



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00551

(22) Data de depozit: 02/09/2020

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

(71) Solicitant:
• SPITALUL CLINIC DE URGENȚĂ
CLUJ-NAPOCA, STR. CLINICILOR NR. 3-5,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:
• MĂRGINEAN RADU,
STR. CĂLĂRAȘILOR, NR-7, ALBA-IULIA,
AB, RO;
• ANDREICA ANCA MIRELA,
STR. STEJARULUI, NR.27, BL.CORP C3,
AP.60, COMUNA FLOREȘTI, CJ, RO;

• DIOȘAN LAURA SILVIA,
STR.DIMITRIE ONCIU, NR.16,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• MANOLE SIMONA,
CALEA DOROBANȚILOR, NR.61-63,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• POPA LOREDANA, STR.ALEXANDRU
VAIDA VOIEVOD, NR.6, AP.14,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• SZABO LASZLO, ALEEA RETEZAT, NR.3,
AP.16, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;
• BALINT ZOLTAN, STR.BORHANCIIULUI,
NR.16 CORP 2, AP.2, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO

(54) DISPOZITIV PENTRU DETECTAREA ȘI LOCALIZAREA
AUTOMATĂ A FIBROZEI PE IMAGINI DE REZONANȚĂ
MAGNETICĂ CARDIACĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă pentru detectarea și localizarea automată a fibrozei în imagini de rezonanță magnetică (IRM) cardiacă obținute prin administrarea unui agent de contrast. Metoda conform invenției are la bază un algoritm de mărginire a intensităților dintr-o imagine de rezonanță magnetică cardiacă care se bazează pe observația că în serii de imagini IRM cardiac post-contrast, țesutul fibrotic este reprezentat cu intensitate mai mare decât țesutul normal. Datele de intrare ale algoritmului constau dintr-o imagine de IRM cardiac post-contrast care este prelucrată pentru a obține o locație din imagine unde se vizualizează țesut fibrotic alterat, iar rezultatul obținut este o imagine interactivă a unor pixeli identificați, suprapusă peste imaginea originală, cu marcarea zonei identificate cu o altă culoare.

Revendicări: 2
Figuri: 3

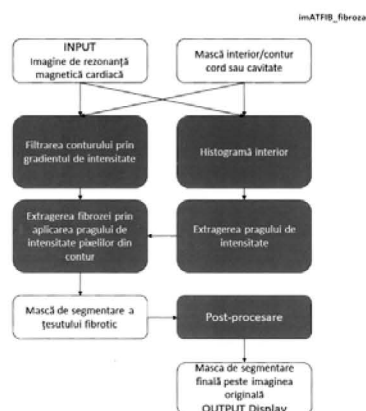


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2020 00551
Data depozit 02-09-2020

RO 135197 A0

24

DISPOZITIV PENTRU DETECTAREA ȘI LOCALIZAREA AUTOMATĂ A FIBROZEI PE IMAGINI DE REZONANȚĂ MAGNETICĂ CARDIACĂ

Invenția se referă la un dispozitiv care utilizează o metodă computațională de detectare și localizare a fibrozei în imagini de rezonanță magnetică cardiacă obținute prin administrarea unui agent de contrast (IRM cardiac, serii MAG PSMDE). Specific, aceasta prelucrează o imagine IRM pentru a obține o locațiile din imagine (i.e. mască de segmentare) unde se vizualizează țesutul alterat fibrotic. Rezultatul procedurii este vizualizat de dispozitiv ca și imagine suprapusă peste cea originală prin marcarea zonei identificate cu o altă culoare.

Invenția este similară cu cele descrise în CA2720858A1 – 2010.10.07 – PCT-US2008-060020 (<https://patentimages.storage.googleapis.com/11/3a/af/98211970e8c172/CA2720858A1.pdf>) sau în <https://patents.justia.com/patent/9492100>, respectiv poate folosi informațiile obținute de exemplu prin aplicarea brevetului WO 2013/140356 A1 - PCT-IB2013-052223 (<https://patentimages.storage.googleapis.com/6a/b5/d9/b7e54e91745842/WO2013140356A1.pdf>), dar bazat pe un sistem complet automat, nesupervizat, fără intervenție personală și oferă o vizualizare interactivă a regiunii de interes identificat.

