

I.3.1

PRELUCRAREA IMAGINILOR BIOMEDICALE. APLICAȚII PRACTICE

1. Introducere

Prima parte a capitolului prezintă modele de exerciții rezolvate. Ilustrarea modelelor de rezolvare s-a făcut utilizând aplicația de prelucrare de imagini numită *ImageJ*, dar se poate alege orice altă aplicație de prelucrare de imagini pentru a rezolva exercițiile propuse.

A doua parte a capitolului conține aplicații diverse de prelucrare de imagini biomedicale propuse spre rezolvare. Rezolvarea lor se poate efectua utilizând aplicația *ImageJ* sau utilizând orice altă aplicație de prelucrare de imagini medicale.

A treia parte a capitolului propune organizări posibile de lucrări practice pentru studenți.

Imaginile sunt disponibile la adresa: <https://goo.gl/KFrH1b>



Prelucrarea imaginilor biomedicale include următoarele operații:

1. Înlăturarea zgomotului din imagini pentru îmbunătățirea calității
2. Segmentarea imaginilor
3. Analiza și caracterizarea obiectelor obținute în urma etapei de segmentare

Aceste metode de prelucrare pot facilita interpretarea imaginilor, și, în consecință, contribuie la stabilirea unui diagnostic medical.

2. Exerciții rezolvate

Prelucrări elementare. Histograma



Exercițiul I.1

Se consideră imaginea din Figura I.1.1. Imaginea reprezintă o angiografie renală. Să se efectueze următoarele operații:

- 1) Determinarea caracteristicilor imaginii (e.g., dimensiune, rezoluție)
- 2) Transformarea imaginii în imagine codată pe 8 biți
- 3) Scalarea imaginii
- 4) Crearea unei imagini duplicat
- 5) Determinarea imaginii negative
- 6) Transformarea imaginii (e.g., rotația, translatarea)
- 7) Determinarea histogramei imaginii inițiale și histograma imaginii inversate
- 8) Selecționarea unei zone de interes în formă de elipsă
- 9) Decuparea zonei de interes selectate în prealabil

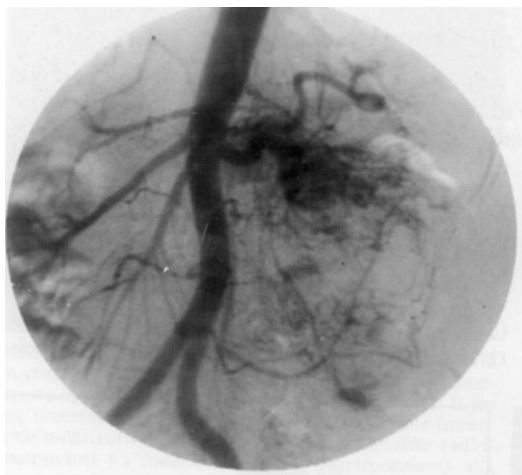


Figura I.1.1. Angiografie renală



Soluție I.1

Încărcarea imaginii în *ImageJ*: **File**→**Open** urmată de selectarea imaginii dorite.

- 1) Dimensiunea imaginii este 608x594 pixels, sau 6.33x6.19 inches; rezoluția este 96 pixels/inch. În *ImageJ*: **Image**→**Show Info**
- 2) În *ImageJ*: **Image**→**Type**→**8-bit**
- 3) Redimensionarea imaginii. În *ImageJ*: **Image**→**Scale**, urmată de selectarea noilor dimensiuni.
- 4) În *ImageJ*: **Image**→**Duplicate**
- 5) În *ImageJ*: **Edit**→**Invert**



Angiografia digitală

(Digital Subtracted Angiography)

Este utilizată pentru vizualizarea vaselor sau cavităților interne ce sunt ecranate de un țesut cu densitate mare (ca de exemplu, osul).

Consistă în injectarea unui produs de contrast în arborele vascular realizând astfel angiopneumografia (opacificarea arterelor pulmonare), venografie (opacificarea venelor) și limfografia (opacificarea vaselor limfatice).



Figura I.1.2. Angiografie renală. Negativul



Angiografia renală

Este o angiografie a vaselor sanguine a rinichilor. O angiografie renală poate fi utilizată pentru evaluarea fluxului sanguin spre rinichi.

6) În *ImageJ*: **Image**→**Transform**→(**Rotate**, **Translate**)

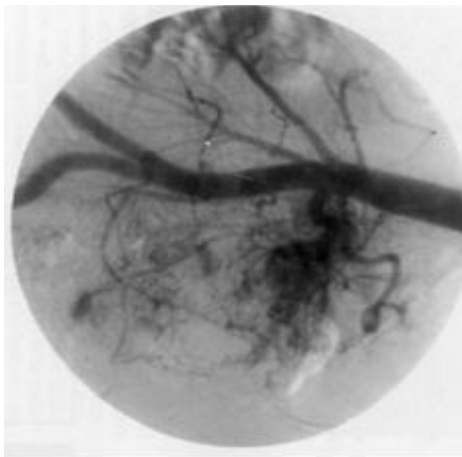


Figura I.1.3. Imaginea după aplicarea unei rotații de 90 de grade spre dreapta

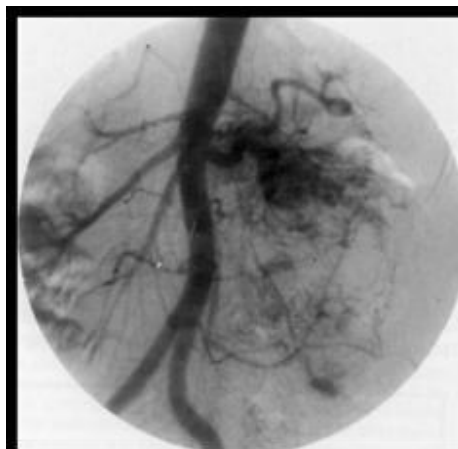
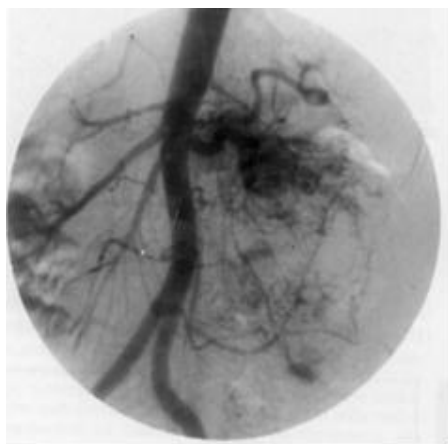
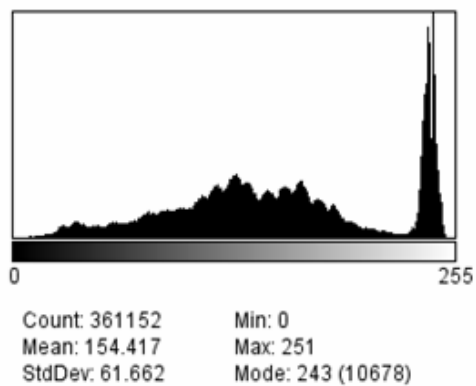


Figura I.1.4. Imagine decalată cu 15 grade

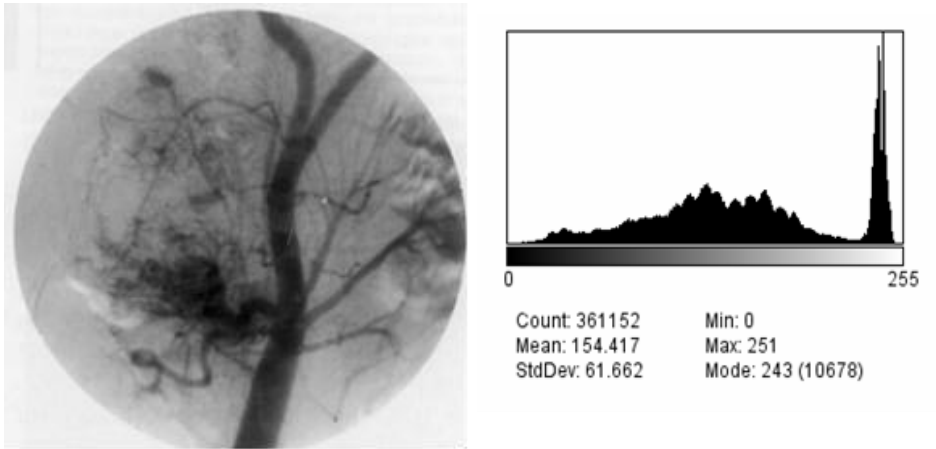
7) În *ImageJ*: **Analyze**→**Histogram**



(a)



(b)



(a)

(b)

Figura 1.1.5. (a) Imaginea originală și histograma. (b) Imaginea inversată și histograma



Ce relație este între cele două histograme?



