

CZU: 630:504.73.05”(498)

DOI: 10.46727/c.v1.18-19-03-2023.p143-148

## UTILIZAREA ENTROPIEI ȘI A LACUNARITĂȚII ÎN ANALIZA DINAMICII SUPRAFETELOR FORESTIERE – STUDIU DE CAZ JUDEȚUL BRĂILA

### THE USE OF ENTROPY AND LACUNARITY IN THE ANALYSIS OF FOREST AREA DYNAMICS - CASE STUDY BRĂILA COUNTY

*Ion Andronache, cercetător științific, dr. în geografie  
Centrul de Analiză Integrată și Management Teritorial (CAIMT),  
Universitatea din București, România  
Școala Gimnazială "Vasile Alecsandri", Brăila, România*

*Ion Andronache, research scientist, PhD in geography  
Research Center for Integrated Analysis and Territorial Management - CAIMT (CAIMT),  
University of Bucharest, Romania  
Vasile Alecsandri Secondary School, Braila, Romania  
ORCID: 0000-0001-7693-9098, ion.andronache@geo.unibuc.ro*

**Abstract.** *Forests are fragmented, irregular and discontinuous. Therefore, complexity metrics can be used to analyse spatio-temporal dynamics. In this study, the degree of homogeneity or heterogeneity of forests was analysed using lacunarity and the degree of disorder using imaging entropy. The entropy results showed that as deforestation expanded, the entropy of the summed deforested areas increased slightly, indicating that deforestation was taking place in very small areas and mostly along flowing waters. The entropy of the regenerated area was lower than that of the deforested area, indicating that regeneration was relatively more compact and orderly (dominated by plantations). Lacunarity results showed that there was a tendency for heterogeneity to decrease due to clustering of deforestation, but also that regeneration was more heterogeneous than deforestation, with regeneration occurring where deforestation had not occurred. These findings have implications for future forest planning and sustainable management.*

**Keywords:** *forests, deforestation, complexity, entropy, lacunarity.*

#### **Introducere**

Pădurile din ce în ce sunt mai intens exploatate, din cauza extinderii culturilor agricole și a creșterii cererii de masă lemnoasă [1].

Defrișarea suprafețelor forestiere afectează în mod direct sistemele teritoriale și necesită adoptarea unor politici publice care să echilibreze acest proces, pentru a păstra biodiversitatea și funcțiile recreative [2].

La nivel mondial, principala cauză a reducerii suprafețelor forestiere este transformarea terenurilor forestiere în terenuri agricole și pășuni [3]. În ultimul secol, deși suprafața forestieră a scăzut, rata netă de defrișare la nivel mondial a încetinit, cu peste 50 %, ca urmare a implementării de către unele state, a unui management forestier specific. La nivel global, pădurile găzduiesc mai mult de 75% din biodiversitatea terestră și sunt deosebit de importante pentru populația rurală [4].

Analiza entropiei și a lacunarității oferă o abordare complementară evaluării tradiționale pe bază analiza imaginilor satelitare a defrișărilor și a disturbănței forestiere [5-6]

În această lucrare am folosit o abordare texturală a resurselor forestiere prin analiza dinamicii heterogenității și a gradului de dezordine impus de defrișare. Am aplicat această abordare pentru resursele forestiere din Unitățile Administrativ Teritoriale ale județului Brăila, pentru a obține informații despre distribuția defrișărilor și reîmpăduririlor. Acest tip de analiza oferă o cuantificare a gradului de fragmentare, heterogenitate și dezordine a suprafețelor forestiere și indirect poate fi o bază pentru asistarea intervențiilor instituționale.

## **Materiale și metode**

Suportul principal a fost reprezentat de baza de date care a cuprins mai multe tipuri de informații preluate din mai multe surse:

- Imagini digitale obținute din baza de date GFC (Global Forest Change) 2000-2014, de la Departamentul de Științe Geografice din cadrul Universității Maryland. Această bază de date este rezultatul analizării datelor zonelor forestiere din Landsat 7 ETM + (rezoluția spațială de 30 m) în perioada 2000-2012 [7], reprezentând informații globale privind modificările forestiere cu cea mai mare rezoluție spațială disponibilă în prezent.

- Date geospațiale:

o Tip vector obținute prin vectorizare manuală și interpolare, a diverselor materiale cartografice sau prin descărcare de pe web site-uri (<http://earth.unibuc.ro/>) și de la <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version> - date de tip land Corine, pentru utilizarea terenurilor;

o Tip raster (date de tip DEM), derivate, preluate de pe web site-uri (<http://earth.unibuc.ro/>).

