

LILIANA SPIRCU

ROXANA CIUMARA

ECONOMETRIE



Copyright © 2007, **Editura Pro Universitaria**

Toate drepturile asupra prezentei ediții aparțin

Editurii Pro Universitaria

Nici o parte din acest volum nu poate fi copiată fără acordul scris al

Editurii Pro Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

**ALINIERE STÂNGA
TIMES NEW ROMAN**

Introducere

Econometria a devenit în România o disciplină obligatorie, pentru toate facultățile cu profil economic, începând cu generația de studenți 2005. Această generație, dar și cele ce îi urmează, se aliniază programei de învățământ „model Bologna” cu un prim ciclu de trei ani urmat de studiile de master de doi ani și apoi de pregătirea doctorală. În toate aceste trei etape Econometria este o disciplină fundamentală, parcurgându-se treptat cele trei nivele: Introducere în Econometrie, Econometria intermediară și apoi Econometria avansată.

Cartea prezintă intitulată ECONOMETRIE, încearcă să răspundă, în principal, cerințelor programei analitice a unui curs de introducere în econometrie dar, în mare parte, și cerințelor unui curs intermediar. În actuala etapă de trecere spre un învățământ modern, o parte importantă din materialul prezentat este foarte utilă și celor care folosesc tehnici econometrice pentru proiecte de an, sau chiar pentru dezvoltarea unor aplicații în cadrul tezelor de doctorat în domeniul economic. Autorii consideră că aspectele teoretice dezvoltate în cele opt capitole ale cărții, precum și numeroasele aplicații prezentate, vor ajuta pe cei dornici să se instruiască în problematica econometriei.

Lucrarea este structurată în opt capitole. Capitolul 1 introduce cititorul în problematica modelării econometrice informându-l despre etapele pe care va trebui să le parcurgă, de la colectarea datelor și alegerea modelului până la utilizarea unui soft specific pentru validarea modelului dar și pentru interpretarea rezultatelor obținute. În capitolele 2 și 3 se descrie modelul de regresie liniară, mai întâi cel cu o singură variabilă regresor, și anume modelul de regresie simplă. Sunt prezentați estimatorii OLS (ordinary least squares) precum și estimatorii de verosimilitate maximă, împreună cu proprietățile lor algebrice și statistice. După ce cititorul a parcurs cele două capitole, el va ști să aplice testul de semnificație t (în varianta clasică dar și în cea modernă), va ști să analizeze un tabel ANOVA și va putea să facă aprecieri asupra calității ajustării datelor sale prin modelul de regresie liniară. Pentru cazul în care modelul liniar nu este cel mai indicat, în capitolul 3 sunt prezentate cele mai importante dependențe economice, unele liniare iar altele neliniare în parametrii lor. Numeroase exemple (unele realizate în Excel) însoțesc prezentările teoretice și îl ajută pe cititor să-și rezolve independent aplicațiile sale.

Capitolul 4 abordează problema datelor pe care modelatorul le utilizează. Mai precis, sunt descrise câteva situații des întâlnite și nedorite în modelarea econometrică, cum ar fi prezența multicolarității sau existența unor date incomplete. Se oferă soluții concrete pentru eliminarea unor astfel de inconveniente. Un paragraf special este dedicat prezentării unor criterii de alegere a modelului. Sunt descrise astfel câteva modele dinamice de regresie (modele cu variabile întârziate – lag distribuit Koyck, lag distribuit Almon),

modele cu variabile false (dummy) dar și modele cu variabila dependentă discretă (modelul probabilității liniare, modelul probit și modelul logit).

Capitolul 5 este consacrat testării ipotezelor fundamentale ale modelului de regresie liniară și anume homoscedasticitatea, necorelarea erorilor, normalitatea acestora etc. Se prezintă efectele asupra calității estimatorilor OLS și, în consecință, asupra inferențelor statistice. Sunt prezentate tehnici de corectare a modelului în cazul violării unora dintre ipoteze.