Histograma unei imagini

- Reprezintă o estimare a probabilității de apariție a unui nivel de gri
- Nu furnizează informații despre conținutul imaginii
- Aduce informații despre posibilitatea îmbunătățirii contrastului
- Dacă valorile ridicate sunt concentrate în zona de intensitate scăzută, atunci imaginea este întunecată
- Dacă valorile ridicate sunt concentrate în zona imaginii de intensitate mărită, atunci imaginea este luminoasă
- Dacă valorile histogramei sunt concentrate într-o zonă de intensitate restrânsă, atunci contrastul imaginii este scăzut și calitatea imaginii este scăzută

8) În *ImageJ*: Selectarea unei forme din meniu, urmată de **Edit**→**Selection**

9) În *ImageJ*: **Image**→**Crop**

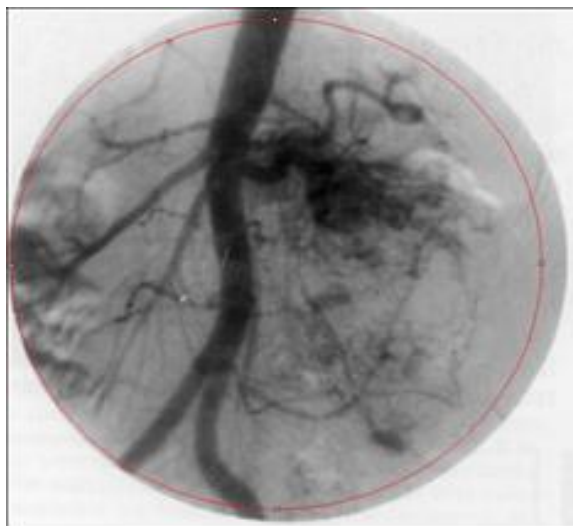


Figura I.16. Selectarea unei zone de interes

Filtrare



Exercițiul I.2

Se consideră imaginea (Fig. I.2) unei tomografii hepatice. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginii (e.g., ajustarea parametrilor de contrast, filtrare).



(a)



(b)

Figura I.2. Computer tomografie hepatică. (a) Imaginea originală. (b) Imaginea îmbunătățită



Rezolvare I.2

- Inițial, se crează o copie a imaginii inițiale. În continuare, se va lucra cu această copie.
- Se transformă imaginea în imagine codată pe 8-biți.
- Se filtrează imaginea utilizând filtrul median.
- În *ImageJ*: **Process**→**Filters**→**Median**. Se alege o rază de 1 pixel.
- Se întărește contrastul imaginii.
- În *ImageJ*: **Process**→**Enhance Contrast**. Se alege nivelul de saturare de 1%. Se include normalizarea și egalizarea histogramei.

Operații numerice



Exercițiul I.3

Se consideră imaginea din Figura I.3.1. Să se segmenteze imaginea și să se numere celulele nucleate (atenție la celulele care apar unite). Să se determine statistici și caracteristici referitoare la imagine.

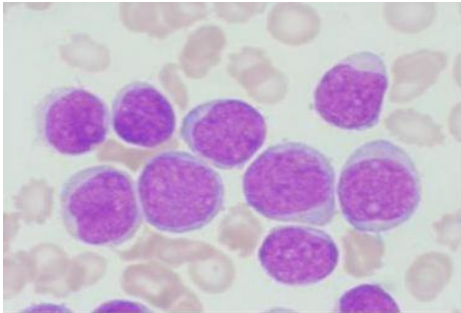


Figura I.3.1. Imagine citologică. Frotiu de sânge colorat panoptic, obiectiv imersie 100x

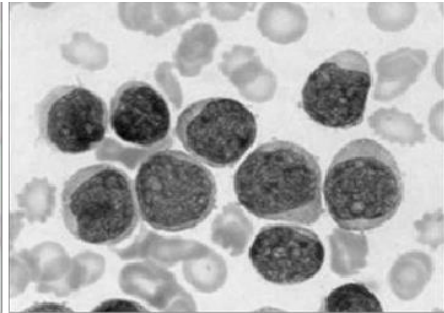


Figura I.3.2. Imaginea codată pe 16-biți



Celulele blastocitare

Blaștii sau blastocitele sunt celulele „cap-de-serie” pentru componentele sanguine ce se găsesc în mod normal, în număr redus, doar în măduva hematogenă. Prezența lor în sângele periferic semnifică, de obicei, un diagnostic de leucemie acută, ce este un cancer de sânge cu mortalitate foarte ridicată. Identificarea lor corectă și precoce în sângele periferic este esențială pentru începerea din timp a unui tratament corect.



Rezolvare I.3

- Se determină imaginea codată pe 16-biți. În *ImageJ*: **Image→Type→16-bit**
- Se crează o copie de lucru a imaginii.
- Se îmbunătățește contrastul imaginii. În *ImageJ*: **Process→Enhance Contrast**, se alege o rază de 2 pixeli și se include normalizarea și egalizarea histogrammei. O altă modalitate de a îmbunătăți contrastul este de a modifica parametrii de luminozitate.
- În *ImageJ*: **Image→Adjust→Brightness/Contrast**, se aleg valorile optime pentru parametrii: **Contrast, Brightness, Maximum, Minimum**.
- Se filtrează imaginea utilizând filtrul median.
- În *ImageJ*: **Process→Filters→Median**, se setează raza de 9 pixeli.
- Se selectează nivelele de gri ce delimitează obiectele de segmentat. În *ImageJ*: **Image→Adjust→Threshold** (Fig. I.3.3). Dacă delimitarea nu este optimă, se poate încerca, în continuare, ameliorarea imaginii.
- În *ImageJ*: **Image→Adjust→Window Level** sau aplicarea unui filtru de tip *blur*, cum ar fi filtrul Gaussian; în *ImageJ*: **Process→Filters→Gaussian Blur**.

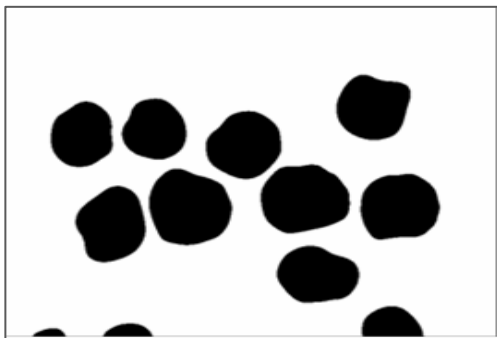


Figura I.3.3. Imaginea obținută după delimitarea obiectelor ce vor fi segmentate



Figura I.3.4. Imaginea obținută după operația de segmentare

- După delimitarea obiectelor de segmentat, se efectuează operația de segmentare.
- În *ImageJ*: **Analyze→Analyze Particles**, se setează valoarea **30-Infinity** pentru parametrul **Size**, care desemnează aria obiectului, iar pentru parametrul **Show** se alege valoarea **Outlines**. Aplicația generează caracteristicile obiectelor segmentate, ce pot fi ulterior salvate. În cazul nostru, s-au depistat și segmentat 12 obiecte.

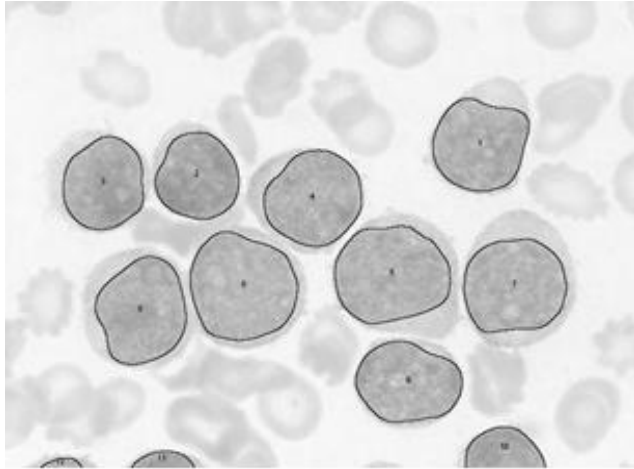


Figura I.3.5. Imaginea obținută prin adunarea imaginii inițiale cu imaginea segmentată

- După efectuarea operației de segmentare, se poate evalua rezultatul prin suprapunerea imaginii inițiale peste imaginea segmentată (Fig.I.3.5);
- În *ImageJ*: **Process**→**Image Calculator**, se alege imaginea inițială și imaginea segmentată, după ce, în prealabil, ambele au fost încărcate în aplicație, și se alege operația **AND**.

