

1.2. Introducere în ecologia numerică

1.2.1. Ce înseamnă ecologie numerică

Deoarece sintagma “ecologie numerică” provine de la școala canadiană de ecologie vom prezenta în continuare câteva din ideile expuse de Legendre P. și Legendre L. în prefața la ultima ediție (Legendre P. și Legendre L., 1998) a celebrei lucrări de ecologie numerică din anul 1979 (Legendre L. și Legendre P., 1979a și b). Fiind în acord cu aproape toate ideile din acest text și pentru a oferi studentului un exemplu de lectură critică a unui material vom aborda o formă de prezentare mai neobișnuită. Adică în locul unui text al nostru în care să încadrăm din când în când diverse citate necesare, vom inventaria pe puncte cele mai importante idei ale celor doi autori, intervenind cu comentarii doar atunci când vom considera necesar acest lucru. Comentariile sunt marcate cu semnul “➤” iar citatele sunt cuprinse între ghilimele.

Pentru a ușura parcurgerea textului, materialul este fragmentat prin subtitluri semnificative.

1. Autorii afirmă că, prin lucrarea respectivă, “doresc să-și exprime opinia privind rolul analizei datelor în ecologie”.
2. Comentând un citat din Goethe cititorii sunt preveniți asupra modului de folosire în ecologie a matematicii care “poate ascunde, adesea sub un limbaj ezoteric, fenomenele naturale pe care oamenii de știință încearcă să le elucideze”.
3. Constată că “din nefericire, sunt multe exemple în literatura ecologică de specialitate” care ilustrează această greșeală.
4. Mai mult, “acest lucru a devenit mai frecvent odată cu apariția calculatoarelor care au permis accesul la operații complicate”.
5. “Din fericire însă” există și situația contrară. Aceasta se poate obține de către “ecologii care:
 - a. stăpânesc baza teoretică a metodelor numerice și
 - b. știu cum să le folosească”și care, astfel, “pot ajunge la o înțelegere mai adâncă a fenomenelor naturale prin intermediul calculelor.” (sublinierile ne aparțin).

➤ Ecologul are de ales între:

- (A) utilizarea matematicii doar ca limbaj la modă, încifrând evidente - facilitate încurajată periculos de mult de revoluția informatică - și
- (B) aplicarea matematicii cu prudență și discernământ, nuanțând sau chiar aprofundând cunoașterea, adică decriptând adevăruri noi.

Varianta *B* se poate realiza foarte dificil deoarece presupune îndeplinirea exigențelor enumerate la punctele *a* și *b* de mai sus. În plus rezultatul nu este sigur. Autorii spun “pot ajunge la ...” și nu “vor ajunge la ...” deoarece succesul acestui deziderat depinde și de un anumit talent care – ca orice talent - nu poate fi preluat prin învățare. Acesta se descoperă, acolo unde există, prin exercițiu de mulți ani, după parcurgerea consistentă a punctelor *a* și *b*.

Principalul scop al acestui curs de ecologie numerică este legat de punctul *a* și anume ne propunem **transmiterea bazelor teoretice ale celor mai utile metode folosite în cadrul demersului ecologiei numerice**. Vom vedea în continuare că din aceeași lucrare rezultă precerința unei bune pregătiri matematice și a unei foarte bune pregătiri statistice.

Scopul secundar este legat de punctul *b*. În acest cadru studenții primesc doar indicații metodologie generale, de tip epistemologic, urmând ca învățarea modului de utilizare în probleme ecologice concrete să fie practică, în mod complementar, în cursurile de specialitate. Numai în cadrul acestor cursuri este posibil ca anumiți ecologi-profesori să transmită propria experiență de utilizare și interpretare a anumitor metode. (Este vorba de cei care au parcurs performant punctul *a* și care și-au construit printr-o experiență consistentă, cu talentul invocat mai sus, o viziune proprie asupra valorii fiecărei metode numerice cu care operează în propriul domeniu.)

Gândind statistic și ecologic observăm că varianta *B* este practică de un număr foarte mic de ecologi din cauza celor patru dificultăți enumerate: cele invocate la punctele *a* și *b*, precum și talentul plus experiența necesare.

