

*UNIVERSITATEA ROMÂNNO-AMERICANĂ, BUCUREȘTI*

ALEXANDRU A. POPOVICI

**ELEMENTE  
DE ECONOMETRIE  
ASISTATE  
DE PROGRAMUL *EXCEL***

Ediția a II-a, revăzută



Copyright © 2012, **Editura Pro Universitaria**

Toate drepturile asupra prezentei ediții aparțin  
**Editurii Pro Universitaria**

Nicio parte din acest volum nu poate fi copiată fără acordul scris al  
**Editurii Pro Universitaria**

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**  
**POPOVICI, ALEXANDRU**

**Elemente de econometrie asistate de Excel /**  
Alexandru Popovici. - Ed. a 2-a, rev. - București :  
Pro Universitaria, 2012

Bibliogr.

ISBN 978-606-647-166-4

330.43(075.8)

## CUVÂNT ÎNAINTE

1. *Confruntat cu necesitatea adoptării — de obicei sub presiunea timpului și a multor constrângeri severe — a unor decizii complexe, managementul macroeconomic a extins în mod considerabil cererea de studii prospective. Acest impuls, împreună cu progresele înregistrate de teoriile explicative, contabilitatea națională, econometrie și tehnica de calcul, au constituit suportul spectaculoasei dezvoltări a modelării în ultimele 5-6 decenii. Banca de specialitate a Institutului de Statistică și Economie Cantitativă al Universității din Hamburg consemna — acum câțiva ani — circa 4500 de astfel de modele, elaborate în întreaga lume.*

*Conținutul unui model economic poate fi formalizat astfel:*

$$ST_T = \Phi[ST_t, EX_\tau, AP_T, OP_T, R],$$

*în care vectorul indicatorilor ce caracterizează starea sistemului economic în momentul T (notat  $ST_T$ ) se definește în dependență de:*

- a) așa numitele informații istorice ( $ST_t$ , în care  $t < T$ );*
- b) variabile expectate sau planificate ( $EX_\tau$ ), reprezentând evaluarea anticipată a unor indicatori (în acest caz,  $\tau \geq T$ );*
- c) mărimi determinate prin algoritmi de calcul, din afara modelului respectiv ( $AP_T$ );*
- d) parametrii opționali sau de comandă ( $OP_T$ ), vizând în special politicile cu impact major asupra mediului de afaceri;*
- e) în sfârșit, setul de relații ( $R$ ), prin care unele componente sunt conectate la altele (relații de definiție sau de echilibru, ecuații comportamentale, restricții sub formă de inegalități, funcții obiectiv).*

*Construirea unui model parcurge mai multe secvențe, care se pot interfera sau derula concomitent, în condițiile unor frecvente feed-back-uri. Schematic, ea se prezintă astfel:*

- 1) conturarea imaginii obiectului modelat (teorii, alte informații a priori);*
- 2) definirea sistemului de relații comportamentale și contabile, precum și constituirea, în paralel, a bazei de date necesare;*
- 3) estimarea paramerilor modelului și efectuarea testelor econometrice;*
- 4) utilizarea modelului pentru simulări analitice și predictive.*

*Mi-am îngăduit această concisă incursiune metodologică, pentru a evidenția cât de importantă este determinarea corectă a parametrilor unui model, de a căror calitate depinde decisiv plauzibilitatea însăși a informațiilor pe care el le oferă. Ori lucrarea domnului Alexandru Popovici este consacrată anume acestei problematici.*

2. *La începutul anilor '80, îmi concentrasem eforturile de cercetare asupra corelațiilor dintre utilitatea bunurilor, intensitatea în muncă și energie a acestora, valoarea lor economică și prețuri. O astfel de abordare nu putea evita celebra “problemă a transformării”, care beneficiase de o îndelungată dispută*

istorică, declanșată în germene de Smith și Ricardo, continuată magistral de Marx, Böhm-Bawerk, Bortkevicz și revitalizată în anii '60-'70 de Sraffa, Morishima, Baumol, Samuelson și alți mari gânditori. Tot căutând posibile reacții și în literatură română, am dat de un articol semnat de Alexandru Popovici, care aborda chestiunea dintr-o perspectivă interesantă – aceea a proceselor stochastice. Am citat pe larg această contribuție în lucrarea “Măsurarea economică”, pe care am publicat-o – integral în limba română și parțial în engleză – la sfârșitul anilor '80. Grație acestei împrejurări, l-am cunoscut și personal pe domnul Alexandru Popovici – un matematician-informatician de clasă.