3. Exerciții propuse

Prelucrări elementare. Histograma



Exercițiul II.1

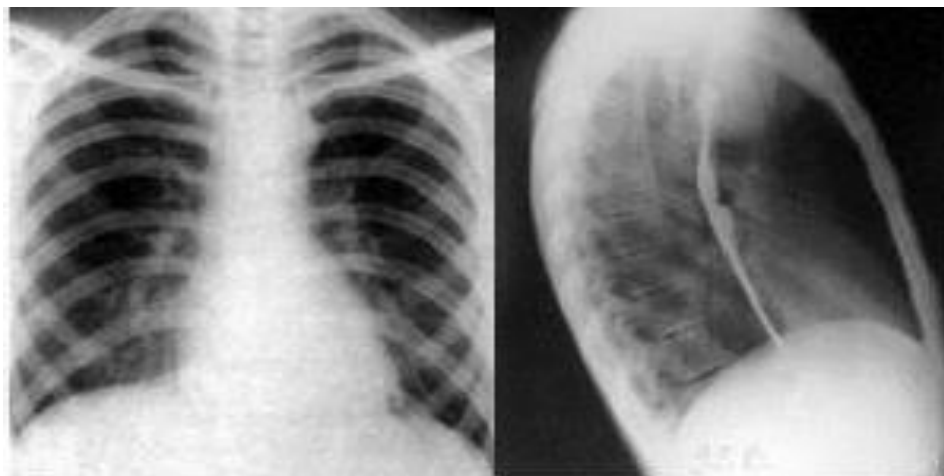
Se consideră imaginile din Figura II.1. Imaginile reprezintă radiografii toracice normale. Să se efectueze următoarele operații:

- 1) Afișarea informațiilor despre imagine (e.g., dimensiuni, rezoluție)
- 2) Transformarea imaginii în imagine codată pe 16 biți
- 3) Scalarea imaginii
- 4) Crearea unei imagini duplicat
- 5) Determinarea negativului imaginii
- 6) Transformarea imaginii (e.g., rotirea, translatarea)
- 7) Determinarea histogramei imaginii inițiale și histograma imaginii răsturnate.



Comparați cele două histograme. Ce observați?

- 8) Selectarea unei zone de interes în formă de elipsă
- 9) Decuparea zonei de interes selectată anterior



(a)

(b)

Figura II.1. Imagine toracică normală (a) față și (b) profil



Radiografia toracică

Imaginea radiologică a plămânilor ce cuprinde următoarele elemente: traheea, hilurile și câmpurile pulmonare.



Exercițiul II.2

Se consideră imaginile din Figura II.2.1 (a) și Figura II.2.2 (a). Să se efectueze următoarele operații:

- i. Evidențierea contururilor
- ii. Extragerea contururilor

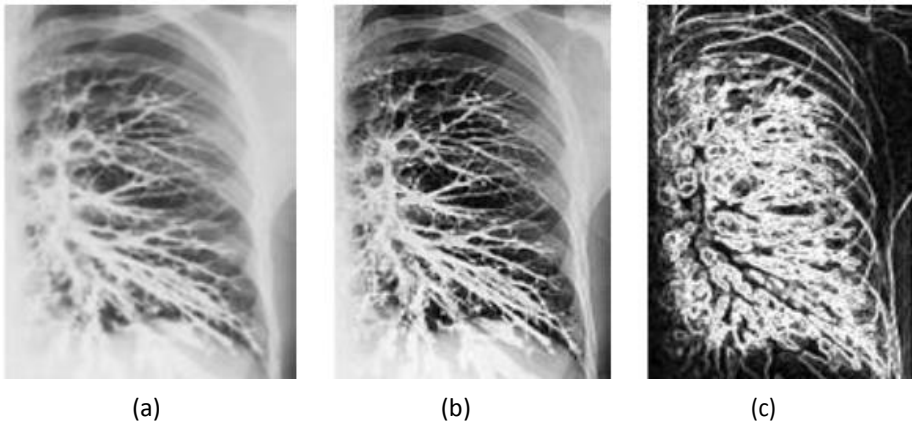


Figura II.2.1. Bronhografie normală. (a) Imagine inițială. (b) Evidențierea contururilor. (c) Extragerea contururilor

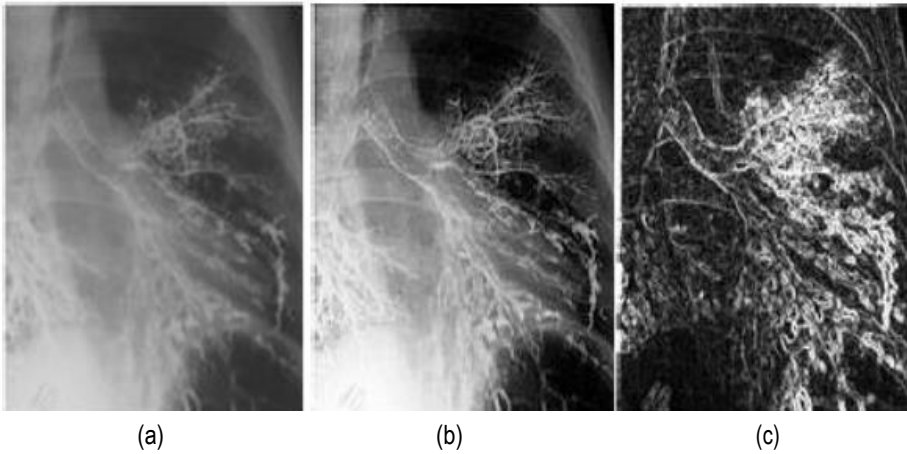


Figura II.2.2. Bronhografie normală. (a) Imagine inițială. (b) Evidențierea contururilor. (c) Extragerea contururilor.

Bronhografia

Metodă care permite vizualizarea lumenului endobronșic utilizând substanță de contrast.



Exercițiul II.3

Se consideră imaginile din Figura II.3.1. și Figura II.3.2. Să se efectueze următoarele operații:

- 1) Adăugarea unui tip de zgomot (e.g., zgomot de tip „salt and paper”, zgomot de tip specific definit de utilizator)
- 2) Aplicarea filtrelor pentru netezire (e.g., filtrul median, filtrul Gaussian)



Figura II.3.1. Bronhopneumonia nodulară



Figura II.3.2. Pneumonie lobară medie dreapta



Notă

La exercițiile 4 -11, pe lângă cerințele de la fiecare exercițiu, să se efectueze următoarele operații adiționale:

1. Realizarea histogramei imaginii inițiale
2. Realizarea negativului imaginii inițiale
3. Realizarea histogramei negativului imaginii inițiale
4. Realizarea histogramei imaginii prelucrate



Comparați performanța aplicării filtrelor în funcție de tipul de zgomot adăugat.

Filtrare

Filtre liniare

- **Filtrul de mediere**
 - Operație de convoluție a imaginii cu o mască de filtrare (înlocuiește valoarea fiecărui pixel cu media aritmetică a valorilor pixelilor vecini pe o fereastră de filtrare)
 - Netezește frecvențele mari, ducând la un efect de încetșoare a imaginii
 - Eficient pentru înlăturarea zgomotului uniform și zgomotului Gaussian
- **Filtrul Gaussian**
 - Efectuează o medie ponderată a pixelilor
 - Gradul de netezire este determinat de valoarea variației standard (netezirea este mai puternică cu cât deviația standard este mai mare)
 - Eficient în eliminarea zgomotului Gaussian și a zgomotului uniform

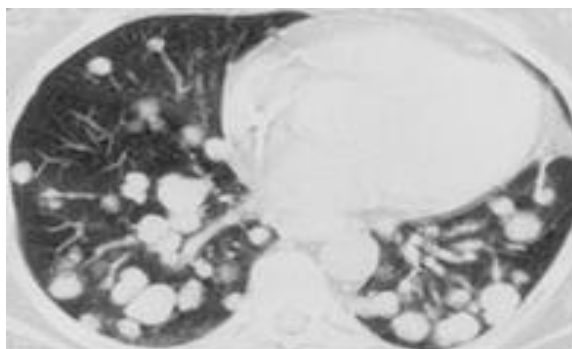
Filtre neliniare

- **Filtrul median**
 - Fiecare pixel este înlocuit cu pixelul aflat în mijlocul șirului ordonat obținut din pixelii înconjurători
 - Elimină zgomotul fără a degrada imaginea
 - Eficient în eliminarea zgomotelor de tip *salt and paper*, zgomote potențial negative
- **Filtrul de minim**
 - Variantă a filtrului median ce selectează valoarea minimă a pixelilor din fereastra de filtrare
- **Filtrul de maxim**
 - Variantă a filtrului median ce selectează valoarea maximă a pixelilor din fereastra de filtrare.

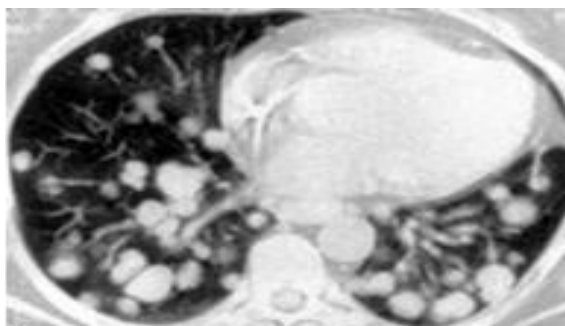


Exercițiul II.4

Se consideră imaginea din Figura II.4. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginii (e.g., ajustarea parametrilor de contrast, filtrare).



(a)



(b)

Figura II.4. Metastaze pulmonare. Aspect CT¹.
(a) Imaginea inițială. (b) Imagine îmbunătățită.



Tomografia pulmonară

O procedură neinvazivă, nedureroasă, care utilizează doze mici de raze X pentru a examina plămânii.