Capitolul 6 prezintă o introducere în problematica modelării prin ecuații simultane. Se descriu câteva exemple cunoscute din modelarea econometrică, cum ar fi modelul cererii de consum, modelul cererii și ofertei etc. Se prezintă problema identificării, în tratare particulară dar și generală.

În capitolele 7 și 8 se prezintă o introducere în analiza seriilor de timp, respectiv a metodelor de predicție, subiecte de un mare interes în prezent. Aceste capitole pot fi de un real folos studenților facultăților cu profil economic, matematic sau de inginerie, dar și cercetătorilor la început de drum în acest domeniu. Desigur, de-a lungul timpului au fost scrise multe cărți legate de aceste subiecte, atât teoretice, cât și practice. Capitolele de față încearcă să scoată în evidență legătura dintre teorie și practică, prezentând exemple care au la bază seturi de date reale sau simulate.

În capitolul 7 este introdus conceptul de serie de timp prin câteva exemple: sunt prezentate aici serii de timp economice, financiare, fizice, demografice și altele. Apoi sunt descrise pe scurt obiectivele analizei seriilor de timp: ce se urmărește? și de ce?

Un punct important de plecare în studierea seriilor de timp este analiza graficului și a corelogramei, acest fapt fiind subliniat pe tot parcursul acestui capitol, inclusiv prin exemplele date. Sunt prezentate, de asemenea, metode de transformare a seriilor de date pentru a atinge condițiile simplificatoare necesare aplicării anumitor modele pentru serii de timp. Una dintre aceste condiții simplificatoare este staționaritatea, modelelor pentru serii de timp staționare fiindu-le acordată o secțiune specială. Sunt prezentate aici, pe larg, modele autoregresive și de medii mobile, precum și modele mixte. Într-o secțiune specială sunt studiate procese nestaționare, aici fiind introduse noțiunile de proces integrat sau diferențiat și, desigur, modelele de tip ARIMA.

Capitolul 8 este dedicat metodelor de predicție. Sunt amintite mai întâi câteva măsuri de evaluare a acurateței predicției, apoi sunt prezentate metode de predicție bazate pe medii mobile, modele ARIMA și netezire exponențială, simplă sau dublă. În cadrul ultimei secțiuni sunt prezentate modelele lui Brown pentru netezirea exponențială simplă, Holt pentru netezirea exponențială dublă și Winter pentru serii afectate de sezonaliitate.

CAPITOLUL 1. Introducere în econometrie

1.1 Ce este econometria?

Din punct de vedere literar, înțelesul cuvântului „econometrie” este cel de măsurare în *economics* = teoria economică. Termenul „econometrie” provine din cuvintele grecești *oikonomia* (economie) și *metron* (măsură).

Econometria presupune o analiză de natură cantitativă a fenomenelor economice, analiză ce se bazează atât pe concepte ale teoriei economice, cât și pe tehnici de culegere/interpretare a datelor, precum și pe metode ale statisticii matematice.

Economiștii sunt mai puțin interesați în descrierea unei singure variabile economice – cum ar fi de exemplu venitul la nivelul gospodăriei sau la nivel macroeconomic – ci mai degrabă în descrierea legăturii (relației) dintre două variabile economice. Astfel, ar fi interesant să exprimăm modul în care rata inflației influențează nivelul investiției, sau în ce măsură venitul influențează consumul. Econometria ajută, în aceste exemple, să măsurăm relația de cauzalitate dintre unele variabile economice implicate și apoi să putem face predicții asupra comportamentului viitor (de exemplu, al investiției în raport cu rata inflației, sau a consumului în funcție de venit). Evident, aceste dependențe măsurate ajută la fundamentarea unor politici monetare sau fiscale, în general politici la nivel macroeconomic.