*Determinarea Entropiei. Entropia imagistică* măsoară dezordinea sau complexitatea unei imagini. Entropia este mare, atunci când imaginea nu este uniformă textural și multe elemente GLCM au valori foarte mici. Astfel, texturi complexe tind să aibă entropie înaltă. Entropia este mică când imaginea este uniformă textural. GLCM (gray-level co-occurrence matrix; matricea de co-apariție a nivelului de gri) este o metodă statistică de examinare a texturii care ia în considerare relația spațială a pixelilor.

Entropia se calculează utilizând formula:

$$Entropy = \sum_i \sum_j p(i, j) \log p(i, j) \quad (1)$$

unde,  $i, j$  sunt coordonatele matricei GLCM [8].

*Determinarea lacunarității. Lacunaritatea* cuantifică modul în care spațiul este ocupat și discriminează distribuția spațială a lacunelor în textura, la scări multiple, nefiind sensibilă la marginile imaginilor. În general, o mai mare dispersia a mărimii lacunelor în textura imaginii capturate generează o valoare mai mare a lacunarității și invers.

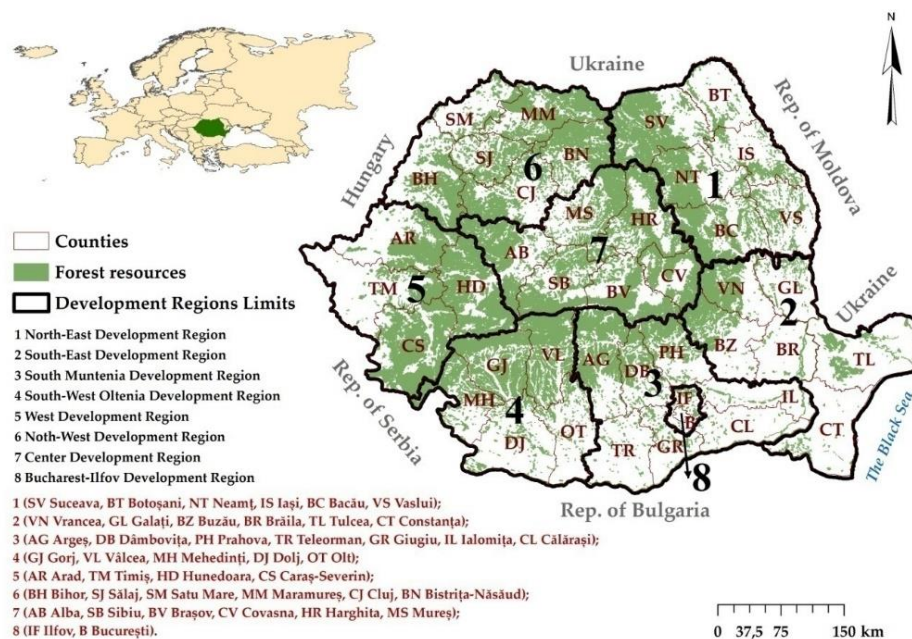
Lacunaritatea măsoară gradul de eterogenitate a unei imagini analizând variația distribuției pixelilor (arealul ocupate de pădure) și se calculează folosind ecuația:  $A_{FG2DL} = (CV_A)^2$  (2) unde  $CV_A$  este coeficientul de variație [9].

Atât lacunaritatea cât și entropia au fost calculate utilizând software IQM 3.5 [10].

**Zona de studiu.** Județul Brăila este situată în câmpie, în sud-estul României, ocupând o parte din Lunca Șiretului inferior, o parte din Câmpia Bărăganului, mici porțiuni din Câmpia Sălcioara și Câmpia Buzăului. În est, județul Brăila cuprinde Balta Brăilei. Județul Brăila reprezintă 2% din suprafața întregii țări. Poziția pe harta României este data de următoarea coordonate:

- 28° si 10' long. E (comuna Frecaței);
- 27° si 5' long. E (comuna Galbenu);
- 45° si 28' lat. N (comuna Măxineni);
- 44° si 44' lat N (comuna Ciocile).