În 1990, am înființat – în cadrul institutului de profil al Academiei Române – Seminarul de Modelare Macroeconomică. La scurt timp după aceea, Alexandru Popovici a devenit un participant activ al reuniunilor săptămânale ale acestuia. Înclinația domniei sale spre explicitarea fundamentelor matematice ale econometriei a îmbogățit notabil tematica dezbaterilor din Seminar.

Îmi amintesc cu plăcere și de un alt episod al conlucrării noastre. În a doua parte a anilor '90, eu lucram intens la una dintre versiunile operaționale ale macromodelului economiei românești de tranziție. Reușisem să conturez adaptările necesare ale teoremelor standard la condițiile acestei faze istorice. Rămâneam totuși nemulțumit de amplitudinea tezaurului documentar pe care mă bizuiam. Pentru completare, am accesat cele mai importante bănci de modele existente atunci. Oricine își poate imagina cât de anevoioasă era sistematizarea soluțiilor adoptate de alți autori, pentru economii aflate în cele mai diverse stadii de dezvoltare. Într-una din discuțiile pe care le-am avut în acea perioadă, i-am povestit domnului Popovici de “necazurile” mele, dânsul oferindu-se să mă ajute în acest demers. Îi mulțumesc – și cu această ocazie – pentru gestul său colegial.

3. Mă bucur că pot prefața o lucrare de econometrie scrisă de Alexandru Popovici. Bibliografia de specialitate este, precum se știe, imensă și foarte diversificată. Nu le este ușor să se “descurce” în acest hățiș de proceduri nici chiar celor inițiați. Pentru specialiștii în formare, este cu atât mai necesară publicarea de lucrări-ghid, de genul celei de față. Focalizarea atenției – deliberat asumată de autor – asupra algoritmilor de bază ai econometriei este benefică nu numai pentru că, fără înțelegerea acestora, nici tehnicile mai sofisticate nu pot fi implicate. Există o rațiune mai adâncă a unei astfel de opțiuni. Analistul este mereu confruntat cu dilema interpretării pur calitative a fenomenelor economice sau a prelucrării mecanice – cu ajutorul unuia dintre numeroasele soft-uri acum disponibile – a seriilor statistice aferente. Prima abordare rămâne puțin eficientă în plan praxiologic, iar cealaltă riscă să eșueze într-un formalism decuplat de realitate. Prezentul volum ferește cu grijă cititorul de ambele aceste primejdii. Îl recomand de aceea tuturor celor interesați de tehnicile moderne de analiză și predicție economică.

Acad. Emilian Dobrescu

## INTRODUCERE

Econometria este o știință complexă, care s-a dezvoltat în paralel cu economia matematică, pentru a estima parametrii modelelor din ce în ce mai sofisticate, dezvoltate de ultima, și de a evalua adecvarea acestor modele la realitate.

Fiind o ramură a statisticii matematice, econometria a urmat calea acesteia, marcată de „revoluția fisheriană” (inițiată de marele statistician R.A. Fisher, la mijlocul anilor '30 ai secolului trecut), de fundamentare a statisticii pe teoria probabilităților. Demersul era o urmare a axiomatizării teoriei probabilităților, întreprinsă de matematicianul rus A.N. Kolmogorov în 1933, și era aproape simultan cu „revoluția keynesiană” din știința economică, cunoscută unui public mai larg.

Acestea au fost urmate de două revoluții mai mici. Prima este „probabilizarea” modelelor economiei matematice, prin înlocuirea unora deterministe cu altele esențial stohastice, lucrând cu variabile aleatoare. A doua — utilizarea calculatoarelor atât în modelarea, cât și în evaluarea statistică a modelelor matematice: mai întâi a calculatoarelor mari (ce a permis apariția modelelor econometrice ale economiilor naționale), apoi a calculatoarelor personale (care a dus la generalizarea înlocuirii calculului manual cu cele automate). Nu se mai poate face astăzi o prezentare a statisticii matematice și a econometriei, fără de cea a unui suport informatic.

Aceste evoluții sau revoluții justifică organizarea cărții de față (în ordine inversă decât cea de mai sus), care cuprinde cinci capitole. În parte, ea constituie o dezvoltare a unui capitol dintr-o lucrare mai veche (Popovici, 1998b), dar și o formă mult redusă a unui volum de teoria probabilităților și statistică matematică, la care lucrez din 2002 și pe care sper să-l termin în curând.