Detectarea și localizarea automată a fibrozei în imagini de IRM cardiac promite o optimizare a modului de lucru pentru radiologi, asistându-i pe aceștia în detectarea și cuantificarea de țesut fibrotic pentru diagnosticarea de diferite afecțiuni cardiace (e.g., fibrilație atrială). Aceste metode se dovedesc a fi cele mai utile în detecția fibrozei din atriul stâng, unde caracteristicile morfologice ale acestuia determină o reprezentare IRM limitată a fibrozei.

Structura dispozitivului este prezentat pe schița din Figura 1. Input la dispozitiv este o imagine tip DICOM, de IRM cardiac obținut prin administrarea unui agent de contrast. Metoda de procesare a imaginilor și obținerea pixelilor de pe imagine în care semnalul provine de la țesut fibrotic, are la bază un algoritm de mărginire a intensităților din imagine (thresholding). Astfel, pixelii cu o intensitate peste cea a pragului reprezintă țesut fibrotic. Acest prag este determinat în funcție de statistici ale intensităților pixelilor și este aplicat doar pe zone ce reprezintă peretele inimii. În final, masca de segmentare obținută este post-procesată prin filtrarea componentelor conexe cu caracteristici geometrice necorespunzătoare țesutului fibrotic. Metoda este una nesupervizată ce nu necesită existența unui set de date pentru optimizarea parametrilor. Mai mult, rezultatele obținute au un caracter interpretabil din punct de vedere de diagnostic deoarece segmentarea depinde doar de pragul de intensitate. Outputul dispozitivului este o imagine interactivă a pixelilor identificate, suprapusă pe imaginea originală.

Scopul invenției constă în dezvoltarea unui dispozitiv care folosește o metodă automată nesupervizată de detectare, localizare și vizualizare a țesutului fibrotic în IRM cardiac, ce poate fi aplicată cu succes inclusiv în cazuri dificile, precum în detecția fibrozei atriului stâng.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție este legată de identificarea și vizualizarea automată a detecției țesutului fibrotic în imaginile de IRM cardiac.

Se prezintă în continuare un exemplu concret de realizare a invenției în contextul detecției fibrozei din atriul stâng.

O condiție prealabilă este existența unei metode de extragere a zonelor de interes (i.e. atriul stâng în acest caz) din imaginea de IRM cardiac obținut prin administrarea unui agent de contrast. Aceasta poate fi realizată atât manual, cât și prin aplicarea unei metode din literatură [1-2], sau cu ajutorul unui software dedicat.

Algoritmul dispozitivului se bazează pe observația că, în serii de imagini IRM cardiac post-contrast (de ex. MAG PSMDE), țesutul fibrotic este reprezentat cu intensitate mai mare decât țesutul normal. Totuși, din cauza varianței dintre serii, un prag fix de segmentare nu prezintă o metodă robustă de detecție a țesutului fibrotic. Astfel, algoritmul calculează acest prag folosind interiorul atriului – mai precis, pragul este calculat ca fiind intensitatea ce este mai ridicată decât $p\%$ din intensitățile pixelilor ce reprezintă interiorul atriului stâng. Pentru găsirea pragului, histograma interiorului atriului este transformată într-o funcție cumulativă de distribuție. Inversa acestei funcții este folosită pentru a extrage intensitatea mai mare decât $p\%$ din intensitățile pixelilor atriului.

Valoarea parametrului p controlează sensibilitatea metodei (o valoare mai mică a parametrului crește sensibilitatea în detrimentul specificității). O valoare potrivită în cazul procesării atriului stâng în cazul seriilor MAG PSMDE folosite pentru demonstrare în acest caz este de 95%.