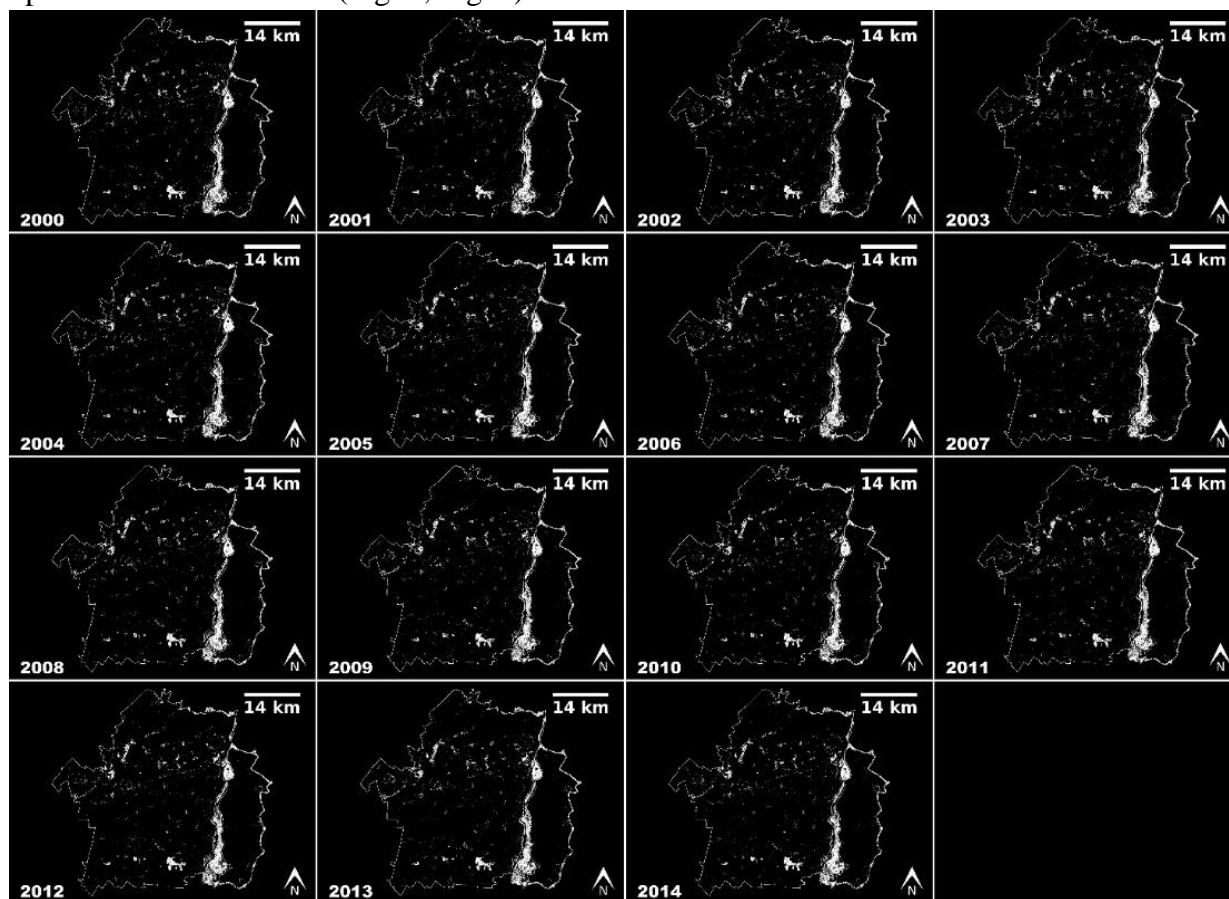
Județul Brăila are o vegetație caracteristică zonei de câmpie (95% culturi și suprafețe restrânse de pajiști). Vegetația arborescentă este relativ puțin reprezentată (Fig. 1).



**Fig. 1. Resursele forestiere din România [11]**

### Rezultate și discuții

Analiza morfo-structurală și texturală a suprafețelor forestiere din județul Brăila a fost analizată pentru perioada 2000-2014. Au fost folosite imagini satelitare pentru determinarea valorilor și tendinței de evoluție a entropiei și a lacunarității, cu scopul de a evidenția efectele defrișărilor asupra resurselor forestiere (Fig. 2; Fig. 3).