În teoria economică, ca de fapt în orice știință, putem admite ideea că orice are tendința de a depinde, mai mult sau mai puțin, de orice altceva. Astfel, dacă încercăm să explicăm o variabilă – cum ar fi de exemplu consumul C – putem admite că aceasta depinde de venitul Y , de averea (avuția) A precum și de alte variabile. Am putea exprima această dependență, de exemplu, printr-o relație liniară de forma:

$$C = a_0 + a_1Y + a_2A + \dots + e \quad (1.1)$$

în care punctele înlocuiesc eventuali alți termeni, iar e reprezintă *erorile* posibile.

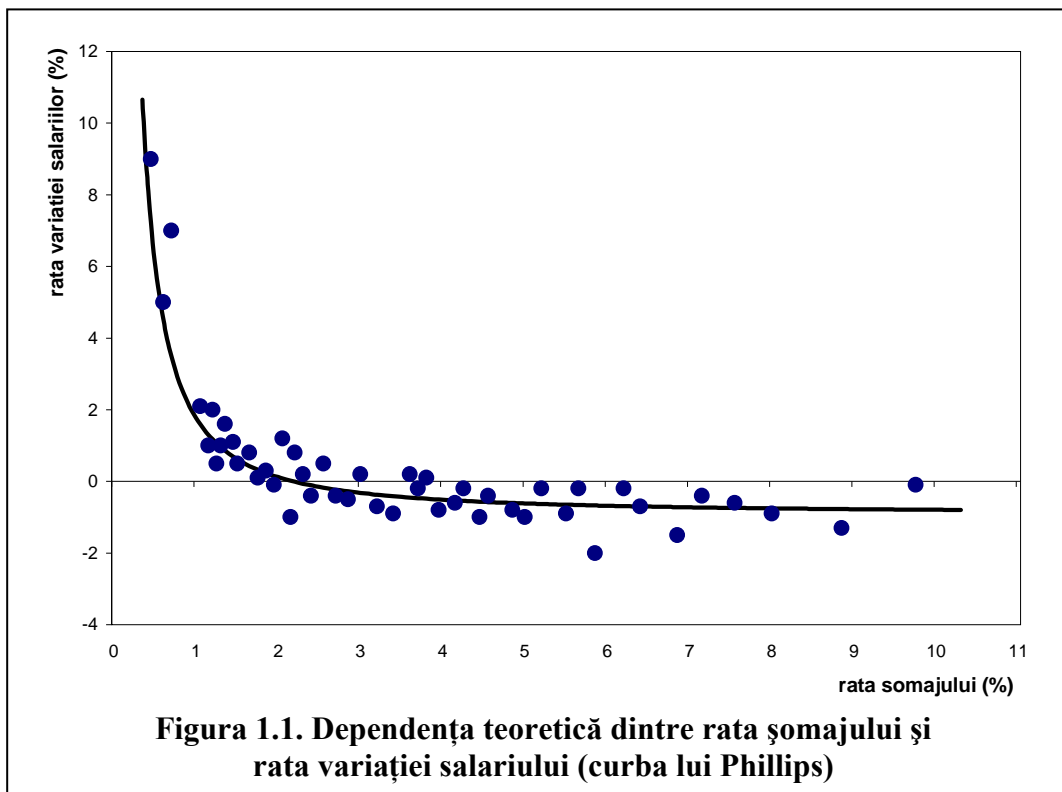
Dacă, pentru moment, necesitatea folosirii altor variabile este ignorată, rămâne însă o problemă statistică, anume folosirea observațiilor despre cele trei variabile C , Y și A pentru a estima structura acestei dependențe, mai precis pentru a estima coeficienții (parametrii) a_0 , a_1 , a_2 .

Se poate întâmpla ca pentru coeficientul a_2 , de exemplu, să se obțină o valoare apropiată de 0. O asemenea situație ne sugerează faptul că variabila A nu influențează „aproape” deloc consumul C . Mai mult, valorile coeficienților din

(1.1) ne permit să ordonăm variabilele după importanța și sensul influenței lor asupra lui C . De asemenea, obținerea unor erori „mici” ar putea servi ca o confirmare a modelului economic imaginat.