Mai mult, deoarece fibroza este situată în peretele atriului stâng, algoritmul este aplicat doar pe un contur de grosime ω pixeli al atriului stâng. Pentru a exclude zonele de intersecție cu venele pulmonare, conturul este extras folosind un filtru matematic (de ex. Sobel), folosit pentru a exclude zonele de contur ce nu prezintă un gradient semnificativ de intensitate. Figura 2 arată exemple de contur și interior ale atriului stâng. Parametrul ω controlează sensibilitatea metodei. Pentru serii de imagini cu dimensiune 256 pixeli \times 256 pixeli, se folosește o valoare $\omega = 5$ pixeli.

Pentru a îmbunătăți calitatea segmentărilor fibrozei atriale, au fost dezvoltate trei metode de post-procesare a segmentării.

Prima metodă se bazează pe observația că un pixel înconjurat de pixeli marcați ca fibroză ar trebui marcat ca fibroză. Aceasta este implementată printr-o operație de închidere morfologică (closing) și este parametrizată de numărul de iterații folosite (2 în exemplul acesta). A doua metodă urmărește filtrarea zgomotului marcat ca fibroză. Astfel, componentele conexe ale segmentului de fibroză cu dimensiune prea mică sunt filtrate. Dimensiunea componentelor este calculată ca lungimea scheletului morfologic. Pentru serii cu dimensiune 256 pixeli × 256 pixeli, sunt considerate doar componentele conexe cu o lungime a scheletului mai mare de 3 pixeli. A treia metodă a fost dezvoltată pentru a elimina zone ce sunt marcate ca fibroză din cauza variației de intensitate din interiorul atriei (i.e., situații în care zona unei regiuni normale a peretelui este caracterizată de intensitate mare). Astfel, sunt eliminate componentele marcate ca fibroză ce au o lățime mai mare decât un prag predefinit (4 în exemplul de față). Această lățime este calculată ca distanța maximă față de scheletul morfologic al componentei. Figura 3 arată exemple de segmentări obținute ca urmare a acestui proces.

Vizualizarea finală se realizează prin marcarea și suprapunerea pixelilor identificați pe imaginea originală cu posibilitatea de a interacționa cu ele și/sau de a extrage valorile de intensitate a lor.

Referințe bibliografice

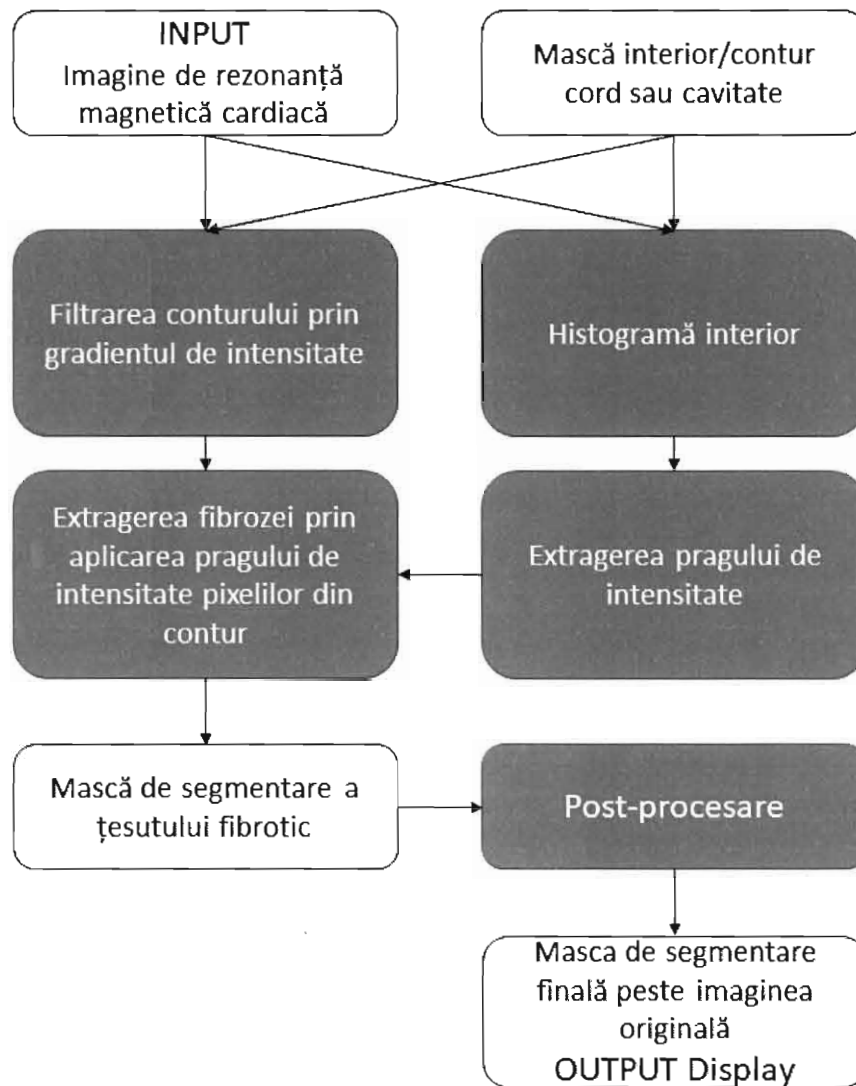
1. Xiong, Zhaohan, et al. "Fully automatic left atrium segmentation from late gadolinium enhanced magnetic resonance imaging using a dual fully convolutional neural network." *IEEE transactions on medical imaging* 38.2 (2018): 515-524.
2. Depa, Michal, et al. "Robust atlas-based segmentation of highly variable anatomy: Left atrium segmentation." *International Workshop on Statistical Atlases and Computational Models of the Heart*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.