După câteva scurte preliminarii conceptuale, în capitolul al doilea se trece la prezentarea relativ detaliată a programului Microsoft *Excel*, adaptată după cea din Popovici (2008). Firește, există o gamă largă de programe pentru profesioniștii statisticieni (de exemplu, *Statistica* sau *SPSS*) sau econometricieni (cel mai cunoscut fiind *Eviews*). Pentru studenții începători, *Excel* mi s-a părut însă mai ușor de folosit, prin interfața sa cunoscută și prin ușurința scrierii formulelor de calcul. Am insistat pe manevrarea seriilor de date și pe reprezentările grafice, exemplul descris aici fiind folosit permanent în capitolele 4 și 5.

Capitolul al treilea conține o abordare a conceptelor teoriei probabilităților, necesare pentru înțelegerea statisticii și econometriei: câmpuri de probabilitate, variabile aleatoare unidimensionale și multidimensionale, în fine — șiruri de variabile aleatoare (cu studiul situațiilor din ce în ce mai complexe, de independență sau dependență stohastică). Am preferat enunțarea riguroasă a noțiunilor și rezultatelor, însă fără a intra în detaliile demonstrațiilor.

Asemănător, în capitolul al patrulea, prezentarea metodelor de calcul statistic s-a făcut în paralel cu cea a întemeierii lor teoretice, legată de teoria probabilităților. După câteva noțiuni de statistică descriptivă, urmează acele subdomenii ale statisticii inferențiale, folosite în econometrie: repartițiile și statisticile de eșantionare, apoi estimările punctuale și prin intervale de încredere, în fine — verificarea ipotezelor statistice.

Ultimul capitol, al cincilea, folosește intens noțiunile, rezultatele și abilitățile informatice obținute prin parcurgerea etapelor precedente, pentru abordarea (totuși introductivă, prin forța lucrurilor) a celor două domenii ale econometriei — regresiiile (doar cele liniare sau reductibile la ele) și analiza seriilor temporale, ambele folosite în predicția fenomenelor economice.

Sper ca limitările care s-au impus să fie oarecum compensate de expunerea verificării îndeplinirii condițiilor de aplicare a metodelor prezentate și a validării rezultatelor (fără de care orice abordare practică este iluzorie), cât și de transparența calculelor. Prezentările teoretice din toate capitolele sunt urmărite în paralel de aplicații numerice, mai ales automate (dar nu lipsesc nici cele manuale, sprijinite de tabelele de valori din anexe, calculate în *Excel*), urmate de probleme.

Aceste aplicații sunt asistate de 37 de foi de calcul originale, în *Excel*, unele dintre ele completând substanțial rezultatele obținute prin utilizarea programelor *Excel* din *Analysis ToolPack*, iar altele fiind complet independente.

Toate calculele suplimentare sunt făcute prin utilizarea doar a formulelor *Excel* (nu a limbajul Visual Basic, cum se obișnuiește), care sunt vizibile în foile de calcul și sunt complet redată în carte (pentru cei interesați).

Scrierea acestei lucrări vine în continuarea preocupărilor mele din domeniul științei economice, materializate prin publicarea unor modele matematice deterministe și stohastice (Popovici, 1978, 1982a&b), a unor analize istorice în domeniul respectiv (Popovici, 1986b, 1988, 2001), cât și a unor părți importante din tratatul de economie matematică, rămas în manuscris de la tatăl meu, pe care l-am transcris, l-am adnotat bibliografic și l-am tradus în engleză.

Acestea au fost dublate de realizarea pachetelor de programe interactive PROSIT și SIMUDIN (pentru prognoza economică și tehnologică, respectiv pentru simularea dinamicii sistemelor deterministe), integrate cu baze de date și cu reprezentări grafice. Ele implementau atât modelele clasice de regresie și prognoză, cât și modele complexe de substituție (Popovici, 1982c, 1986a, 1992), care au fost folosite la studiul unor cazuri reale, în cadrul unor contracte de cercetare cu rezultate deosebite (Gheorghe, Popovici, Stoica, 1982, 1988).

