

## Software application for characterizing spatial distribution of a population

Ciprian PALAGHIANU  
Sergiu HORODNIC

### *Aplicație de caracterizare a distribuției spațiale a unei populații*

**Abstract:** *In this paper a software product is presented. We created it in order to help the researchers in their activity of extracting valuable information regarding spatial distribution of a population. The software, named SPATIAL, offers a wide range of instruments that should be used in describing spatial pattern of the individuals of a population.*

Key words: spatial pattern, spatial distribution, spatial analyses, nearest neighbour.

### 1. INTRODUCERE

Lucrarea de față descrie o aplicație software ce a fost realizată cu scopul de a ajuta cercetătorii în activitatea de a extrage informații privitoare la răspândirea spațială unei populații. Aplicația, numită SPATIAL, a fost dezvoltată în mediul de dezvoltare Visual Basic și oferă instrumente variate de caracterizare a modelului spațial al unei populații.

Ecologiștii au recunoscut până în prezent trei modele distincte pentru distribuția spațială a populațiilor: modelul randomizat, modelul agregat și modelul uniform dar cercetările a numeroși specialiști (R. M. Reich, R. Davis, 2000) au arătat că, în general, majoritatea populațiilor biologice sunt distribuite conform unui model nerandomizat (nealeator).

Datorită faptului că în cadrul unui studiu de analiză spațială în cele mai multe din cazuri punctele asociate elementelor unui anumit proces sau fenomen sunt foarte numeroase, se impune folosirea unor metode de sondaj. În analiza spațială există două metode de selecție a probelor:

- metoda bazată pe prelevarea datelor din quadrate (*quadrat sampling*)
- metoda bazată pe prelevarea datelor în funcție de distanțe (*distance sampling*).

Metoda quadratelor (*quadrat sampling*) se bazează pe stabilirea unor suprafețe de probă reprezentative pentru o populație, în care se vor număra câți indivizi (entități) apar în fiecare suprafață. Cea de a doua metodă (*distance sampling*) este caracterizată de măsurarea distanțelor până la indivizi sau a distanțelor dintre aceștia. Prin folosirea acestor metode se urmărește detectarea tipului de model (randomizat, agregat sau uniform) și/sau a modului de asociere dintre două sau mai multe grupuri.

Metoda bazată pe prelevarea datelor în funcție de distanțe (*distance sampling*) a fost dezvoltată inițial pentru studierea relațiilor din cadrul comunităților vegetale (Mawson 1968). La începutul anilor '50 au apărut numeroase modele bazate pe distanța dintre indivizi (Pielou 1959, Clark și Evans 1954). Majoritatea modelelor erau concepute pe baza distanței până la cel mai apropiat vecin, fiind acceptată ipoteza conform căreia, într-o populație distribuită uniform într-un spațiu, distribuția distanțelor va fi o distribuție Poisson.

Sunt acceptate, în principal, cinci teste de detectare a modelelor spațiale nealeatorii: indicele celui mai apropiat vecin (Clark și Evans - 1954), indicele de ne-randomizare Pielou (Pielou, 1959), coeficientul de agregare (Hopkin și Skellam, 1970), indicele de corelație Holgate și raportul Holgate (Holgate, 1965). O formă nouă de analiză, numită procedura permutațiilor multi-răspuns (MRPP) (Mielke, 1986) poate fi aplicată, de asemenea, cu succes. Rezultate bune în stabilirea tipului modelului unei distribuții s-au obținut și folosind tehnica de simulare Monte Carlo.

Creșterea și dezvoltarea arborilor este în mod vădit influențată de distribuția spațială a acestora – atât pe orizontală cât și pe verticală. Astfel că încadrarea într-unul din cele trei tipuri de modele spațiale (aleator, agregat sau uniform) poate să ofere informații asupra posibilităților de evoluție a indivizilor din zona studiată, asupra proceselor concurențiale, modului de repartiție a resurselor sau prezenței unor factori limitativi.