¹ CT = Computer Tomography (*lb. rom.* Tomografia computerizată)

**Exercițiul II.5**

Se consideră imaginile radiografice din Figura II.5. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginilor (ajustarea parametriilor de contrast, evidențierea contururilor).

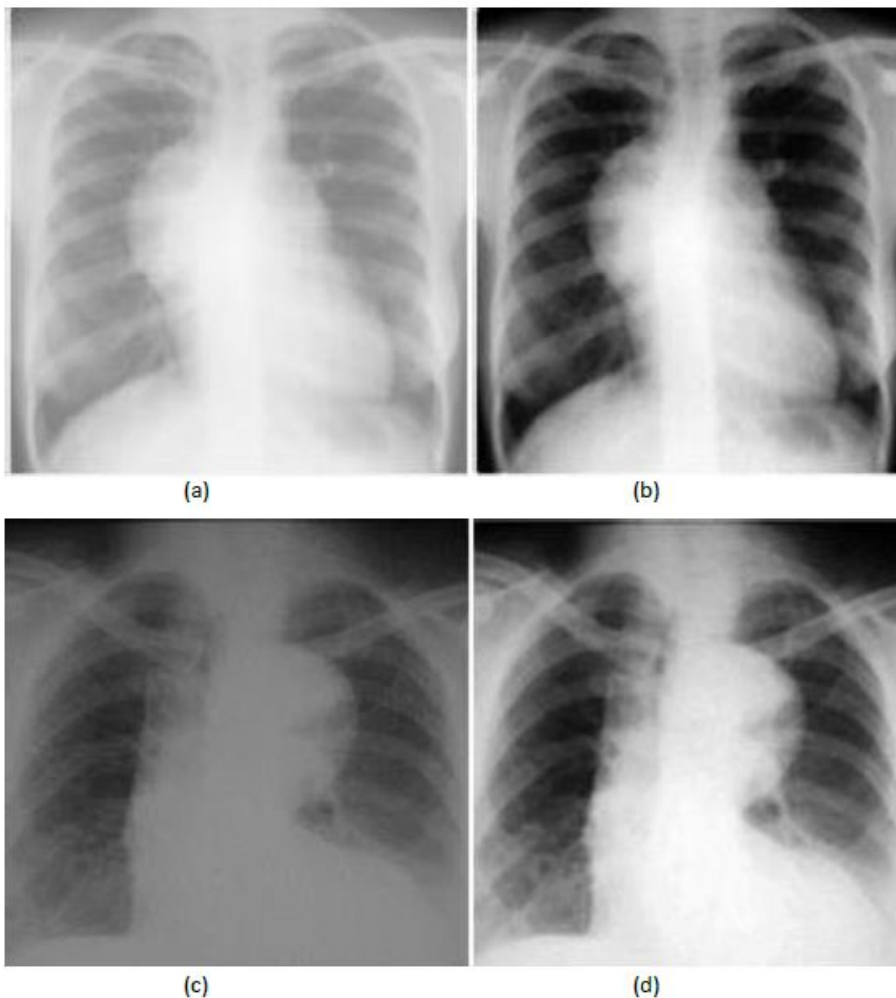


Figura II.5. Radiografii - Aneurisme aortă toracică. (a) și (c) Imagini inițiale.
(b) și (d) Imagini îmbunătățite



Exercițiul II.6

Se consideră angiografia din Figura II.6. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginii.



(a)



(b)

Figura II.6. Angiografie – sindromul Leriche. (a) Imagine inițială. (b) Imagine îmbunătățită.



Sindromul Leriche

Tromboza aortică se localizează, de obicei, la nivelul aortei abdominale, la bifurcație. Cuprinde o porțiune variabilă a vasului, uneori ajungând sub emergența arterelor renale.



Exercițiul II.7

Se consideră ultrasonografia abdominală din Figura II.7. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginilor.



Ultrasonografia

Se bazează pe utilizarea ultrasunetelor, care sunt reflectate sub formă de ecouri în funcție de proprietățile țesuturilor solide și lichide, proporțional cu rezistența la pătrundere (impedanță a fiecărui organ).

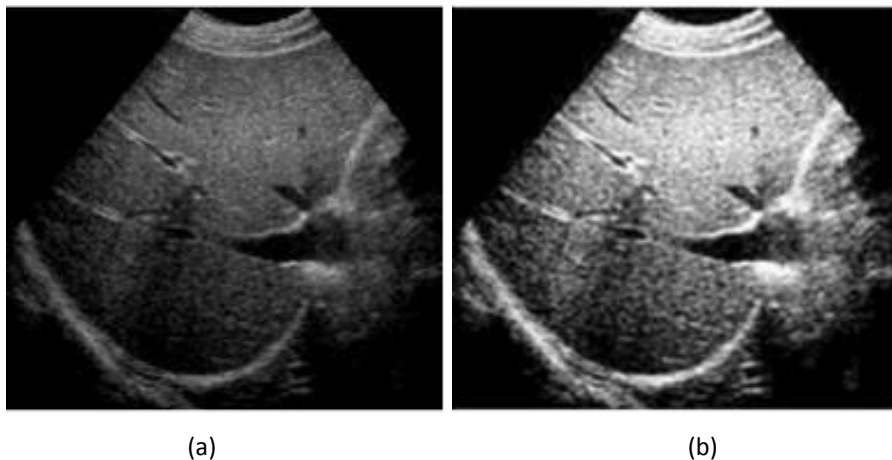


Figura II.7. Ultrasonografie abdominală. (a) Imagine inițială. (b) Imagine îmbunătățită



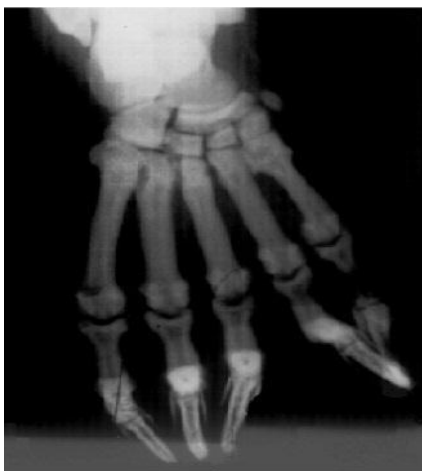
Exercițiul II.8

Se consideră imaginile din Figura II.8.

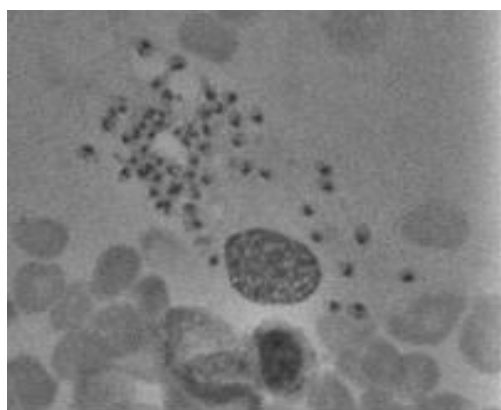
- 1) Să se înlăture zgomotul și să se pună în evidență contururile, îmbunătățind calitatea imaginii și scoțând în evidență zonele de fractură (Fig. II.8 (a))
- 2) Să se înlăture zgomotul și să se pună în evidență contururile, îmbunătățind calitatea imaginii și scoțând în evidență zonele de fractură (Fig. II.8 (b))
- 3) Să se înlăture zgomotul astfel încât zona infectată cu parazitul *Leishmania Donovanii* să fie clar evidențiată (Fig. II.8 (c))
- 4) Să se înlăture zgomotul și să se evidențieze celulele mai închise la culoare. (Fig. II.8 (d))



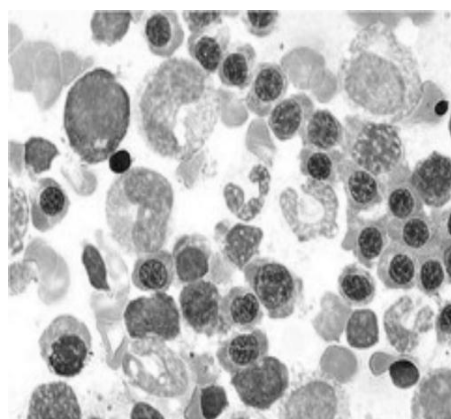
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura II.8. (a)-(b) Imagini radiografice, (c)-(d) Imagini citologice din măduva osoasă hematogenă, (c) obiectiv imersie 100x, (d) obiectiv 20x



Exercițiul II.9

Se consideră proiecțiile axiale de imaginii SPECT². Datorită condițiilor de achiziție, imaginile sunt afectate de zgomot Poisson³. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginilor.