Interesul pentru teoria economică a determinat și participarea mea, în anii 1998-2001, la seminariile doctorale de economie matematică și econometrie din Institutul de Economie. Acestea au fost și sunt conduse de către acad. prof. Emilian Dobrescu, realizatorul unicului model econometric real și operațional al economiei române, dezvoltat în mai multe versiuni (Dobrescu, 2006), căruia îi rămân recunoscător pentru încurajarea și sprijinul primite de-a lungul anilor.

# 1 PRELIMINARII CONCEPTUALE

## 1.1 Obiectul, structura, etapele și ramurile econometriei

**Econometria** este văzută de obicei ca o aplicare a teoriei economice, a matematicii și a tehnicilor statisticii matematice la verificarea ipotezelor, estimarea și predicția fenomenelor economice. În acest context, teoria economică propune modele ale realității, matematica le formulează în termeni de funcții deterministe, iar statistica evaluează parametrii aleatori ai respectivelor funcții.

Încă de la apariția primului număr din revista *Econometrica*, publicat după înființarea în Anglia, în 1930, a primei Societăți de econometrie (*Econometric Society*), cele trei componente ale econometriei erau privite ca fiind necesare, dar nu suficiente pentru dezvoltarea ei, doar *sinteza* lor specifică definindu-i domeniul și metodele (Salvatore, Reagle, 2002; Greene, 2003).

Întrucât modelele economiei matematice clasice sunt deterministe, în econometria clasică se consideră că neglijarea unor factori cere introducerea unor componente stohastice, sub forma unor perturbații sau erori aleatoare, dar cu medie nulă. Existența acestor factori aleatori se explică, pe de o parte, prin multitudinea factorilor ce influențează fenomenele economice, iar pe de altă parte, de incertitudinile comportamentului uman (a libertății relative de acțiune a oamenilor).

La o privire mai atentă asupra definiției anterioare, — situație explicabilă prin apariția acestei întemeieri abia în 1935, datorită statisticianului R.A. Fisher. Se vorbește chiar de „paradigma” sau „revoluția fisheriană” în statistică, simultană și asemănătoare „revoluției keynesiene” în știința economică (Spanos, 1986).

Considerând și această componentă, structura teoretică a econometriei se schimbă: teoria economică, matematica deterministă și teoria probabilităților stau la baza modelelor economice stohastice ale economiei matematice contemporane, iar econometria matematică și statistica matematică sunt folosite direct de către econometrie (vezi Figura 1.1).

După cum se știe, obiectul teoriei probabilităților și al statisticii matematice îl constituie studiul evenimentelor asociate experimentelor aleatoare (indiferent de natura lor) și al mărimilor legate de acestea.

Fiind fundamentale pentru econometrie, vom trata pe scurt aceste discipline, în următoarele două capitole.

Într-o definiție mai modernă, ce nu pune accentul pe măsurare,

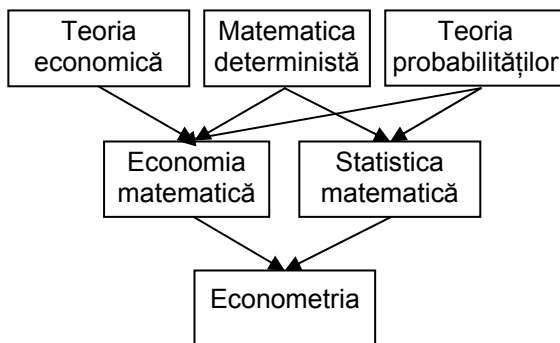


Figura 1.1 Fundamentarea teoretică modernă a econometriei

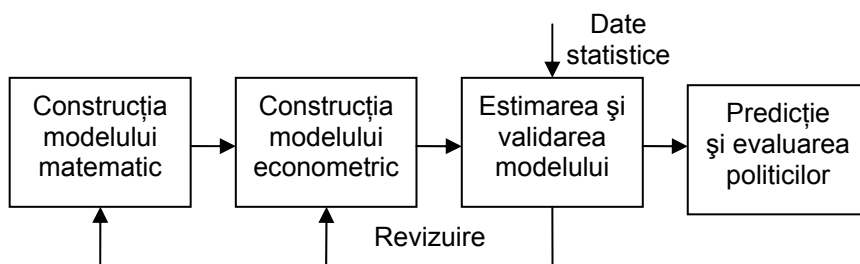
econometria se ocupă cu studiul sistematic al fenomenelor economice, folosind datele observate (Spanos, 1986).