În alte situații, dispunând de date suficiente, metodele econometrice pot conduce la evidențierea unor dependențe economice noi, încă neexplorate, și în consecință la dezvoltarea unor noi teorii economice. Vom da ca exemplu în acest sens relația statistică a lui Phillips (1958) cunoscută sub numele de „curba lui Phillips”.

Problema inflației devine o preocupare importantă a economiștilor după cel de-al doilea război mondial, în plină perioadă de reconstrucție economică. Astfel, economiștii keynesieni ai anilor 1940-1950 erau preocupați de dezvoltarea teoriei economice, de la o teorie a „depresiei” elaborată în perioada mării crize economice a anilor 1930, la o teorie a „prosperității” specifică anilor de după război. Ocazia pentru dezvoltarea teoriei lor economice a apărut prin publicarea de către economistul neo-zeelandez Alban Phillips a unui studiu de statistică și econometrie, studiu publicat în anul 1958 în prestigioasa revista „Economica”. Rezultatul statistic al studiului, obținut folosind un impresionant număr de observații asupra economiei Angliei din perioada 1861-1957, pune în evidență o relație statistică – încă neexplorată – dintre rata șomajului și variația salariului



nominal. Acest rezultat econometric a fost exprimat matematic prin relația (neliniară în variabile):

$$y + a = bx^c \quad (1.2)$$

în care y este rata variației salariului nominal iar x este rata șomajului. Coeficienții (parametrii) modelului, notați cu a , b și c , au fost estimați pe baza datelor statistice. Ulterior, Paul Samuelson și Robert Solow au transformat această relație într-una dintre șomaj și inflație, relație ce a fost mult folosită în anii 1970 în politicile macroeconomice.

În consecință, rezultatul de natură econometrică al lui Phillips pe de o parte a condus la dezvoltarea unei noi teorii despre legătura dintre două variabile economice importante (și anume șomajul și inflația), iar pe de altă parte „curba lui Phillips” (vezi figura 1.1) a fost folosită empiric în deciziile macroeconomice. Nu în ultimul rând, formulele (1.1) și (1.2) permit predicții „corecte” pentru valori ale variabilelor dependente implicate în ele.

1.2 Modelul economic și modelul econometric

Prin **model** vom înțelege, în sensul larg al cuvântului, o reprezentare a unei realități (proces economic, fenomen social etc.). Folosind eventuale ipoteze simplificatoare adecvate, putem descrie cu ajutorul modelului modul în care fenomenul sau procesul studiat se desfășoară în realitate.

Reprezentarea simplificată a realității prin model trebuie să surprindă elementele esențiale ale fenomenului/procesului, iar pe de altă parte nu trebuie să fie complicată, dar să fie coerentă și eficientă.

În cele ce urmează ne vom referi la posibilități de reprezentare a realității economice folosindu-ne de ipotezele teoriei economice și de aparatul matematic. Modelul rezultat, exprimat prin relații matematice, este un **model matematic** al procesului economic.

În contextul realității economice, în construcția unui model matematic asociat se ține seama de faptul că economia este tratată ca sistem. În acesta acționează milioane de agenți producători sau consumatori, între care se stabilesc relații de interdependență și se efectuează tranzacții pe diverse piețe cum ar fi piața bunurilor și serviciilor, piața financiară, piața forței de muncă. Economisții, pentru simplificarea analizei relațiilor între actorii economiei, grupează activitatea la nivel macroeconomic după rolul avut de aceștia în procesul economic. Apar astfel sectoare de activitate și anume sectorul gospodăriilor, sectorul firmelor, guvernul și sectorul extern. Agenții aflați în aceste sectoare vând sau cumpără produsele muncii lor sau forța de muncă. De asemenea, fluxuri monetare importante sunt îndreptate spre piața financiară internă (și externă în cazul unei

economii deschise). Mai mult, acest ansamblu complex evoluează în timp cu tendința permanentă de echilibrare a cererii și a ofertei (valabilă pe orice piață).