În schimb, gândind în același mod, observăm că varianta *A*, încurajează “specii” oportuniste, cu numere de exemplare din ce în ce mai mari, pentru că este foarte atractivă și relativ facilă datorită calculatoarelor și programelor moderne.

6. Metodele numerice utile ecologilor “provin din domeniul fizicii matematice, statisticii parametrice și neparametrice, teoriei informației, taxonomiei numerice, arheologiei, sociometriei, econometriei și altele”.
7. “Unele din aceste metode sunt folosite în prezent numai de acei ecologi care sunt interesați în analiza numerică a datelor. Ecologii «de teren» adesea nu stăpânesc aceste tehnici. Pentru acest motiv analizele de date prezentate în literatura de specialitate sunt prelucrate cu tehnici nepotrivite cu datele studiate, ducând la concluzii nesatisfăcătoare față de observațiile din teren. ... această precizare se referă mai ales la folosirea metodelor statisticii univariate sau multivariate.”
8. “Pentru a folosi eficient instrumentele statisticii aflate la îndemână, este esențială înțelegerea în totalitate a:
a. principiilor care stau la baza metodelor statistice și a
b. limitelor lor.” (sublinierile ne aparțin).

➤ Următoarea reformulare ni se pare mai potrivită:

Pentru a folosi în mod adecvat (corect) instrumentele matematice și/sau statistice aflate la îndemână, este esențială înțelegerea în totalitate a:

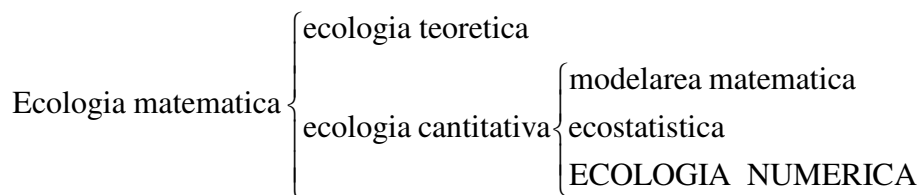
- a. limitelor metodelor matematice și/sau statistice și a
- b. principiilor care stau la baza acestora.

Plasarea ecologiei numerice

9. “Expresia **ecologie numerică** se referă la următoarea abordare.

Ecologia matematică acoperă domeniul aplicațiilor matematicii în ecologie. Poate fi împărțită în *ecologie teoretică* și *ecologie cantitativă*, iar aceasta din urmă la rândul ei include un număr de discipline, printre care *modelarea matematică*, *statistica ecologică* sau *ecostatistica* și **ecologia numerică**.”

➤ Autorii plasează *ecologia numerică* astfel:



10. “*Ecologia numerică* este deci un domeniu al ecologiei cantitative, care se ocupă cu analiza numerică a seturilor de date.”
11. “**Ecologii care folosesc date multivariate sunt principalii utilizatori ai acestor metode.**”

Scopul ecologiei numerice și diferențierea față de biostatistică

12. “Scopul ecologiei numerice este de a descrie și de a interpreta structura seturilor de date prin combinarea mai multor abordări numerice.”
 13. “*Ecologia numerică* se deosebește de *biostatistică* (inductivă sau descriptivă) prin faptul că folosește intens procedee care nu fac parte din domeniul statisticii și combină sistematic metodele statisticii multivariate cu tehnici numerice nestatistice¹ (de exemplu analiza grupărilor).”
- **Biostatistică** înseamnă, în accepția noastră, «știința aplicării în biologie a metodelor statistice precum și cea a construcției de noi metode statistice generate de probleme din biologie.» Mai sus autorii utilizează termenul de *biostatistică* ca o noțiune mai generală care cuprinde, în particular, noțiunea de *ecostatistică* invocată în citatul de la punctul 9.
14. “De asemenea, este des folosită inferența statistică (de exemplu testele de semnificație).”
- De aici rezultă afirmația noastră anterioară prin care ceream o foarte bună pregătire statistică prealabilă abordării ecologiei numerice.