**Tehnicile econometrice** pot fi grupate în două categorii principale:

a) tehnici de **regresie** (pentru găsierea funcțiilor ce exprimă dependențele între variabilele modelului, cel mai adesea — prin metoda celor mai mici pătrate);

b) tehnici de **analiză a seriilor temporale** (prin netezirea acestora sau prin descompunerea în componentele lor principale — tendință, ciclicitate, sezonalitate și eroare, în vederea clarificării structurii comportamentului sistemului studiat).

Prima categorie constituie o abordare explicativă (eventual cauzală) a fenomenului, pe când a doua categorie — una „fenomenologică” (ele încercând să răspundă la întrebarea „de ce?”, respectiv „cum?”).



**Figura 1.2** Etapele metodologiei studiilor econometrice clasice

**Metodologia** studiilor econometrice clasice constă din următoarele 4 etape (vezi Figura 1.2):

1) construcția modelului teoretic matematic al fenomenului economic studiat (prin metodele economiei matematice, sub forma unei dependențe funcționale între variabilele modelului, folosind anumite constante necunoscute, numite parametri);

2) construcția modelului econometric (prin specificarea modelului teoretic, sub forma unei funcții stohastice explicite, împreună cu caracteristicile teoretice *a priori* asupra mărimilor parametrilor funcției);

3) colectarea datelor asupra variabilelor modelului, estimarea parametrilor și validarea semnificației acestora (prin tehnicile de estimare ale statisticii matematice); dacă modelul este invalidat, are loc o revizuire a lui (prin întoarcerea la una din etapele precedente).

4) altfel, se folosește modelul existent la diverse predicții și la evaluarea unor politici economice.

**Exemplul 1.1** Se consideră relația dintre **costul**  $C$  și **volumul**  $V$  al producției unei întreprinderi. Din practica și teoria economică, se știe că acest cost are o parte fixă  $F$  (formată din impozitul pe teren și pe clădiri, cheltuielile de întreținere a clădirilor și instalațiilor și altele, ce nu depind de mărimea lui  $V$ ) și una variabilă (uzura instalațiilor, costul materiilor prime și materialelor, salariile lucrătorilor ș.a., ce depind de  $V$ ).

Așadar, într-o primă etapă se poate presupune că modelul matematic al acestei relații este unul liniar, de forma  $C = F + cV$ , unde  $c$  este **costul mediu pe unitatea de produs**,

În a doua etapă, se studiază influențarea lui  $V$  de unii factori întâmplători, ce nu țin de esența procesului, sintetizați într-un factor  $\varepsilon$  aleator, numit **eroare** sau **perturbație**, care se adaugă celorlalți, astfel încât se ajunge la relația  $C = F + cV + \varepsilon$ .

În a treia etapă, se colectează cât mai multe date asupra variabilelor modelului (câte o serie de date pentru  $C$  și  $V$ ), se estimează parametrii  $F$  și  $c$ , apoi se validează prin diverse tehnici statistice. Dacă nu este invalidat, se trece la revizuirea lui, fie prin considerarea unei dependențe pătratice în raport de  $V$  (ținând cont de posibilitatea unor economii de scală, studiate în teoria economică), fie prin introducerea unor factori explicativi noi (progres tehnic, productivitate etc.)

În a patra etapă, se folosește modelul validat pentru predicție: determinarea costului în anumite situații viitoare nemaiîntâlnite, care să ducă la elaborarea sau revizuirea anumitor decizii (investiții suplimentare, împrumuturi, angajarea de personal nou și perfecționarea celui vechi etc.)

În capitolul 5 al cărții va fi tratată pe larg tocmai acest exemplu □

Spre deosebire de modelele deterministe, care pot fi invalidate printr-un singur exemplu negativ, modelele stohastice ale econometriei nu pot fi invalidate decât prin atingerea anumitei ponderi a exemplilor negative, nivelul acesteia fiind supus discuției. Așadar, modelele econometrice sunt mai puțin precise decât cele deterministe, dar sunt mai „robuste” (mai rezistente la anumite variații).

Din punctul de vedere al aplicabilității metodelor proprii, econometria se împarte în două ramuri: econometria teoretică și cea aplicată.

**Econometria teoretică** caută tehnici și metode generale, condițiile lor de aplicare, precum și consecințele nesatisfacerii acestor condiții.

**Econometria aplicată** încearcă aplicarea rezultatelor econometriei teoretice în diverse domenii, folosind pentru aceasta date reale sau simulate.