În mod evident, această împărțire a distribuției spațiale în trei clase nu are un caracter stabil și categoric, deoarece în realitate există combinații între toate aceste modele și de asemenea se poate spune că există o anumită dinamică în cazul distribuției ce poate determina o schimbare a încadrării într-un anumit model spațial. Kent și Dress (1980) au arătat că modelele uniforme, în cazul arboretelor, converg în timp spre modele randomizate dacă extragerile sunt la rândul lor aleatoare, iar modelele agregate tind să se stabilizeze în timp.

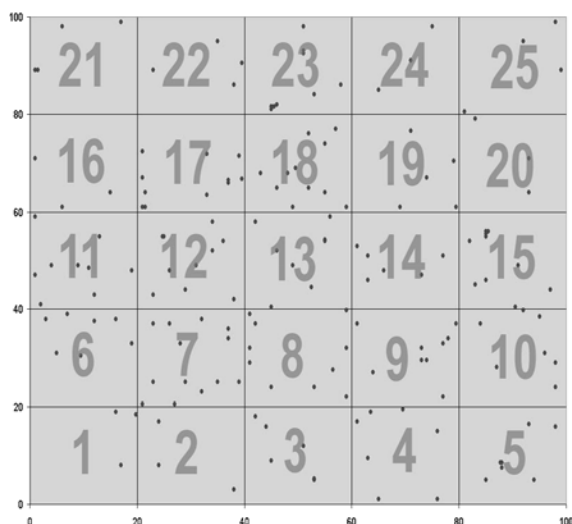
Pentru a ușura interpretarea rezultatelor, au fost propuși de-a lungul timpului o serie de indici sintetici – ce pot caracteriza tipul de distribuție spațială a unor evenimente analizate. La noi în țară, deși o parte din indicii de distribuție spațială sunt menționați de câteva decenii în literatura de specialitate (Botnariuc, 1982) aplicarea lor a fost posibilă mult mai târziu (Cenușă, 1996; Popa, 1999; Avăcăriței, 2005). Acest lucru probabil că a fost datorat nu doar caracterului modern de analiză ci și faptului că prelucrările numerice ce trebuie efectuate în vederea stabilirii valorii indicilor respectivi sunt relativ complexe, calculatorul fiind în acest caz un instrument absolut necesar. Pentru a veni în întâmpinarea cercetătorilor care doresc să efectueze studii asupra proceselor spațiale, dar care nu posedă și toate cunoștințele necesare prelucrării datelor, ca de altfel și tuturor celor care doresc o formă rapidă de a afla informații privitoare la distribuția spațială a unor elemente s-a realizat o aplicație de calcul a unor indici specifici distribuțiilor spațiale.

## 2. PREZENTAREA APLICAȚIEI „SPATIAL”

Aplicația SPATIAL folosește drept metoda de selecție a probelor atât metoda quadratelor cât și metoda dependentă de distanțe – în funcție de modulul selectat. În ceea ce privește gruparea datelor, se bazează inițial pe prelucrări ale coordonatelor indivizilor din suprafața analizată. Metoda quadratelor folosește coordonatele pentru a determina fiecare individ cărui quadrat aparține, iar metoda distanțelor calculează distanțele dintre arbori în baza aceluiași coordonate ale indivizilor. Drept urmare, pentru a folosi oricare din cele două metode de analiză spațială, cercetătorii trebuie să preleveze datele astfel încât să poată preciza într-un sistem cartezian poziția fiecărui individ.

Programul posedă două module, primul dintre ele efectuând o prelucrare prin metoda quadratelor iar cel de al doilea o prelucrare prin metoda distanțelor. Modulul de prelucrare prin metoda quadratelor are ca date de intrare coordonatele arborilor (ce vor fi preluate dintr-o foaie de calcul de tip Excel), dimensiunile suprafeței studiate și dimensiunile unui quadrat. În baza acestor date, programul va calcula o serie de indici folosiți în analiza spațială și va oferi și interpretarea valorii acestora – se va stabili tipul de structură. Sunt calculați următorii indici: indicele de dispersie (ID), indicele mărimii agregatului (ICS), indicele Green și indicele Morisita. De asemenea se realizează încadrarea automată a fiecărui punct în quadratul corespunzător (se întocmește un grafic pentru verificarea corectitudinii încadrării), se oferă interpretarea valorii indicilor, se realizează o distribuție a numărului de puncte pe fiecare quadrat și se efectuează o distribuție a numărului de quadrate pe clase ale numărului de puncte.