Ecologia numerică și modelarea matematică

15. “**Ecologia numerică** este, de asemenea, diferită de *modelarea matematică în ecologie*, deși extrapolarea structurilor ecologice este adesea utilizată în *pronosticarea* valorilor în spațiu și / sau timp (prin regresie multiplă sau alte abordări similare, denumite colectiv *modele corelative*).”
- Din enunț rezultă că un scop al modelării este prognoza, predicția. De altfel, se precizează în continuare:
16. “Când scopul unui studiu este de a prognoza consecințele critice ale unor soluții alternative, ecologii trebuie să folosească *modele ecologice predictive*.”
 17. “Dezvoltarea unor modele care prognozează efectele asupra unor variabile, cauzate de modificarea altor variabile (vezi de exemplu De Neufville și Stafford, 1971)
 - a. necesită o bună structurare cauzală, bazată pe teoria ecologică și, de asemenea,
 - b. necesită includerea unei proceduri de validare.**Asemenea modele sunt adesea dificil și costisitor de construit.” (s. t.)**

¹ Alte școli încadrează analiza grupărilor (taxonomia numerică) în cadrul statisticii moderne, denumită de noi *statistică esențialmente multivariată*.

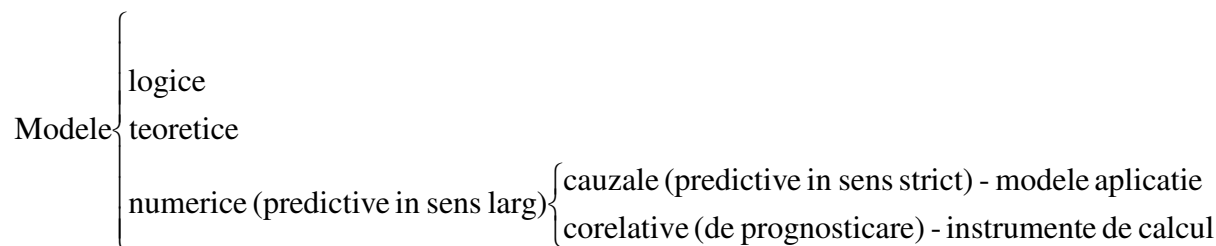
- Pentru cercetarea și învățămîntul ecologic este important de reținut că obținerea acestor modele implică costuri foarte mari.
18. “Datorită faptului că ipotezele ecologice care stau la baza *modelelor cauzale* (vezi de exemplu Gold, 1977, Jolivet, 1982, sau Jorgensen, 1983) sunt adesea construite în contextul studiilor care utilizează **ecologia numerică**, aceste două domenii sunt adesea în contact apropiat.”
- Rezultă că ecologia numerică este o poartă de acces către modelare. În mod practic, în opinia noastră, ecologia numerică este o etapă premergătoare obligatorie pentru modelarea matematică.
 - În finalul subcapitolului dedicat modelării se prezintă un model probabilist al speciației cu o mare valoare explicativă dar o mică valoare predictivă. Credința mea este că între *explicație* și *predicție* este o legătură de tipul celei dintre *moment* și *poziție* din *principiului nedeterminării al lui Heisenberg*². O legătură asemănătoare invocă și psihologii între psihometrie și psihodiagnoză. În acest cadru am putea formula acest principiu astfel: „Cu cât încercăm să măsurăm mai exact cu atât mai mult obținem un diagnostic mai inexact (mai departat de cel în care a lipsit intervenția observatorului)”.
 - Revenind la ecologie, convingerea mea este că „cu cât mai puternic modelăm (explicăm) matematic mai multe aspecte ecologice, cu atât obținem prognoze mai slabe” și invers. De aceea, consider că metodele statistice de analiză a datelor precum și cele din cadrul ecologiei numerice, fiind modele fără legătură esențială cu fenomenele tratate, pot duce, dacă sunt aplicate cu măiestrie, la cele mai bune prognoze, deși au adesea forță explicativă nulă.
 - Prin urmare, ajungem fără să vrem, la o alegere politică: „Ce preferăm să explicăm ori să prognozăm?”. Altfel spus, “ne orientăm către trecut ori către viitor?” sau “Cultivăm academismul steril ori ecologismul autentic bine fondat științific?”. La noi prin minimalizarea educației biostatistice și respingerea ecologiei numerice răspunsul a fost dat.