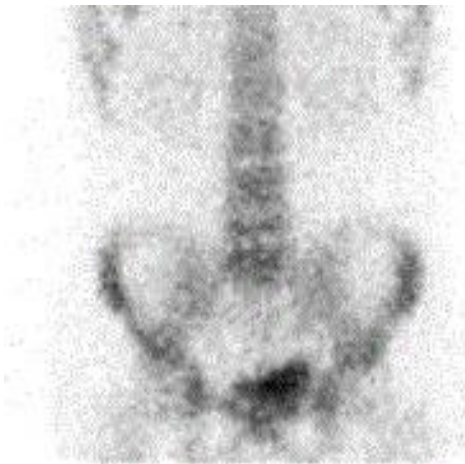


Figura II.9.1. Imagine SPECT cu zgomot Poisson



Figura II.9.2. Imagine SPECT îmbunătățită

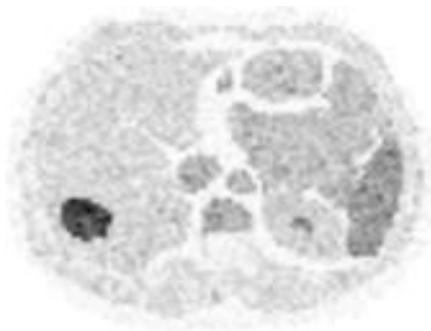


Figura II.9.3. Imagine SPECT axială abdominală cu zgomot Poisson

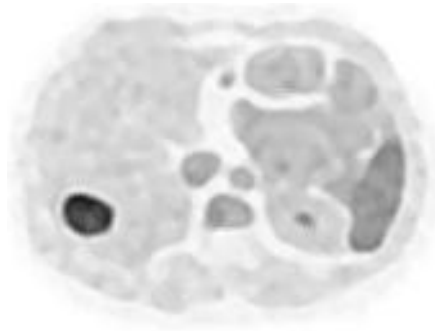


Figura II.9.4. Imagine SPECT îmbunătățită

² SPECT = Single Photon Emission Computed Tomography

³ Zgomot Poisson = distribuția fotonilor detectați urmează o distribuție Poisson



Exercițiul II.10

Se consideră imaginea din Figura II.10.1 achiziționată utilizând tehnica de imagistică prin rezonanță magnetică nucleară (RMN⁴). Nivelele de gri din imagine nu sunt distribuite uniform, ducând la o vizibilitate redusă a imaginii. Să se îmbunătățească imaginea utilizând metoda egalizării histogramei.

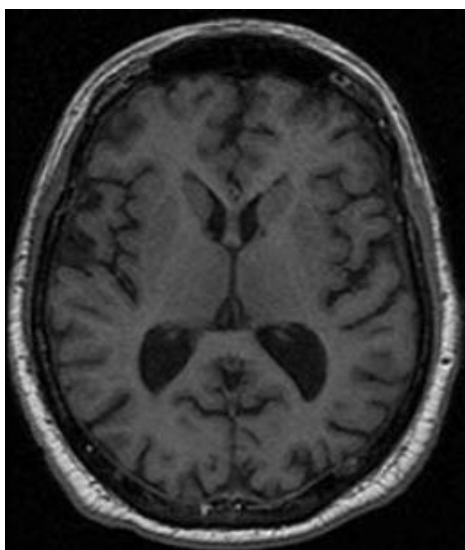


Figura II.10.1. Imaginea originală

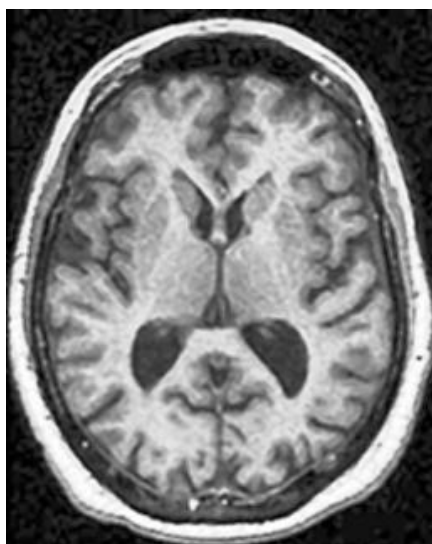


Figura II.10.2. Imaginea îmbunătățită

⁴ RMN = Rezonanță magnetică nucleară



Exercițiul II.11

Se consideră imaginile din Figura II.11. Să se investigheze tehnici de îmbunătățire a imaginilor.

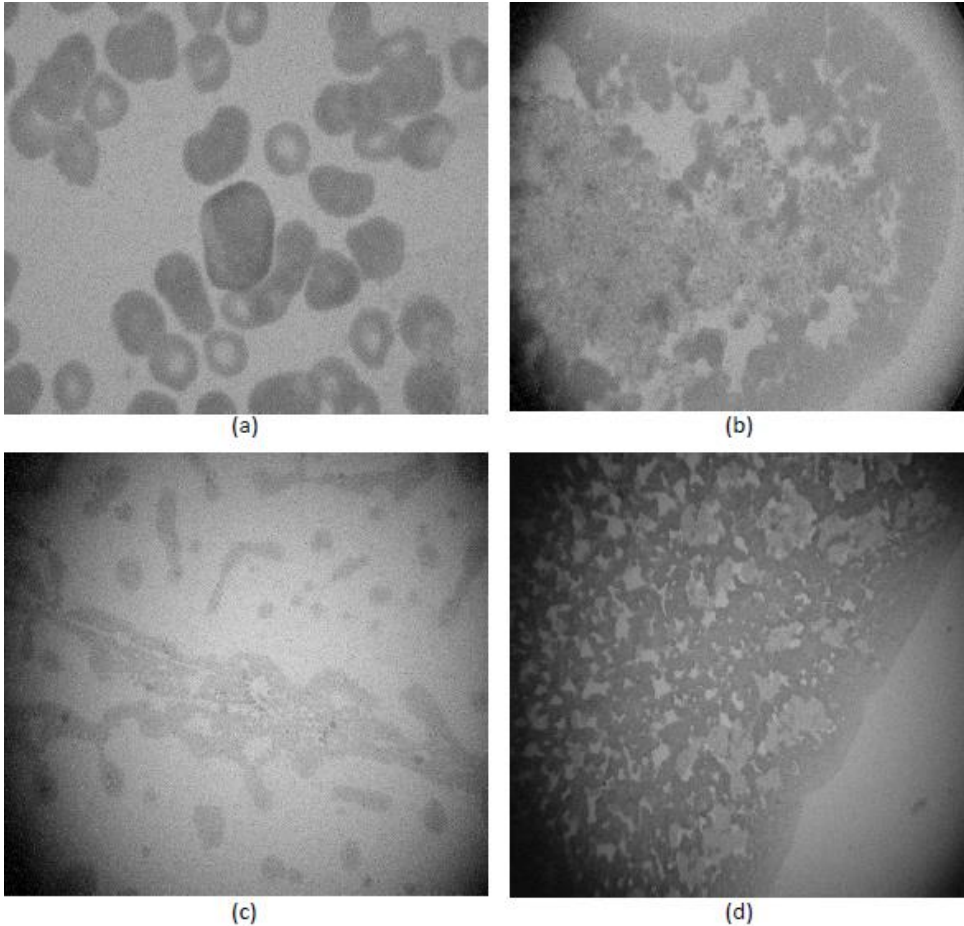


Figura II.11. (a) Imagine citologică a unui frotiu de sânge periferic, cu imersie, obiectiv 100x, (b) Imagine citologică prezentând o plajă cu exces de trombocite, (c) Imagine citologică prezentând o plajă de sânge coagulat (probă nereușită) (d) Imagine citologică cu o plajă cu exces de trombocite

🔍 Figure II.11. (a)

Prezintă, în partea centrală, o celulă blastocitară, a cărei prezență semnifică, de obicei, un diagnostic de leucemie acută.



Caracteristicile blastocitelor sunt următoarele:

- raport nucleu-citoplasmatic crescut
- cromatină fină, nucleol vizibil (celulă activă, tânără)
- citoplasmă bazofilă

! Este important să existe o imagine **cât mai clară și fidelă** cu imaginea microscopică deoarece există riscul să fie confundați cu alte tipuri de celule, ce nu apar în leucemie.



Plajele trombocitare

Trombocitele sunt fragmente de citoplasmă cu rol foarte important în coagularea sângelui. În mod normal, pe frotiul colorat panoptic, ele apar în număr de 10-15/câmpul de microscop la examinarea cu obiectivul cu imersie 100x, fiind răspândite individual pe întreg frotiul. În cazurile patologice (e.g., după hemoragii, în unele leucemii), ele pot fi în număr foarte crescut, cu tendință de aglomerare pe frotiu.



Figure II.11. (c)

Prezența fibrinei pe un frotiu de sânge semnifică apariția coagulării în proba originală, ceea ce poate duce la rezultate false ale hemoleucogramei. Prin urmare, trebuie repetată recoltarea probei de sânge.

Transformata Fourier. Operații de convoluție/deconvoluție



Exercițiul II.12

Se consideră imaginile din Figura II.12.1 și Figura II.12.2. Să se determine transformata Fourier a imaginii, precum și transformata Fourier complexă și transformata Hartley.