Figura 1. Graficul de repartiție pe quadrate și ordinea de numerotare a acestora

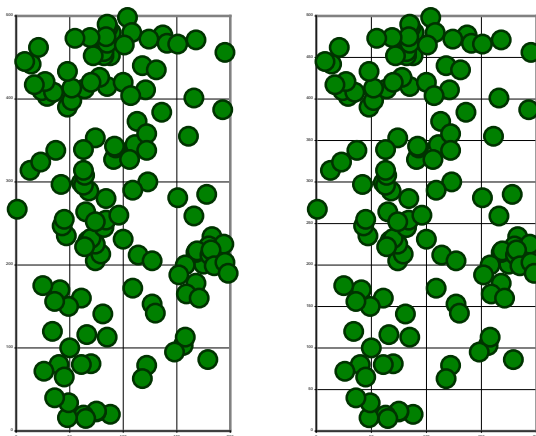


Avantajul folosirii acestui modul constă mai ales în faptul că se pot preciza dimensiuni diferite pentru quadrate, obținându-se foarte rapid indicii spațiali pentru noile dimensiuni. Acest lucru este foarte important deoarece folosind metoda

quadraterelor se pot obține rezultate diferite în ceea ce privește organizarea spațială la o variație a dimensiunilor quadraterului. Practic, la o creștere a mărimii quadraterului se înregistrează o creștere a indicelui de dispersie, ceea ce poate conduce spre o structură de tip agregat. De aceea alegerea mărimii optime a quadraterului este de maximă importanță pentru o interpretare corectă a rezultatelor obținute. Aplicația SPATIAL permite efectuarea rapidă a calculelor pentru diferite dimensiuni ale quadraterului și astfel dă posibilitatea cercetătorului să stabilească care este dimensiunea optimă a acestuia.

Aplicația realizează încadrarea automată a fiecărui punct în quadratul corespunzător (și întocmește un grafic pentru verificarea corectitudinii încadrării), calculează indicii spațiali și oferă interpretarea valorii acestora, realizează o distribuție a numărului de puncte pe fiecare quadrat și de asemenea efectuează o distribuție a numărului de quadrate pe clase ale numărului de puncte.

Figura 2. Diferite variante de alegere a dimensiunii quadraterelor (50x100, 50x50)



Indicele de dispersie (ID)

$$ID = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

$\bar{x}$  - numărul mediu de evenimente pe quadrat

$s^2$  - varianța numărului de evenimente pe quadrat

Indicele mărimii agregatului (ICS)

$$ICS = \frac{s^2}{\bar{x}} - 1;$$

Indicele Green

$$I_{Green} = \frac{\frac{s^2}{\bar{x}} - 1}{\sum X - 1};$$

Indicele Morisita

$$I_{\delta} = n \cdot \frac{\sum(x^2) - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x};$$

Al doilea modul al aplicației folosește metoda distanțelor. Această metodă utilizează coordonatele arborilor pentru a calcula distanța către cel mai apropiat vecin sau către un anumit număr de vecini. Prelucrările se efectuează asupra distanțelor dintre arbori pentru ca în final să se poată calcula valorile unor indici sintetici capabili să ofere tipul de structură spațială. Metoda celui mai apropiat vecin (nearest neighbour) compară distribuția distanțelor față de cel mai apropiat vecin cu distribuția teoretică Poisson, corespunzătoare unui proces spațial aleator. Aplicația SPATIAL deține și un modul de prelucrare a datelor prin metoda distanțelor. Datele de intrare sunt reprezentate de coordonatele arborilor și dimensiunile suprafeței studiate iar datele de ieșire constă într-o serie de indici folosiți în analiza spațială în scopul stabilirii tipului de structură: distanța medie față de cel mai apropiat vecin, dispersia distanței medii față de cel mai apropiat vecin, indicele Fisher, indicele Clark – Evans, indicele Donnelly, indicele Pielou, indicele Skellam.