Modelarea matematică a unui asemenea ansamblu este deosebit de dificilă. Mărimile economice (adică variabilele) implicate trebuie alese cu grijă, dependențele între ele trebuie puse în evidență și exprimate prin relații matematice clare. Dintre obiectivele unui asemenea model la nivel macroeconomic putem enumera: cuantificarea creșterilor economice, punerea în evidență a ciclicității și sezonality variabilelor implicate (PIB, C , I), evidențierea ratelor de schimb și a inflației, cuantificarea outputului și a șomajului și multe altele.

Să începem prin a reaminti câteva dintre mărimile economice care se pot pune în evidență într-o încercare de modelare la nivel macroeconomic a economiei naționale. Distingem: venitul național Y , consumul la nivelul gospodăriilor (sau cererea de consum) C , investițiile private I , cheltuielile guvernamentale G , stocul de capital K , rata dobânzii R , salariul nominal mediu W , cererea de bani M^D , oferta de bani M^S . Între aceste mărimi se stabilesc relații de cauzalitate. Putem da ca exemplu următorul lanț causal:

- *diminuarea ratei dobânzii → creșterea cererii de bani → creșterea investițiilor → scăderea șomajului. În paralel poate avea loc o creștere a cererii de bunuri durabile cumpărate în rate, inclusiv o creștere a importului unor astfel de bunuri.*

Idea de bază în modelarea economică constă în exprimarea prin relații matematice a dependențelor naturale dintre variabilele implicate. Astfel, dacă alegem ca variabilă investiția I într-un anumit sector de activitate, aceasta o putem exprima ținând seama de posibile variabile care o influențează. Putem scrie, prin urmare, că:

$$I = f(R, K, \frac{P_K}{W}, Q, \dots) \quad (1.3)$$

în care am notat cu $f(\cdot)$ o funcție adecvată dependenței tratate, iar variabilele P_K și Q reprezintă costul echipamentului și respectiv cererea de output. Putem spune că I este **variabilă dependentă** (sau **efect**) iar R , K , și celelalte sunt **variabile de influență** (sau **cauze**).

Relației (1.3) i s-ar putea adăuga alta, care să exprime cantitatea cerută Q , pentru sectorul studiat, în funcție de alte variabile. Obținem astfel un ansamblu de relații ce exprimă matematic cauzalitățile dintre variabilele economice. În acest sistem de „ecuații” apar multe variabile; cele care sunt exprimate în funcție de altele (apar în stânga unei relații) se numesc **variabile endogene**; despre cele ce apar doar în lista de variabile de influență se spune că sunt **variabile exogene**.

1.3 Despre factorul timp și variabilele întârziate

O decizie la nivelul economiei naționale, ca de exemplu cea legată de investiții, implică parcurgerea unui anumit timp până la implementarea sa. Astfel, o decizie de investiție la nivelul unei firme – de exemplu decizia de procurare a unor echipamente – poate să dureze câțiva ani din momentul luării ei până în momentul procurării echipamentelor respective, urmată apoi de producția efectivă. Aceste întârzieri (*lags*) dintre luarea unei decizii și modificările efective ce apar în sistemul economic sunt foarte importante în modelarea economică; ele dau caracterul dinamic al sistemului studiat.