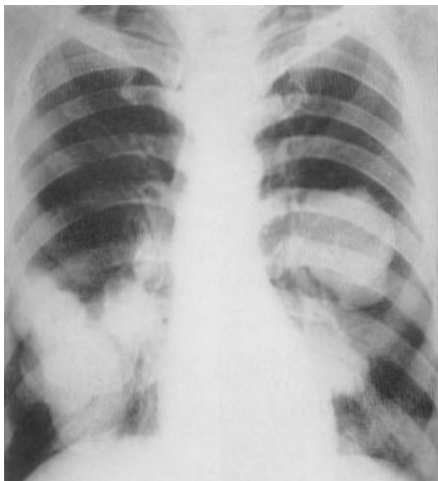


Figura II.12.1. Radiografie - Echinococoză pulmonară multiplă



Figura II.12.2. Radiografie - Cisticercоза pulmonară



Exercițiul II.13

Se consideră imaginile din Figura II.13.1 și Figura II.13.2. Să se îmbunătățească imaginea aplicând un filtru *band-pass*⁵, precum și un filtru definit de utilizator.



Figura II.13.1. Imagine RMN renală

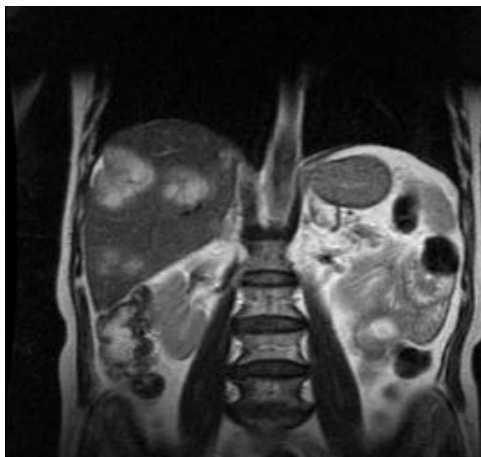


Figura II.13.2. Imagine RMN – Metastaze hepatice

⁵ Filtrul *band-pass*=Filtrul “trece-bandă”, permite să treacă componentele de frecvență cu valori cuprinse între două frecvențe de tăiere



Exercițiul II.14

Se consideră imaginile din Figura II.14.1 și Figura II.14.2. Să se îmbunătățească imaginea aplicând un filtru de convoluție, unde matricile de convoluție (i.e., măștiile de filtrare) sunt următoarele:

$$\text{i)} \quad \begin{pmatrix} 0.111 & 0.111 & 0.111 \\ 0.111 & 0.111 & 0.111 \\ 0.111 & 0.111 & 0.111 \end{pmatrix}, \quad \text{ii)} \quad \begin{pmatrix} 0 & 0.125 & 0 \\ 0.125 & 0.5 & 0.125 \\ 0 & 0.125 & 0 \end{pmatrix},$$

ii)

$$\text{iii)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad \text{iv)} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad \text{v)} \quad \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\text{vi)} \quad \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}, \quad \text{vii)} \quad \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \text{viii)} \quad \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$



Figura II.14.1. Imagine RMN cerebrală, secțiune sagitală

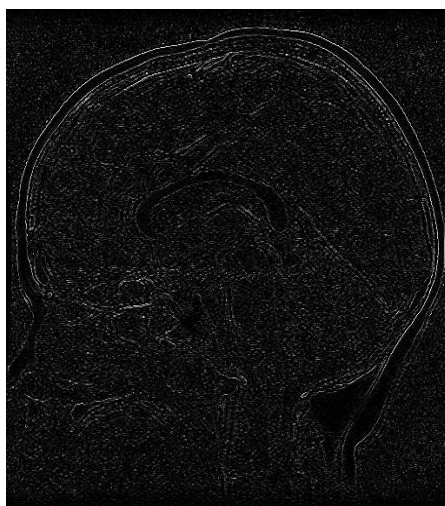


Figura II.14.2. Imagine RMN cerebrală, secțiune sagitală, după aplicarea unui filtru Laplace



Să se precizeze convoluțiile care au efectul unei filtrări de tip *low-pass* sau de tip *high-pass*.



Exercițiul II.15

Se consideră imaginea din Figura II.15. Să se îmbunătățească imaginea aplicând o tehnică de filtrare în domeniul de frecvență.



Hint: Se aplică succesiv transformata Fourier, o funcție de filtrare, după care rezultatul este transformat în planul spațial prin aplicarea transformatei Fourier inversă.

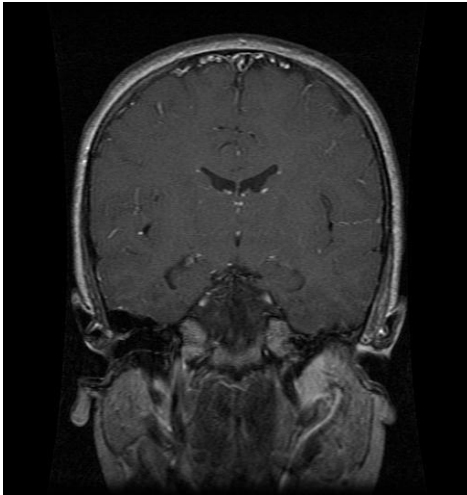


Figura II.15.1. Imagine RMN cerebrală, secțiune axială

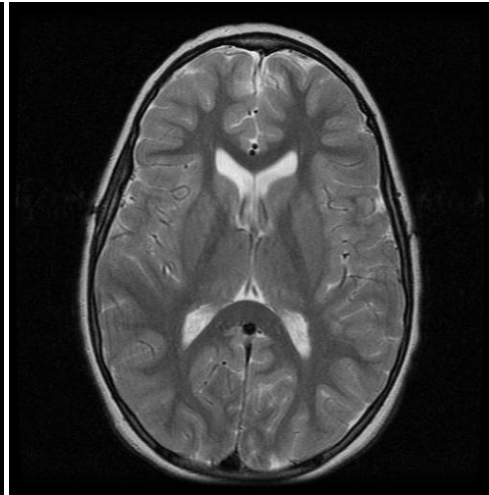


Figura II.15.2. Imagine RMN cerebrală, secțiune coronală

Segmentare



Procedura de segmentare a unei imagini permite delimitarea zonelor de interes dintr-o imagine. Acest procedeu este aplicat în medicină pentru e.g., analiza automată a imaginilor medicale (e.g., în citologie și histopatologie se folosește la delimitarea automată a celulelor și clasificarea acestor celule).



Exercițiul II.16

Se consideră imaginile din Figura II.16.

- 1) Să se segmenteze imaginea și să se numere celulele (atenție la celulele care apar unite). Să se determine statistici și caracteristici referitoare la imagine (Fig.II.16. (a)).

- 2) Să se segmenteze imaginea și să se pună în evidență celulele mai închise din frotiul de maduvă din imagine. Să se numere celulele mai închise. Să se determine statistici și caracteristici referitoare la imagine (Fig. II.16. (b)).
- 3) Să se segmenteze imaginea și să se determine parametrii caracteristici celulelor mai închise. Să se determine statistici și caracteristici referitoare la imagine (Fig. II.16. (c), (d)).

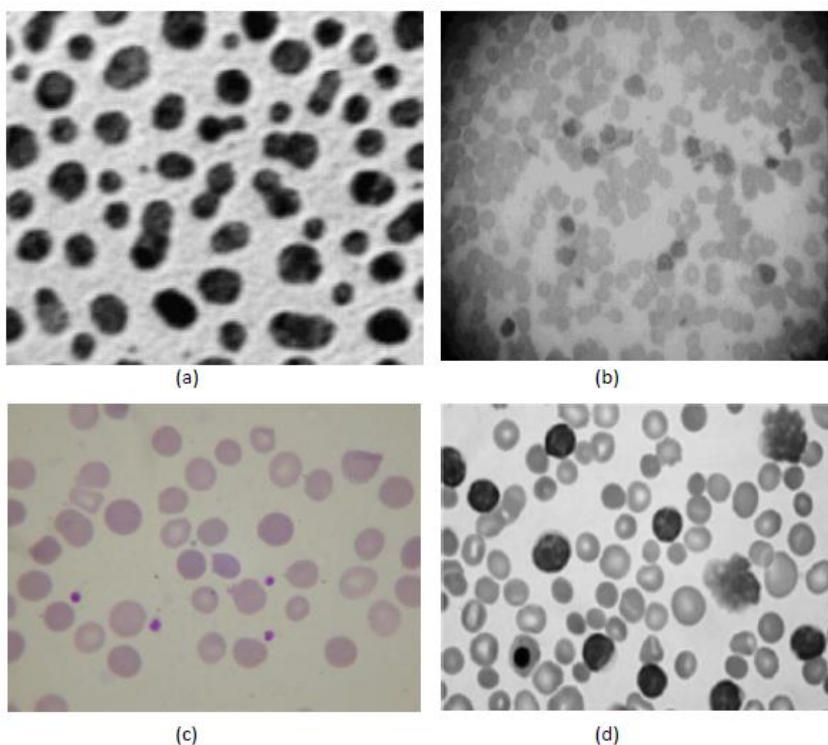


Figura II.16. Segmentarea și identificarea obiectelor din imagine. (a) Imagine neinterpretabilă, (b) Imagine citologică, frotiu de sânge, obiectiv 10x (c) (d) Imagine citologică, frotiu de sânge, obiectiv 20x, anizocitoza eritrocitară (eritrocite de diverse dimensiuni)

🔍 Figura II.16. (c) - **Identificarea sferocitelor**

Eritrocitele (hematiile) normale apar pe frotiul de sânge colorat panoptic ca celule anucleate cu o zonă centrală mai palidă (1/3 din suprafața celulei). Sferocitele sunt eritrocite patologice ce apar în sferocitoza ereditară și care arată pe frotiu ca celule uniforme colorate (fără zona centrală palidă).