ImATFIB_fibroză

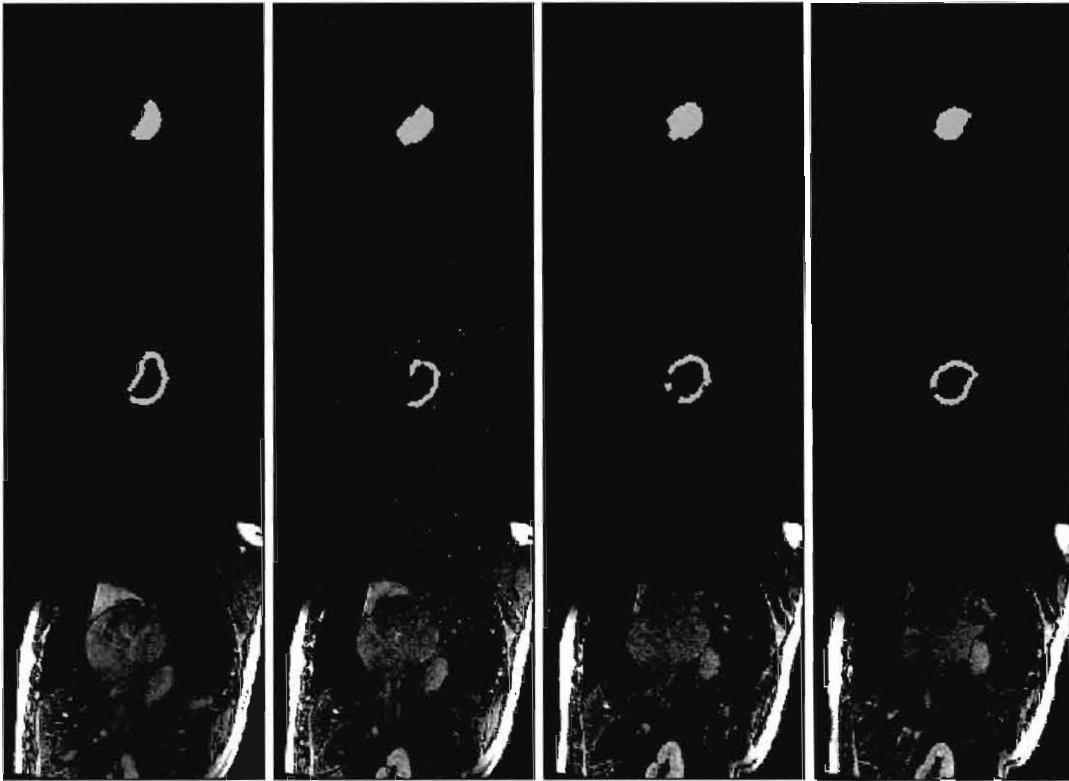
REVENDICĂRI

1. Dispozitiv de prelucrare a imaginilor bazat pe algoritm de segmentare prin prag și filtrare bazată pe gradient de intensitate pentru detecția fibrozei în imagini de rezonanță magnetică cardiacă.
2. Sistem de vizualizare combinată a rezultatelor bazată pe metodă de post-procesare a segmentării fibrozei prin operații și filtre morfologice.

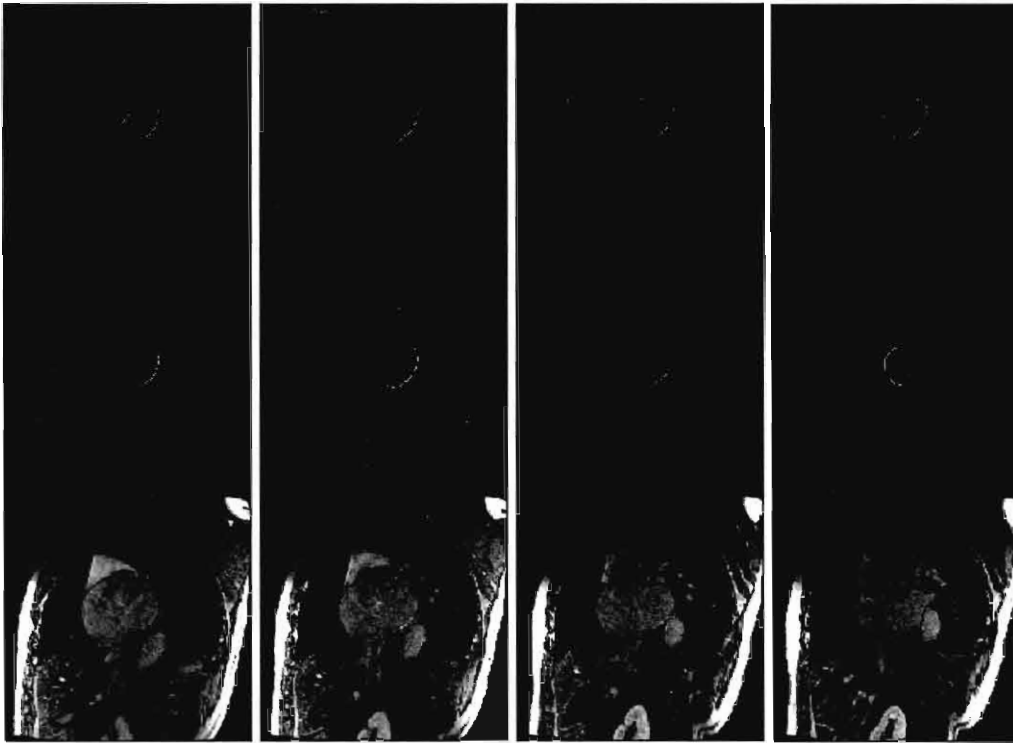
imATFIB_fibroza



Figură 1 Schema de funcționare a dispozitivului (input imagine de rezonanță magnetică cardiacă în format DICOM, output vizualizare cu imagini suprapuse: imagine originală + mască cu fibroza identificată)



Figură 2 Exemple de vizualizare a interiorului atriului (sus), contur (mijloc) și imagini de rezonanță magnetică cardiacă originală (jos)



Figură 3 Exemple de vizualizare a fibrozei restrânsă la conturul atriului stâng obținute prin metoda automată (linia de sus), segmentarea manuală (mijloc); imagini de rezonanță magnetică cardiacă originală (jos)