**Fig. 2. Evoluția suprafețelor împădurite din Județul Brăila (2000-2014)**

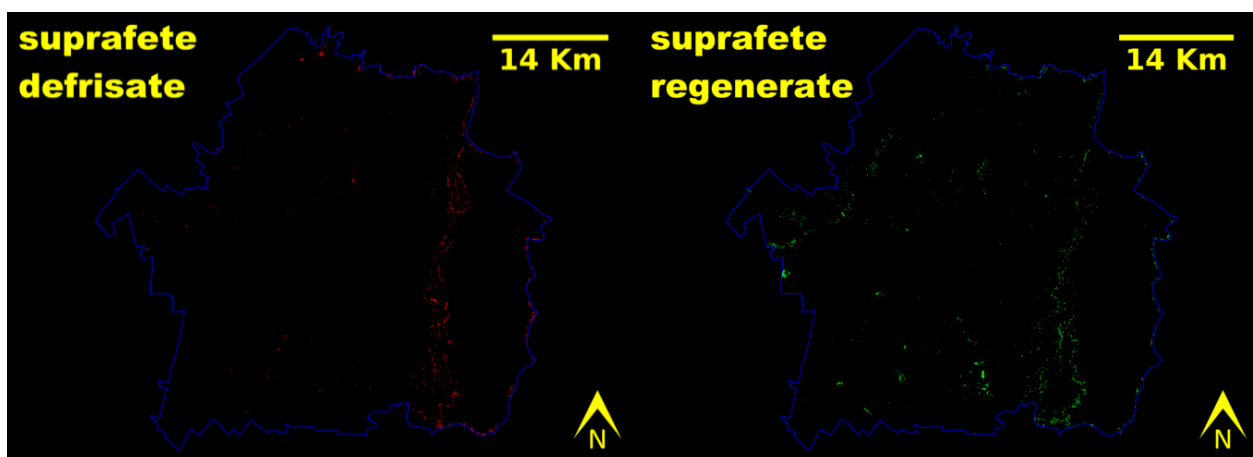


Fig. 3. Repartiția spațială a suprafețelor defrișate din Județul Brăila în perioada 2001-2014

### Entropia imagistică

Analiza entropiei permisă cuantificarea gradului de uniformitate / dezordine texturală impus de defrișările efectuate asupra suprafețelor forestiere. În perioada analizată, ca urmare a defrișărilor efectuate entropia a scăzut continuu de la 0,1656 (2000) la 0,1652 (2014). Valorile reduse ale entropiei indică că suprafețele împădurite nu "creează" o mare dezordine la nivelul județului Brăila, nu din cauza compactării lor ci din cauza suprafețelor foarte mici pe care le ocupă și a aspectului mai mult liniar. Evoluția entropiei a confirmat evoluția suprafețelor împădurite. Astfel începând cu anul 2008 s-a accentuat procesul fragmentare a pădurilor prin declusterizarea suprafețelor împădurite (Fig. 4).