Anizocitoza eritrocitară

Anizocitoza eritrocitară reprezintă o variație a dimensiunii eritrocitelor mai mare decât în limitele fiziologice, întâlnită în unele tipuri de anemii (anemia feriprivă, unele anemii hemolitice, etc).



Exercițiul II.17

Se consideră imaginile din Figura II.17.1, Figura II.17.2 și Figura II.17.3. Să se determine:

- 1) Imaginea codată pe 16 biți
- 2) Imaginea îmbunătățită (e.g., modificarea contrastului, filtrare)
- 3) Imaginea segmentată
- 4) Numărul celulelor mai închise, precum și aria fiecărei celule
- 5) Imaginea fuziune dintre imaginea inițială și imaginea segmentată

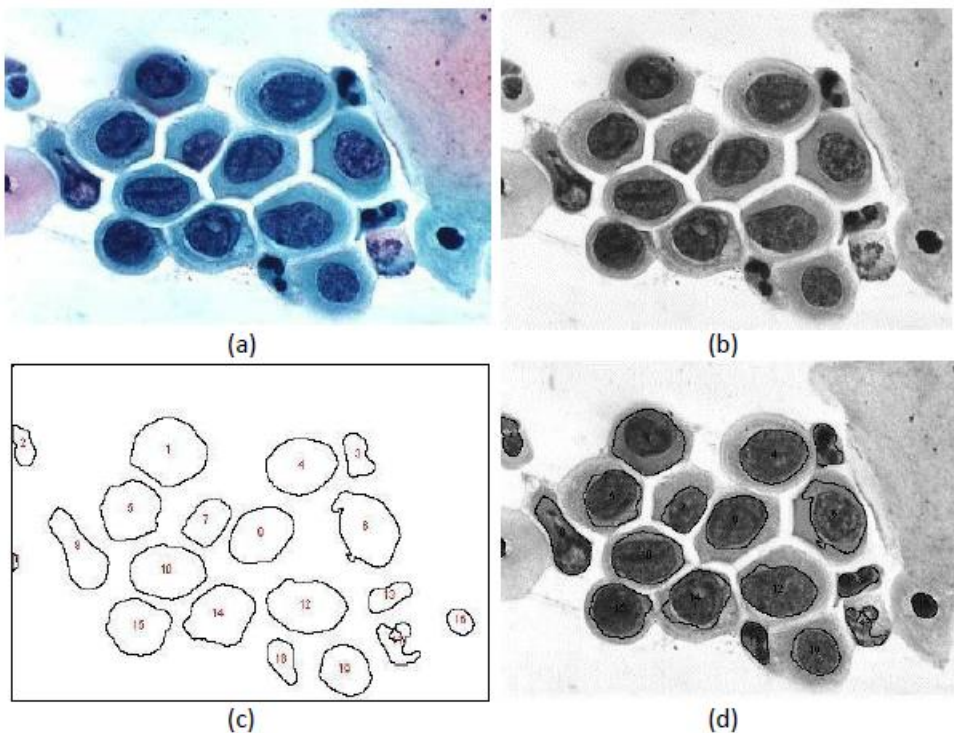
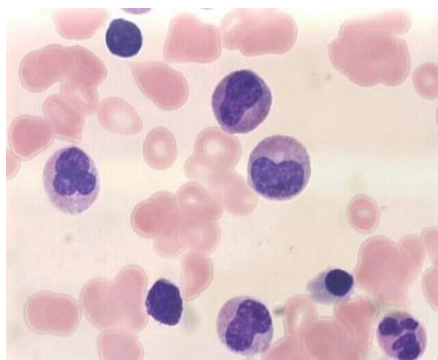
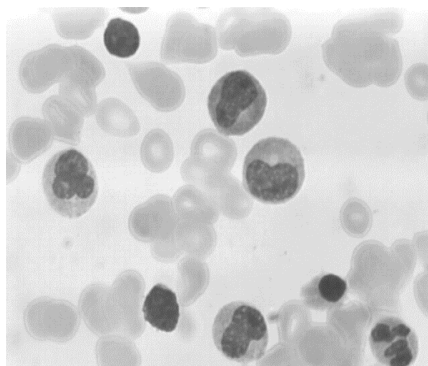


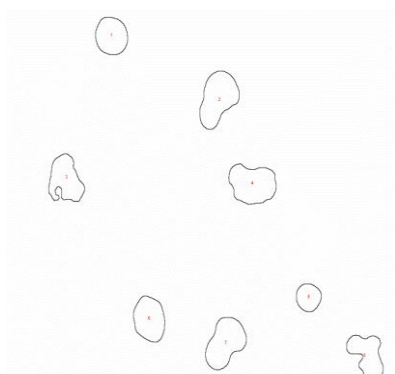
Figura II.17.1. Imagine citologică a unui frotiu cervical colorat cu metoda Papanicolau.
 (a) Imaginea originală (b) Imaginea codată pe 16-biți (c) Imaginea obținută după operația de segmentare (d) Imaginea obținută prin adunarea imaginii inițiale cu imaginea segmentată



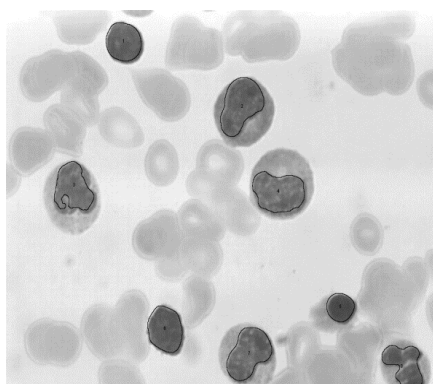
(a)



(b)

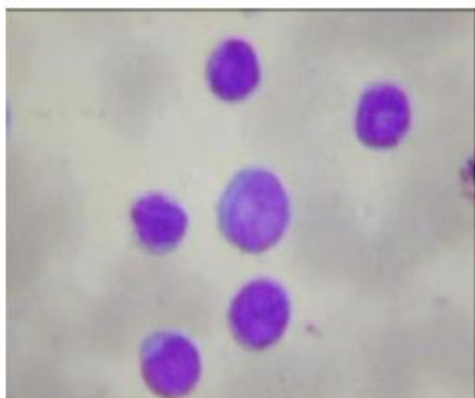


(c)

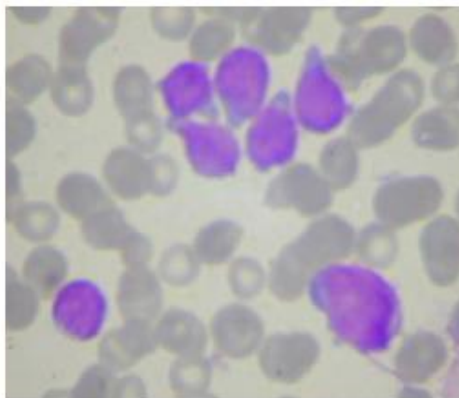


(d)

Figura II.17.2. Imagine citologică, frotiu de sânge, colorat panoptic, imersie, obiectiv 100x.
(a) Imaginea originală (b) Imaginea codată pe 16-biți (c) Imaginea obținută după operația de segmentare (d) Imaginea obținută prin adunarea imaginii inițiale cu imaginea segmentată



(a)



(b)

Figura II.17.3. (a)-(b) Imagini citologice a unui frotiu de sânge colorat panoptic

Operații aritmetice

**Exercițiul II.18**

Se consideră două imagini CT (Fig. II.18.1 și Fig. II.18.2), dintre care a doua imagine a fost achiziționată după injectarea unei substanțe de contrast.

- 1) Să se determine câte leziuni sunt în imaginea de contrast.

☐ *Hint* : Se calculează imaginea diferență între imaginea cu contrast și cea fără contrast.



Figura II.18.1. Imagine CT

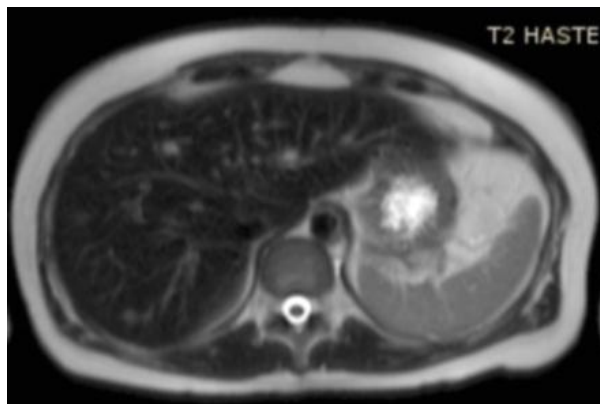


Figura II.18.2. Imagine CT cu contrast

- 2) Să se determine histograma imaginii rezultate. Este histograma noii imagini diferența histogramelor imaginilor inițiale? Incercați să găsiți o explicație.