O tipologie a modelelor utilizate în ecologie

19. “Cel care a analizat diferitele tipuri de modele folosite în ecologie și a discutat câteva tehnici de evaluare relevante a fost Loehle (1983). După schema sa, există trei tipuri de *modele de simulare*: logice, teoretice și “predictive”.
- a. Într-un *model logic*, reprezentarea unui sistem e bazată pe operații logice. După Loehle, asemenea modele sunt rare în ecologie și cele care există pot fi puse sub semnul întrebării din punct de vedere al semnificației biologice.
 - b. *Modelele teoretice* încearcă să explice fenomenele naturale într-o manieră universală. Evaluarea unei teorii necesită în primul rând transformarea cu acuratețe a modelului într-o formă matematică, lucru adesea dificil.
 - c. *Modelele numerice* (numite de Loehle “predictive în sens larg”) sunt împărțite în două tipuri:
 - *modele aplicație* (numite în cartea de față *modele predictive* în sens strict), bazate pe legi și teorii bine stabilite, legile fiind aplicate pentru rezolvarea unei anumite probleme;
 - *instrumente de calcul* (numite *modele de pronosticare* sau *modele corelative* în paragraful anterior), care nu se bazează pe legile naturii și pot fi deci ne semnificative din punct de vedere ecologic, dar care pot fi utile pentru pronosticare.
- În *modelele predictive* ideale, se pot modifica doar condițiile limită, în timp ce în *modelele de pronosticare*, poate fi modificată majoritatea componentelor.” (s. t.)

² „Cu cât cunoaștem mai precis momentul, cu atât cunoaștem mai puțin precis poziția și vice versa” - principiu din cadrul fizicii cuantice. Se referă la o particulă. Prin **moment** se înțelege produsul între masă și viteză.

- Sintetizând ideile și termenii referitori la tipurile de modele credem că rezultă următoarea schemă:



Autorii denumesc toate modelele, modele de simulare. În opinia noastră numai modelele care oglindesc procese (desfășurate în timp) pot fi denumite astfel.

Scurt istoric

20. “Ecologii au folosit metode cantitative din momentul publicării primului coeficient de asociere de către Jaccard (1900). Din această idee s-au inspirat botaniștii și metoda a fost în final aplicată în toate domeniile ecologiei, atingând un grad mare de complexitate. Urmându-i pe Spearman (1904) și Hotelling (1933) psihometricienii și experții sociali au dezvoltat metodele statistice neparametrice și analiza factorială și, mai târziu, scalarea multidimensională nonmetrică (MDS). În aceeași perioadă, antropologii (de exemplu Czekanowski, 1909) s-au preocupat de clasificarea numerică. Apariția calculatoarelor a făcut posibilă analizarea unor seturi de date de volum mare, folosind combinații de metode provenite din diferite domenii, adăugându-li-se noile descoperiri matematice. Prima sinteză a fost publicată de Sokal și Sneath (1963) care au delimitat *taxonomia numerică* drept o nouă disciplină.”

Ce urmărește în final demersul ecologiei numerice

21. “Ecologia numerică combină un număr mare de abordări derivate din multe discipline, într-o metodologie generală pentru analiza seturilor de date ecologice. Caracteristica sa principală o constituie *combinarea* folosirii metodelor derivate din matematică și statistică. Ecologia numerică ține cont de faptul că multe din metodele existente sunt *complementare* una alteia, fiecare explorând un aspect diferit al informațiilor oferite de date; ecologia numerică pune bazele pentru interpretarea rezultatelor într-o formă complexă.” (s. t.).
- În opinia noastră ideea autorilor că ecologia numerică constituie “o metodologie generală pentru analiza seturilor de date ecologice” este mai mult un deziderat decât o realitate. De aceea, agreăm mai mult ultima idee exprimată și subliniată mai sus.
- În concluzie, considerăm ecologia numerică un demers de integrare multidisciplinară a gândirii ecologice cu aplicații ale matematicii și statisticii, dar și cu alte discipline.