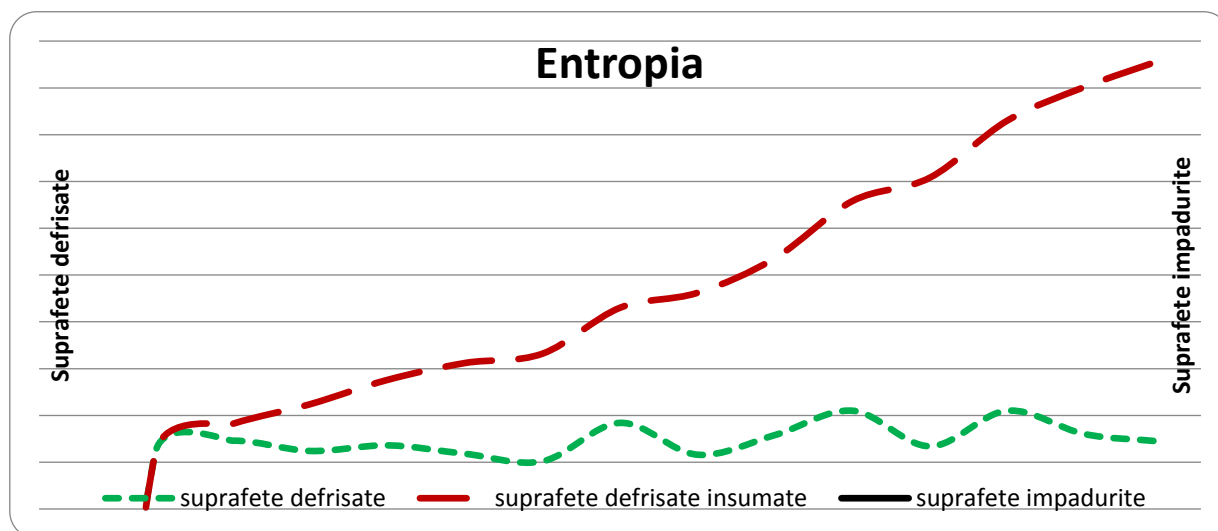
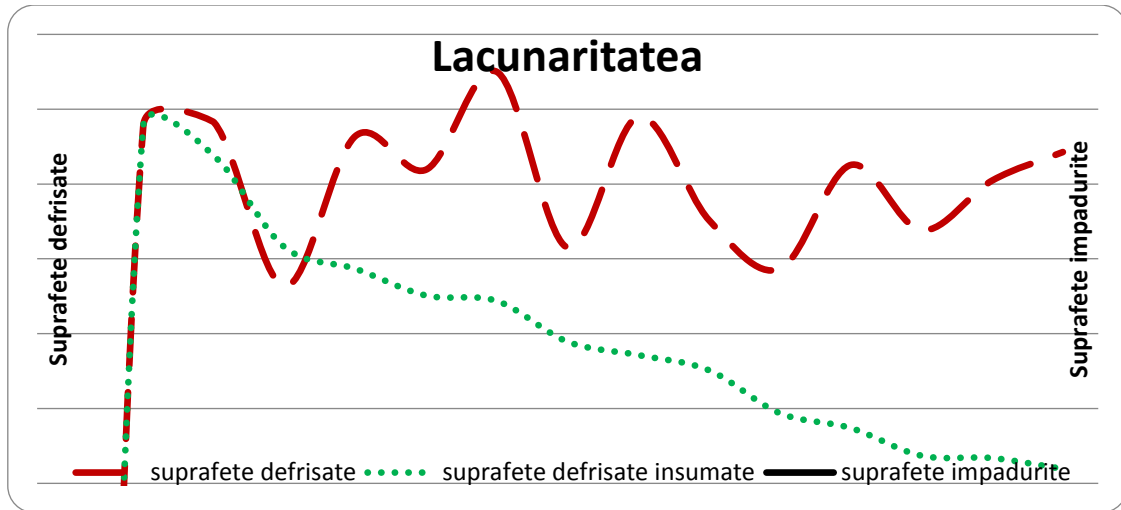


Fig. 4. Dinamica entropiei suprafețelor forestiere din județul Brăila, în perioada 2001-2014

Pe măsura extinderii defrișărilor, în perioada analizată, entropia suprafețelor defrișate însumate a crescut ușor cu 0,032 de la 0,008 (2001) la 0,012 (2014) indicând că defrișările s-au efectuat în suprafețe foarte mici și mai ales de-a lungul apelor curgătoare. Entropia suprafeței forestiere regenerare, pentru perioada 2001-2014, a fost mai mică (0,005) decât a suprafeței defrișate (0,012), ceea ce confirmă că regenerarea s-a făcut relativ mai compact și ordonat (dominant prin plantații).

### Lacunaritatea ( $\Lambda_{FG2DL}$ )

Analiza lacunarității a permis cuantificarea gradului de heterogenitate a suprafețelor forestiere, evidențiind cât de omogen sau heterogen au fost realizate defrișările. Deși în mod normal lacunaritatea ar fi trebuit să crească, pe fondul defrișărilor reduse, aceasta a scăzut cu 0,001 de la 0,4701 în 2000 la 0,47 în 2014. În 2003 și 2009 datorita gradului mare de compactare al suprafețelor defrișate, chiar daca acestea au fost mici, lacunaritatea a crescut ușor (Fig. 5).



**Fig. 5. Evoluția spatio-temporală a lacunarității suprafețelor forestiere din județul Brăila în perioada 2001-2014**

La nivelul suprafețelor defrișate, cele mai heterogene defrișări s-au realizat atunci când acestea au fost făcute haotic și în suprafețe foarte mici, adică 2002, 2006 și 2003 ( $A_{FG2DL} > 1.19$ ), pe când cele mai omogene defrișări s-au realizat atunci când acestea au fost mai compacte (2003) și mai mari ( $A_{FG2DL} < 1.12$ ), în 2007, 2010 și 2012.

În privința însumării suprafețelor defrișate se observă o tendință de scădere a heterogenității prin clusterizarea defrișărilor (Fig. 5) de la 1,19 la 0,96.

$A_{FG2DL}$  suprafeței regenerată pentru perioada 2001-2014 a fost mai mare cu 0,09 decât a suprafeței defrișate (1,05 versus 0,96), ceea ce confirmă că regenerarea s-a făcut mult mai împrăștiat decât defrișarea, existând regenerări acolo unde nu s-au produs defrișări.