Exercițiul II.19

Se consideră imaginile din Figura II.19. Să se determine imaginea fuziune între imaginea funcțională PET⁶ și imaginea anatomică CT.

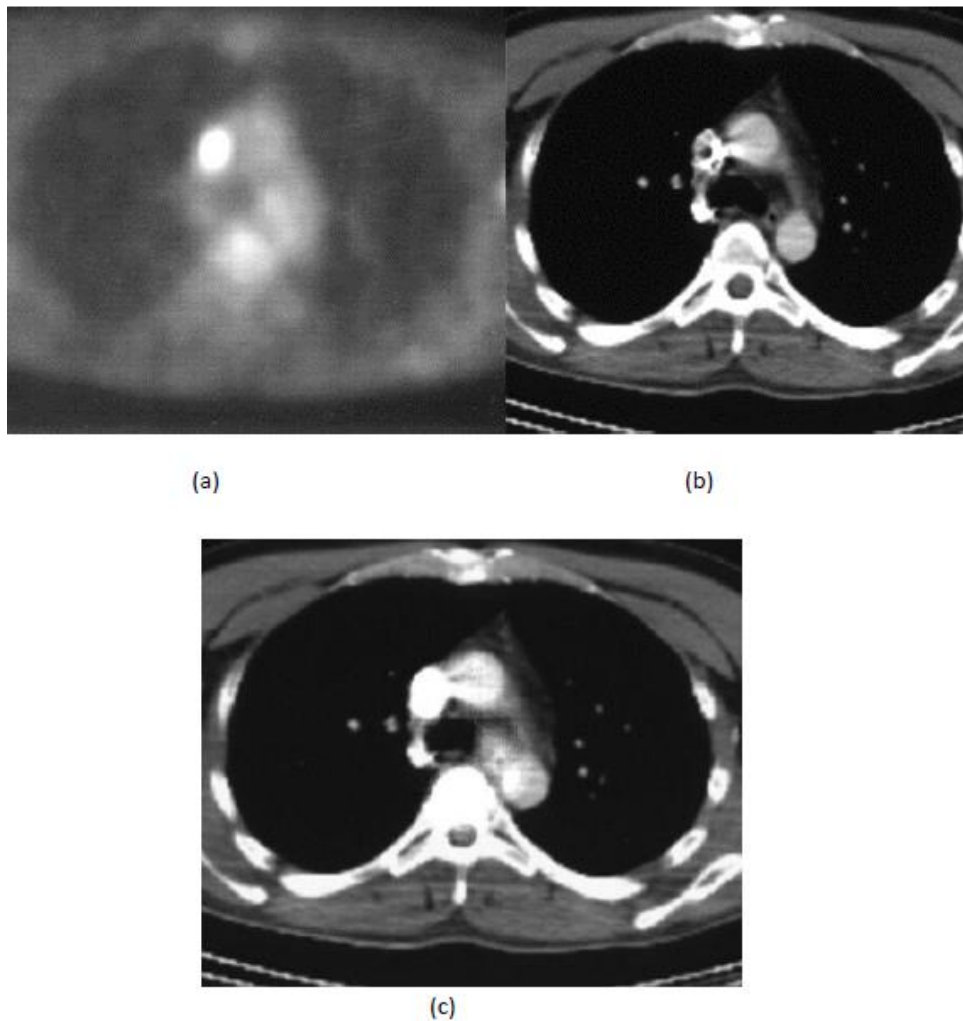


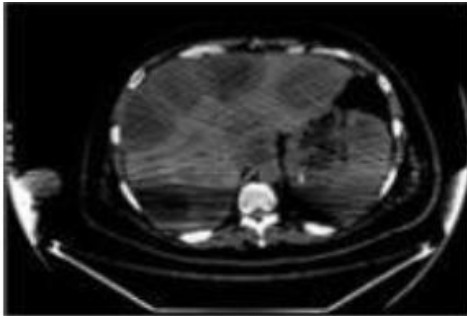
Figura II.19. (a) Imagine PET. (b) Imagine CT. (c) Imagine fuziune CT/PET

⁶ PET = Positron Emission Tomography

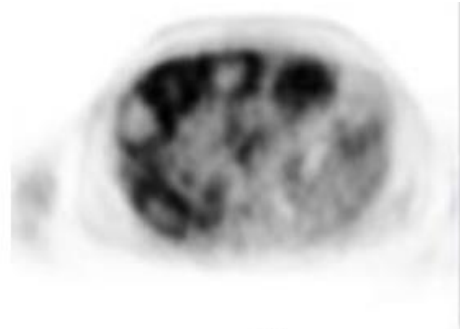


Exercițiul II.20

Se consideră două imagini achiziționate în aceleași condiții, dar cu tehnici de imagistică diferite. Figura II.20.1 prezintă imaginea CT, iar Figura II.20.2 prezintă imaginea PET, înainte și, respectiv, după administrarea unui tratament. Să se determine imaginea de fuziune între imaginea CT și imaginea PET în fiecare caz în parte, precum și imaginea diferență între imaginea fuziune CT/PET înainte și după tratament.

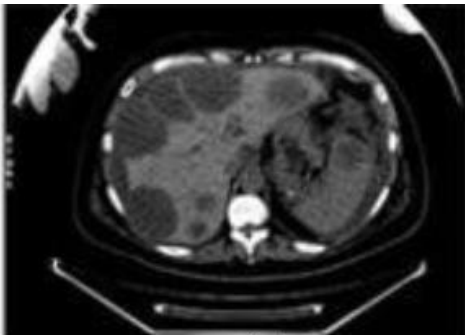


(a)

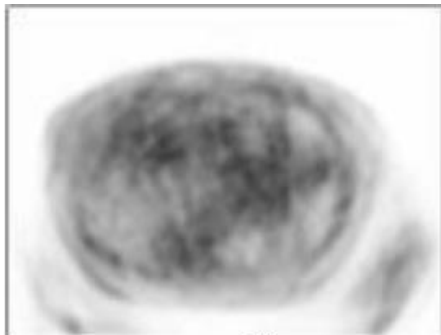


(b)

Figura II.20.1. (a) Imagine CT. (b) Imagine PET, înainte de tratament



(a)



(b)

Figura II.20.2. (a) Imagine CT. (b) Imagine PET, după tratament

4. Organizarea lucrărilor practice

Dacă se va realiza o singură lucrare practică de prelucrare a imaginilor biomedicale, se poate opta pentru parcurgerea exercițiilor rezolvate și adăugarea unui exercițiu propus din secțiunea de operații cu imagini medicale.

Dacă se vor realiza două lucrări practice de prelucrare a imaginilor biomedicale, se poate opta pentru parcurgerea exercițiilor rezolvate și adăugarea exercițiilor propuse în prima parte (e.g., Exercițiul I.1), în partea de îmbunătățire a imaginilor (e.g., un exercițiu sau două dintre Exercițiul. II.4 – Exercițiul II.11), în partea de segmentare (e.g., un exercițiu) și un exercițiu din partea de operații cu imagini medicale.

Exercițiile care nu au fost abordate în cadrul lucrărilor practice pot fi incluse în temele de casă.

5. Concluzii

- ✚ Înșușirea operațiilor elementare utilizate în prelucrarea imaginilor biomedicale: e.g., determinarea imaginii negative, scalarea, rotația, translatarea imaginilor, determinarea histogramei, selectarea unei zone de interes, etc;
- ✚ Înșușirea tehnicilor clasice de îmbunătățire a imaginilor biomedicale:
 - Reglarea parametrilor de contrast,
 - Punerea în evidență a conturilor,
 - Egalizarea histogramei,
 - Tehnici de filtrare în domeniul spațial,
 - Tehnici de filtrare în domeniul frecvențial.
- ✚ Înșușirea tehnicilor clasice de segmentare a imaginilor biomedicale;
- ✚ Înșușirea operațiilor aritmetice și logice cu imagini biomedicale.

Referințe

- A.E. Sultana, S. Pasca, S. Oprisescu, *Imagistica Medicală. Indrumar de laborator pentru uzul studentilor*, Editura MatrixRom, Bucuresti, 2011.
- Bankman, *Handbook of medical image processing and analysis*, Academic Press 2nd edition, 2008.

Notă

1. Imaginile radiologice fac parte din arhiva de radiografii et tomografii a Departamentului de Radiologie și Imagistică Medicală a Universității de Medicină și Farmacie „Victor Babeș ” din Timișoara, coordonat de profesor Magda Pascuț. Imaginile citologice au fost primite și utilizate cu permisiunea doctorului Rodica Păcurar de la Clinica de Hematologie a Spitalului Municipal din Timișoara, căreia îi mulțumim pe aceasta cale.
2. Imaginile sunt disponibile la adresa: <https://goo.gl/KFrH1b>