obținându-se un dreptunghi pe care se lucrează mai departe;
- aplicarea operațiilor morfologice de deschidere și închidere, etapă în care deschiderea se realizează printr-o operație de eroziune urmată de una de dilatare în vederea eliminării obiectelor mici – în cazul de față zgomotele care rămân după binarizare și care nu reprezintă o linie B - iar închiderea printr-o operație de dilatare și apoi eroziune, folosită pentru a elimina micile găuri din liniile B; această etapă este necesară deoarece în urma binarizării există anumite zone de culoare albă care nu reprezintă o linie B, iar în unele linii B există găuri, zona de alb nefiind continuă;
- determinarea unor construcții ajutătoare sub formă de raze pentru identificarea liniilor B, etapă care se realizează prin căutarea, mai întâi, a punctului de unde începe și a celui în care se termină fiecare zonă continuă de alb din imagine, iar apoi, având aceste poziții, se construiește o zonă – în formă de rază sau trapez – pe suprafața căreia ar putea să se întindă o linie B; apoi se caută punctele de contur în interiorul formei create pentru a delimita cu precizie liniile B;
- evaluarea grosimii și numărului de linii B prezente;
- evaluarea distanței dintre liniile B determinate.