## Concluzii

Defrișarea este un fenomen important care poate crea dezechilibre majore la nivelul unităților administrativ-teritoriale. Aceste dezechilibre pot provoca dificultăți de dezvoltare prin multiplicarea efectelor lor negative, care pot afecta mediul și componentele socio-economice (forța de muncă). Identificarea și cercetarea cauzelor care determină extinderea zonelor defrișate reprezintă o preocupare majoră atât pentru cercetători, cât și pentru factorii de decizie, datorită relațiilor complexe stabilite între păduri și celelalte componente ale sistemelor teritoriale.

Județul Brăila deși este un județ cu un grad foarte redus de împădurire (5,7%) suprafața împădurită a acestuia în ultimii 15 ani a crescut cu 0,45% fiind depășită doar de județele Dolj, Constanta, Covasna, Harghita și Sibiu. Acest fapt s-a datorat atât suprafețelor foarte mici defrișate, de ordinul hectarelor pe an, a dispunerii dominante a pădurii de-a lungul rețelei hidrografice și de amplele campanii de reîmpădurire efectuate cu precădere în Bălțile Mici ale Brăilei.

## Bibliografie

1. PINTILII, Radu-Daniel et al. Using fractal analysis in modeling the dynamics of forest areas and economic impact assessment: Maramures, County, Romania, as a case study. *Forests* [on-line]. 2017, Vol. 8, nr. 1. DOI 10.3390/f8010025 (IF: 3.282).
2. ANDRONACHE, Ion et al. Dynamics of Forest Fragmentation and Connectivity Using Particle and Fractal Analysis. *Scientific Reports* [on-line]. August 2019, Vol. 9, nr. 1, p. 12228. DOI 10.1038/s41598-019-48277-z (IF: 4.996).
3. FAO. State of the World's forests. Forest and Agriculture: Land -Use challenge and opportunities [on-line]. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016 [accesat la 14 ianuarie 2023]. Disponibil la: <http://www.fao.org/3/a-i5588e.pdf>.
4. FAO. The State of Food and Agriculture. Innovation in family farming [on-line]. Rome, Italy : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014 [accesat la 14 ianuarie 2023]. Disponibil la: <http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>.
5. CIOBOTARU, Ana-Maria et al. Application of Fractal and Gray-Level Co-Occurrence Matrix Indices to Assess the Forest Dynamics in the Curvature Carpathians—Romania. *Sustainability* [on-line]. 2019, Vol. 11, nr. 24. DOI 10.3390/su11246927 (IF: 3.889).
6. ANDRONACHE, Ion C. et al. Fractal analysis for studying the evolution of forests. *Chaos, Solitons & Fractals* [on-line]. Octombrie 2016, Vol. 91, p. 310–318. DOI 10.1016/j.chaos.2016.06.013 (IF: 9.922).
7. HANSEN M. C. et al. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* [on-line]. American Association for the Advancement of Science, Noiembrie 2013, Vol. 342, nr. 6160, p. 850–853. DOI 10.1126/science.1244693 (IF: 63.714).
8. HARALICK, Robert M., SHANMUGAM, K. și DINSTEIN, Its'Hak. Textural Features for Image Classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* [on-line]. 1973, Vol. SMC-3, nr. 6, p. 610–621. DOI 10.1109/TSMC.1973.4309314 (IF: 11.471).
9. KARPERIEN, Audrey, AHAMMER, Helmut și JELINEK, Herbert. Quantitating the subtleties of microglial morphology with fractal analysis. *Frontiers in Cellular Neuroscience* [on-line]. 2013, Vol. 7, nr. 3, p. 1–18. DOI 10.3389/fncel.2013.00003 (IF: 6.147).
10. KAINZ, Philipp, MAYRHOFER-REINHARTSHUBER, Michael și AHAMMER, Helmut. IQM: an extensible and portable open source application for image and signal analysis in Java. *PLoS One* [on-line]. 2015, Vol. 10, nr. 1, p. e0116329. DOI 10.1371/journal.pone.0116329 (IF: 3.752).
11. ANDRONACHE, Ion et al. Assessment of Textural Differentiations in Forest Resources in Romania Using Fractal Analysis. *Forests* [on-line]. 2017, Vol. 8, nr. 3. DOI 10.3390/f8030054 (IF: 3.282).