Pe de altă parte, econometria se mai împarte în **micro-econometrie** și **macro-econometrie**, după cum se aplică fenomenelor microeconomice, respectiv macroeconomice.

Dezvoltări matematice ale teoriei probabilității și statisticii matematice există în cartea clasică a lui Feller (1968), în Onicescu ș.a (1956) și Iosifescu ș.a. (1966), pe care ne-am bazat aici. Prezentări mai intuitive, dar suficient de riguroase sunt în Breiman (1964), Ciucu ș.a. (1974), Monfort (1982), Keller și Warrack (1997), Aczel și Sounderpandian (2002), Voineagu ș.a. (2002), Soong (2004), Rumsey (2007), iar una a fundamentelor teoretice, în Onicescu (1969). Expuneri la nivel elementar se pot găsi în Onicescu și Mihoc (1939), Richmond (1964), Weawer (1969), Renyi (1973) și Böll (1978).

Pentru econometrie, fundamentale rămân studiile editate de Cowles ș.a

(1953), dar mai ales marele tratat coordonat de Griliches și Intriligator (1983). Apoi vin cărțile lui Spanos (1986), Hamilton (1997), Woolridge (2002), Green (2003), Gujarati (2003) și Andrei (2003). La nivel mediu se găsesc cele ale lui Makridakis și Wheelwright (1978), Lewandowski (1979), Bourbonnais (2002), iar la nivel introductiv — Salvatore și Reagle (2002).

O carte dedicată utilizării calculului numeric în statistică este cea a lui Lange (1999), altele — folosirii programului *Excel* în acest domeniu: Berk și Carey (1998), Steppan ș.a. (1998), Gupta (2002), Levie (2004) și Winston (2007), iar Billo (2007) — programării metodelor numerice prin funcțiile *Excel* intrinseci.

Nu am amintit aici și în bibliografia de la sfârșit decât cărțile (pe suport de hârtie sau electronic) la care am avut acces.

Cele 75 de probleme numerice date în patru din cele cinci capitole au fost extrase din câteva dintre cărțile amintite mai sus. Inițialele și numerele dintre paranteze, ce sunt la sfârșitul unei probleme, indică autorii cărții de unde sunt extrase (AS — Aczel și Sounderpandian, KL — Krief și Levy, KW91 și KW97 — Keller și Warrak, 1991 și 1997), capitolul și numerotarea ei în acea carte.

## 1.2 Experimente aleatoare și spații de eșantionare

Pentru început, vom prezenta, într-o abordare mai intuitivă, unele noțiuni ale teoriei probabilităților și ale statisticii matematice.

**Experimentele aleatoare** sunt experimente legate de condiții întâmplătoare și despre ale căror rezultate nu se poate spune cu certitudine dacă s-au produs sau nu, decât după ce s-au produs. În continuare, atribuim cuvintelor **aleator** și **stochastic** același înțeles.

Un astfel de experiment pornește de la o mulțime de elemente (indivizi) cu diverse caracteristici, numită **populație**.

Ca exemple simple ar putea fi luate mulțimea celor două fețe ale unei monede (notate cu  $S$  pentru stemă și  $V$  pentru valoare), fețele unui zar (cu 1-6 puncte), o mulțime de bile (cu caracteristici de sfericitate, greutate și culoare) sau cele 52 de cărți de joc diferite dintr-un pachet. Ca exemple mai complexe ar putea fi angajații unei întreprinderi sau chiar populația umană a unei țări.

În interiorul unei populații se pot deosebi diverse submulțimi (numite **colective**), caracterizate prin valori deosebite ale unei caracteristici ce diferențiază unele obiecte de altele. De exemplu, la un zar — fețele cu număr par și cele cu număr impar de puncte, la bile — cele de culoare albă și cele negre, la cărțile de joc — cele de treflă, de cupă, de carou și de pică.

Aceste submulțimi determină o structurare, ce poate fi caracterizată numeric, a mulțimii (populației) inițiale, structurare care, în cazul submulțimilor discrete se obține prin numărare, iar în cazul celor continue — prin măsurare. De multe ori, această structurare se poate reprezenta grafic.

În cazul când populațiile inițiale sunt prea mari sau nu sunt întregime accesibile, nu se lucrează cu ele, ci cu submulțimi ale lor, numite **eșantioane**,