Distanța medie față de cel mai apropiat vecin (sau față de  $x$  vecini)  $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$ ;

Dispersia distanței medii față de cel mai apropiat vecin  $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}$ ;

Indicele Fisher  $I_f = \frac{s^2}{\bar{d}}$ ;

Indicele Clark – Evans  $I_c = \frac{\bar{d}}{d_i} = \frac{\bar{d}}{\left(\frac{1}{2\sqrt{\lambda}}\right)} = 2 \cdot \bar{d} \cdot \sqrt{\lambda}$

unde:  $\lambda = \frac{n}{(x_{\max} - x_{\min})(y_{\max} - y_{\min})}$ ;  $x, y$  - pozițiile carteziene ale arborilor

Indicele Donnelly  $IC = \frac{\bar{d}}{d_c}$

unde:  $d_c = \frac{1}{2\sqrt{\lambda}} + \left(0.051 + \frac{0.041}{\sqrt{n}}\right) \left(\frac{P}{n}\right)$  iar  $P$  - perimetrul suprafeței experimentale.

Indicele Pielou  $IP = \pi\lambda\varpi$  unde:  $\varpi = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n}$

Indicele Skellam  $IS = 2\pi\lambda n\varpi$ ;

Atunci când se face o analiză a modelului spațial al unei populații, trebuie să se țină cont de evenimentele ce au avut loc și de relațiile cauză-efect ce intervin la nivelul populației studiate. Trebuie să se realizeze o analiză atentă a relațiilor dintre mediul înconjurător și populație. Totuși, în condițiile în care mecanismele de interacțiune mediu-populație sunt extrem de complexe și prea puțin cunoscute, se

impune o segregare a principalilor factori de mediu și o analiză a efectelor independente ale acestora în același timp, deoarece modelul spațial observat este, în fapt, un răspuns la întregul sistem de factori (R. M. Reich, R. Davis, 2000). Se poate concluziona că aplicația SPATIAL reprezintă un instrument util aflat la îndemâna celor care doresc să folosească modelarea spațială în cercetările efectuate.

## REFERENCES

1. Avăcăriței, D. , *Cercetări auxologice în arborete de fag aflate în perioada de regenerare*. Teză de doctorat. Suceava, 2005.
2. Botnariuc, N., Vădineanu V., *Ecologie*, Editura Didactică și Pedagogică, 1982.
3. Cenușă, R., *Probleme de ecologie forestieră – Teoria fazelor de dezvoltare, Aplicații la molidișuri naturale din Bucovina*, Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava, 1996.
4. Clark, P. J., Evans, F. C., *Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations*. Journal of Ecology 35; 1954.
5. Kent, B. M., Dress, P. E. *On the convergence of forest stand spatial pattern over time. The case of regular and aggregated initial spatial pattern*. Forest Sciences. 26; 1980.
6. Mawson, J. C.. *A Monte Carlo study of distance measures in sampling for spatial distributions in forest stands*. Forest Sciences. 14; 1968.
7. Mielke, Jr., P. W. *Non-metric statistical analysis. Some metric alternatives*. Journal of Statistics. 13; 1986.
8. Monserud, A.M., *The role of Models in answering questions of Forest Sustainability*. Forest Modelling for Ecosystem Management Conference, Vancouver; 2001.
9. Pennanen, J., et al, *Spatially explicit simulation of long-term boreal forest landscape dynamics incorporating quantitative stand attributes*. Elsevier Ecological Modelling 180; 2004.
10. Pielou, E. C. *The use of point-to-plant distances in the study of the pattern of plant populations*. Journal of Ecology. 23; 1959.
11. Pielou, E. C., *Mathematical Ecology*. John Wiley & Sons, New York; 1977.
12. Reich, R. M., Davis, R., *Quantitative Spatial Analysis*, Colorado State University Fort Collins, Colorado; 2000.
13. Skellam, J. G., *Studies in statistical ecology. Spatial pattern*. Biometrika 39; 1952.