Să presupunem că dispunem de date trimestriale privind investiția, rata dobânzii, stocul de capital etc. Mai facem observația că suntem interesați în a modela nu investiția în sine, ci mai degrabă investiția raportată la stocul de capital existent. Astfel, relevant este de a observa modul cum evoluează diferența de la un trimestru la altul a raportului $\frac{I_t}{K_{t-1}}$. Putem presupune (folosind niște observații anterioare) că acesta evoluează liniar, conform relației:

$$\Delta \left(\frac{I_t}{K_{t-1}} \right) = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta R_{t-1} + \alpha_2 \Delta q_t + \alpha_3 \left(\frac{I_{t-1}}{K_{t-2}} \right) + \dots \quad (1.4)$$

în care Δ este operatorul diferență de ordinul unu definit prin $\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$, care cuantifică modificarea variabilei x de la un trimestru la altul. De asemenea, q înseamnă $\log Q$.

De obicei, pentru relația (1.4) economiștii anticipează că $\alpha_1 < 0$ (modificări în sensul creșterii ratei dobânzii vor produce scăderi ale investiției) și că $\alpha_2 > 0$ (efectul accelerator al investiției ca efect al creșterii outputului). Despre relația (1.4) spunem că este o **relație de comportament** a sistemului studiat. Scopul nostru, relativ la această relație, este de a estima coeficienții $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ folosind datele înregistrate la nivel trimestrial. Dar, așa cum este prezentată relația, nu avem șanse să putem să ne atingem scopul deoarece relația (1.4) fiind una deterministă, egalitatea exprimată de ea pe baza datelor nu va fi niciodată verificată exact. Prin urmare, în relația (1.4) mai trebuie să ținem seama de o componentă de *eroare aleatoare*, datorată pe de o parte posibilelor erori de măsurare, dar și unei incomplete agregări a informației sau poate neincluzerii în relație a unor variabile importante. Prin urmare putem afirma că:

Modelele economice – cum este cel dat de relația (1.4) – sunt modele stochastice, alături de variabilele de influență apare și componenta eroare e_t .

Variabila eroare e_t include posibile componente importante care nu au fost specificate în model, posibile erori în măsurarea datelor, omiterea intenționată a unor variabile sau alegerea nepotrivită a formei funcției f . Variabila eroare este, prin urmare, o variabilă aleatoare asupra ei se impune, de obicei, **ipoteza de normalitate** adică: eroarea este distribuită normal, de medie 0 și dispersie σ^2 care nu depinde de timp, adică $e_t \square N(0, \sigma^2)$.

În acest context, modelul descris devine unul *econometric*, iar tratarea sa (adică estimarea parametrilor și apoi validarea modelului) intră în domeniul econometriei.

Dar, într-un model econometric nu apar doar relații de comportament. Este suficient să presupunem că variabila investiție din relația (1.4) este investiția brută. Știm că în teoria economică aceasta se descompune (la orice moment de timp t) în investiția netă I^n (ce cuantifică creșterea efectivă a stocului de capital) și în investiția de depreciere I^d . Prin urmare, putem scrie:

$$I_t \equiv I_t^n + I_t^d \quad (1.5)$$

(în (1.5) am folosit pe drept cuvânt simbolul identitate \equiv).

În consecință putem scrie:

$$K_t \equiv K_{t-1} + I_t^n. \quad (1.6)$$

Relația (1.6) ce se poate adăuga modelului econometric este o relație deterministă, factorul eroare nu-și are locul aici, ea este o *identitate*. Folosind operatorul Δ relația (1.6) mai poate fi scrisă:

$$\Delta K_t \equiv I_t^n. \quad (1.7)$$

Relația (1.7) se numește **ecuație de tip flux**. Ea este, de asemenea, deterministă.

Dacă mai ținem seama de faptul că într-un model economic extins sunt implicate piețe importante în care funcționează mecanismul de echilibrare a cererii cu oferta, mai putem afirma că într-un model econometric apar și **relații de echilibru**, ca de exemplu:

$$Q_t = C_t + I_t + G_t \quad (1.8)$$

(aici am notat cu Q outputul agregat al economiei, asimilat în general cu Y).

Putem concluziona spunând că, într-un model econometric asociat de regulă unui sistem economic (macro sau micro), întâlnim următoarele trei tipuri de relații: