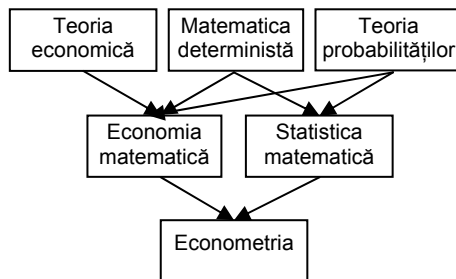


PREZENTARE GENERALĂ A ANSAMBLULUI *PSE*

PSE este numele unui set de foi de calcul *Excel*, fișiere cu date și instrucțiuni de folosire, în domeniul Probabilităților, Statisticii și Econometriei.

La începuturile ei, econometria era văzută 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 propunea modele ale realității, matematica le formula în termeni de funcții deterministe, iar statistica evalua parametrii aleatori ai respectivelor funcții.

Începând de la „revoluția fisheriană” (inițiată de marele statistician R.A. Fisher, la mijlocul anilor '30 ai secolului trecut), statistica matematică se întemeiază pe teoria probabilităților. Această abordare era o urmare a axiomatizării teoriei probabilităților, realizată de matematicianul A.N. Kolmogorov, în 1933.



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 alăturată).

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 exemplelor negative, nivelul acceptabil al acesteia fiind supus discuției. Așadar, modelele econometrice sunt mai puțin precise decât cele deterministe, dar sunt mai „robuste” (mai rezistente la anumite variații).

Cu toate acestea, de obicei, prezentarea statisticii teoretice nu este însoțită suficient de cea a teoriei probabilităților, iar asistența informatică a rezolvării problemelor, deja curentă în statistică, este insuficientă în calculele probabiliste.

Ansamblul *PSE*, pus la dispoziție aici (www.res.ase.ro), încearcă să remedieze această situație, prin tratarea echilibrată a suportului de calcul al probabilităților și statisticii (cu aplicațiile lor econometrice). Cele două părți ale acestui ansamblu sunt organizate conform celor 12 capitole ale cărții autorului („Probabilități, statistică și econometrie asistate de *Excel*”, Ed. Niculescu), ce expun fundamentele matematice ale calculelor implementate, precum și o mare parte din detaliile implementării, care nu-și au locul aici. Cuprinsul cărții este dat mai jos.

Prima parte conține calculele din teoria probabilităților, necesare pentru înțelegerea statisticii și, mai ales, a econometriei: câmpuri de probabilitate, variabile aleatoare unidimensionale și multidimensionale, în fine — șiruri de variabile aleatoare și procese aleatoare (cu studiul situațiilor din ce în ce mai complexe, de independență sau dependență stohastică).

În partea a doua, urmează calculele legate de câteva subdomenii ale statisticii inferențiale: repartițiile și statisticile de eșantionare, estimările punctuale și prin intervale de încredere, iar apoi — verificarea ipotezelor statistice. În fine, abilitățile informatice obținute prin parcurgerea precedentelor, sunt utilizate pentru abordarea (totuși introductivă, prin forța lucrurilor) a celor două domenii ale econometriei — regresia (doar cea (multi)liniară sau reductibilă la ea) și analiza seriilor temporale, ambele folosite în analiza și predicția fenomenelor economice.

Firește, există o gamă largă de programe pentru profesioniștii statisticieni (de exemplu, *Statistica* sau *SPSS*) sau econometricieni (cel mai cunoscut fiind *Eviews*). *Excel* mi s-a părut însă mai ușor de folosit, mai ales de către începători, prin interfața sa cunoscută, prin ușurința scrierii formulelor de calcul și prin capacitățile sale de reprezentare grafică bi- și chiar tridimensională.

Ansamblul *PSE* conține peste 120 de foi de calcul (*worksheets*) originale, în *Excel*, unele dintre ele completând substanțial rezultatele obținute prin utilizarea programelor *Excel* din *Analysis ToolPack*, iar altele (cele mai multe) fiind complet independente. Ele folosesc adesea și alte programe adiționale din *Excel* (*Scenario Manager* și *Solver*, pentru memorarea și compararea diferitelor variante de calcul, respectiv pentru rezolvarea problemelor de optimizare), sau comanda *Goal Seek* (pentru aflarea rădăcinii unei ecuații). Funcționarea lor este exemplificată în foile de calcul din *Preliminarii*.

Utilizarea foilor de calcul este descrisă pe larg, utilizatorul putând astfel nu numai să le folosească direct, ci și să le adapteze, să le dezvolte sau să construiască altele noi, după modelul lor. Lista lor este dată separat. Datele din foile de calcul sunt introduse fie direct (când volumul lor este mic), fie din fișiere de tip text (cu extensia *.txt*), la nume adăugându-se *euro*, dacă punctul zecimal e schimbat în virgulă (conform convenției europene). Foile de calcul sunt grupate în 23 de registre *Excel* (*workbooks*), memorate în dosarul (*directory*) *Foi de calcul PSE*, iar fișierele de date — în dosarul *Fisiere cu date PSE*.

Construcția exemplurilor pornește de la o serie de „șabloane”, foi de calcul fără date, ci doar cu formule, grupate și ele tot în registre *Excel* cu aceleași nume ca și cele cu foile cu exemple (dar la care se adaugă specificația „șabloane”). Aceste registre cu șabloane sunt memorate în dosarul *Sabloane PSE*. Plecând de la același șablon, se pot construi mai multe foi de calcul cu exemple diferite (ce se pot salva în registre cu diverse nume).

Toate fișierele *Excel* au formatul 1998-2003 (cu extensia *.xml*), ca să poată fi folosite și cu versiunile mai vechi ale programului *MS Excel*, dar ele pot fi utilizate cu versiunile noi (2007-2013) ale acestui program (direct, sau după salvarea în noul format, cu extensia *.xmls*). Instrucțiunile de folosire ale foilor de calcul sunt însă pentru *Excel 2010*, fiind numerotate conform celor 12 grupe (indicate mai sus) și memorate în dosarul *Instrucțiuni PSE*. Construcția șabloanelor înseși nu este descrisă în aceste instrucțiuni, ci doar în cartea autorului.

LISTA FOILOR DE CALCUL ÎN *EXCEL*

1 PRELIMINARII MATEMATICE ȘI INFORMATICE¹

- 1.1 Factoriali din Preliminarii
- 1.2 Aranjamente din Preliminarii
- 1.3 Coeficienti binomiali din Preliminarii
- 1.4 Matrici și optimizare din Preliminarii
- 1.5 Tabele și scenarii din Preliminarii
- 1.6 Scenario Summary din Preliminarii
- 1.7 Answer Report 1 din Preliminarii

I ELEMENTE DE TEORIA PROBABILITĂȚILOR

2 EVENIMENTE ALEATOARE ȘI CÂMPURI DE PROBABILITATE

- 2.1 Evenimente din Evenimente și probabilitati
- 2.2 Probabilitati din Evenimente și probabilitati
- 2.3 Scenario Summary Pr. din Evenimente și probabilitati
- 2.4 Includere-excludere din Evenimente și probabilitati
- 2.5 Scenario Summary I-E din Evenimente și probabilități
- 2.6 Aproximari din Evenimente și probabilitati
- 2.7 Scenario Summary Apr. din Evenimente și probabilități

3 VARIABLE ALEATOARE UNIDIMENSIONALE

- 3.1 Discrete – funcția din Variabile aleatoare
- 3.2 Continue – funcția din Variabile aleatoare
- 3.3 Discrete – valori tipice din Variabile aleatoare
- 3.4 Continue – valori tipice din Variabile aleatoare
- 3.5 Continue – uniforma din Variabile aleatoare
- 3.6 Continue - compararea din Variabile aleatoare

4 REPARTIȚII FUNDAMENTALE UNIDIMENSIONALE

- 4.1 Probabilitatea $P(X=k)$ din Repartitia binomiala
- 4.2 Functia de repartitie din Repartitia binomiala
- 4.3 Compararea din Repartitia binomială
- 4.4 Binomiala din Repartitii fundamentale
- 4.5 Prob. $P(X=n)$ din Repartitia binomiala negativa
- 4.6 Compararea din Repartitia binomiala negativa
- 4.7 Prob. $P(X=k)$ din Repartitia hipergeometrica
- 4.8 Compararea din Repartitia hipergeometrica
- 4.9 Probabilitatea $P(X=n)$ din Repartitia Poisson

¹ Foile de calcul sunt grupate după capitolele în care este descrisă crearea lor, pentru fiecare indicându-se registrul *Excel* din care face parte.

- 4.10 Funcția de repartiție din Repartiția Poisson
- 4.11 Compararea din Repartiția Poisson
- 4.12 Densitatea din Repartiția normală
- 4.13 Funcția de repartiție din Repartiția normală
- 4.14 Inversa repartiției din Repartiția normală
- 4.15 Compararea din Repartiția normală
- 4.16 Normala din Repartiții fundamentale
- 4.17 Aprox. binomială din Repartiția normală
- 4.18 Densitatea din Repartiția t (Student)
- 4.19 Funcția de repartiție din Repartiția t (Student)
- 4.20 Inversa repartiției din Repartiția t (Student)
- 4.21 Compararea din Repartiția t (Student)
- 4.22 Student din Repartiții fundamentale
- 4.23 Densitatea din Repartiția F (Snedcor)
- 4.24 Funcția de repartiție din Repartiția F (Snedcor)
- 4.25 Inversa repartiției din Repartiția F (Snedcor)
- 4.26 Compararea din Repartiția F (Snedcor)
- 4.27 Snedcor din Repartiții fundamentale
- 4.28 Densitatea din Repartiția Hi-patrat
- 4.29 Funcția de repartiție din Repartiția Hi-patrat
- 4.30 Inversa repartiției din Repartiția Hi-patrat
- 4.31 Compararea din Repartiția Hi-pătrat
- 4.32 Densitatea din Repartiția Fisher
- 4.33 Compararea din Repartiția Fisher
- 4.34 Densitatea din Repartiția exponențială
- 4.35 Funcția de repartiție din Repartiția exponențială
- 4.36 Erlang din Alte repartiții continue
- 4.37 Gamma din Alte repartiții continue
- 4.38 Weibull din Alte repartiții continue
- 4.39 Beta din Alte repartiții continue

5 VECTORI ALEATORI, ȘIRURI ȘI PROCESE ALEATOARE

- 5.1 Repartiția (X,Y) din Vectori aleatori
- 5.2 Repartiția (X,Y) din Vectori aleatori
- 5.3 Repartiția (X,Y) din Vectori aleatori
- 5.4 Matricea de corelație din Vectori aleatori
- 5.5 Multinomială din Vectori aleatori
- 5.6 Hipergeometrică din Vectori aleatori
- 5.7 Uniformă din Vectori aleatori
- 5.8 Normală din Vectori aleatori

6 INDEPENDENȚA STOCHASTICĂ

- 6.1 Probabilitati din Independenta stohastica
- 6.2 Scenario Summary Pr. din Independenta stohastica
- 6.3 Includere-excludere din Independenta stohastica
- 6.4 Scenario Summary I-E din Independenta stohastica
- 6.5 Repartitii marginale din Independenta stohastica
- 6.6 Repartitia comuna din Independenta stohastica

7 DEPENDENȚA STOCHASTICĂ ȘI LANȚURI MARKOV (LM)

- 7.1 Conjunctie din Dependenta stohastica
- 7.2 Bayes din Dependenta stohastica
- 7.3 Variabile din Dependenta stohastica
- 7.4 Comparare entropii din Dependenta stohastica
- 7.5 LM ergodice din Dependenta stohastica
- 7.6 LM Ehrenfest din Dependenta stohastica
- 7.7 LM ergodice Ehr din Dependenta stohastica
- 7.8 LM absorbante din Dependenta stohastica
- 7.9 LM absorbante micro din Dependenta stohastica
- 7.10 LM ergodice Ehr micro din Dependenta stohastica
- 7.11 LM comasate ergodice din Dependenta stohastica
- 7.12 Scenario Summary ergodice din Dependenta stohastica
- 7.13 LM comasate absorbante din Dependenta stohastica
- 7.14 Scenario Summary absorbante din Dependenta stohastica
- 7.15 LM absorbante macro din Dependenta stohastica
- 7.16 PM nastere si moarte din Dependenta stohastica

II. ELEMENTE DE STATISTICĂ ȘI ECONOMETRIE

8 STATISTICĂ DESCRIPTIVĂ ȘI TEORIA EȘANTIONĂRI

- 8.1 Percentile din Statistica descriptiva
- 8.2 Esantioane din Statistica descriptiva
- 8.3 Histograme din Statistica descriptiva
- 8.4 Corelatii din Statistica descriptiva

9 ESTIMAREA PARAMETRILOR REPARTIȚIILOR

- 9.1 Proportia, exacte din Estimare parametri
- 9.2 Media, cu dispersia cunoscuta din Estimare parametri
- 9.3 Media, cu dispersia necunoscuta din Estimare parametri
- 9.4 Proportia, aprox. normala din Estimare parametri

10 VERIFICAREA IPOTEZELOR STATISTICE

- 10.1 Dispersii, pt. medii necun. din Verificare ipoteze
- 10.2 Dispersii, pt. medii necun. (2) din Verificare ipoteze
- 10.3 Medii, pt. dispersii cunoscute din Verificare ipoteze
- 10.4 Medii, pt. esantioane perechi din Verificare ipoteze
- 10.5 Medii, pt. dispersii egale din Verificare ipoteze
- 10.6 Medii, pt. dispersii inegale din Verificare ipoteze

11 REGRESII LINIARE

- 11.1 Liniara din Regresii liniare
- 11.2 Multiliniara matriciala din Regresii liniare
- 11.3 Multiliniara din Regresii liniare
- 11.4 Patratica din Regresii liniare
- 11.5 Cubica din Regresii liniare

12 SERII TEMPORALE

- 12.1 Medii mobile din Serii temporale
- 12.2 Netezire exponentiala din Serii temporale
- 12.3 Ciclicitate cu tend. lin. din Serii temporale
- 12.4 Ciclicitate cu tend. patr. din Serii temporale
- 12.5 Comparare indecsi ciclicitate din Serii temporale
- 12.6 Var. sezon. cu medii mobile din Serii temporale
- 12.7 Var. sezon. cu tend. lin. din Serii temporale
- 12.8 Var. sezon. cu tend. patr. din Serii temporale
- 12.9 Comparare var. sezoniere din Serii temporale
- 12.10 Predictie lin. cu indecsi din Serii temporale
- 12.11 Predictie patr. cu indecsi din Serii temporale
- 12.12 Predictie lin. cu indicatori din Serii temporale
- 12.13 Predictie patr. cu indicatori din Serii temporale
- 12.14 Comparare predictii din Serii temporale

CUPRINSUL CĂRȚII

„Probabilități, statistică și econometrie asistate de programul <i>Excel</i> ” (Ed. Niculescu)	
CUVÂNT ÎNAINTE (<i>Ioan Cuculescu</i> , membru corespondent al Academiei) . . .	5
INTRODUCERE	7
1 PRELIMINARIILE MATEMATICE ȘI INFORMATICE	9
1.1 Introducere în probabilități, statistică și econometrie	9
1.1.1 Relații, grafuri și funcții.	10
1.1.2 Spații de eșantionare și probabilități „naive”	12
1.1.3 Eșantioane finite și analiză combinatorică	14
1.2 Modelarea matematică în <i>Excel 2010</i>	16
1.2.1 Noua interfață a programului <i>MS Excel</i>	16
1.2.2 Șabloane și foi de calcul noi.	19
1.2.3 Funcții	20
1.2.4 Crearea tabelelor de variație prin comanda <i>Data Table</i>	28
1.2.5 Gestiunea scenariilor cu <i>Scenario Manager</i>	31
1.2.6 Rezolvarea ecuațiilor prin comanda <i>Goal Seek</i>	35
1.2.7 Rezolvarea problemelor complexe cu <i>Solver</i>	37
1.3 Calcule probabiliste, statistice și econometrice în <i>Excel</i>	45
1.3.1 Abordări alternative.	45
1.3.2 Pachetul de programe <i>Analysis ToolPack</i>	45
Probleme.	47
I ELEMENTE DE TEORIA PROBABILITĂȚILOR	
2 EVENIMENTE ALEATOARE ȘI CÂMPURI DE PROBABILITATE	49
2.1 Ordonarea evenimentelor aleatoare.	49
2.2 Algebra booleană a evenimentelor aleatoare	52
2.3 Câmpuri de evenimente aleatoare	57
Probleme.	61
2.4 Câmpuri de probabilitate	62
Probleme.	67
2.5 Calculul aproximativ al probabilităților	69
3 VARIABLE ALEATOARE UNIDIMENSIONALE	77
3.1 Variabile aleatoare discrete și continue	77
3.3.1 Repartiția de probabilitate.	77
3.3.2 Funcția de repartiție și densitatea de probabilitate	80
Probleme.	89
3.2 Valori tipice	90
3.2.1 Media, dispersia și alte momente.	90
3.2.2 Mediana și cuantilele	94
3.2.3 Coeficienți de asimetrie și de exces.	95
Probleme.	105

4 REPARTIȚII FUNDAMENTALE UNIDIMENSIONALE	108
4.1 Repartiții discrete	108
4.1.1 Repartiția Bernoulli $Ber(p)$	108
4.1.2 Repartiția binomială $B(n,p)$	109
Probleme.	114
4.1.3 Repartiția procentajului.	115
4.1.4 Repartiția binomială negativă $B^-(k,p)$	115
4.1.5 Repartiția geometrică $g(p)$	119
4.1.6 Repartiția hipergeometrică unidimensională $h(n,r,s)$	119
Probleme.	124
4.1.7 Repartiția Poisson $Po(\mu)$	124
Probleme	129
4.2 Repartiții continue	129
4.2.1 Repartiția uniformă unidimensională $U(a,b)$	129
Probleme	129
4.2.2 Repartiția log-uniformă	130
4.2.3 Repartiția normală (gaussiană) unidimensională $N(\mu,\sigma^2)$	130
Probleme	141
4.2.4 Repartiția normală trunchiată $\tilde{N}(\mu,\sigma^2)$	142
4.2.5 Repartiția log-normală $L(\mu,\sigma^2)$	142
4.2.6 Repartiția Student $t(k)$	143
Probleme.	152
4.2.7 Repartiția Snedcor $F(k_1,k_2)$	152
Probleme.	160
4.2.8 Repartiția Hi-pătrat $H(k,\sigma^2)$	160
4.2.9 Repartiția Fisher $\zeta(k_1,k_2)$	167
4.2.10 Repartiția Cauchy $C(\lambda,\mu)$	170
4.2.11 Repartiția exponențială $Exp(\lambda)$	170
Probleme.	173
4.2.12 Repartiția Erlang $E(\alpha,\lambda)$	173
4.2.13 Repartiția Gamma $G(\alpha,\lambda)$	175
4.2.14 Repartiția Weibull $w(\alpha,\lambda)$	177
4.2.15 Repartiția Beta $\beta(\alpha,\lambda)$	178
5 VECTORI ALEATORI, ȘIRURI ȘI PROCESE ALEATOARE	181
5.1 Vectori aleatori	181
5.1.1 Repartiții comune și valori tipice	181
Probleme	190
5.1.2 Repartiții fundamentale multidimensionale	191
5.1.2.1 Repartiția multinomială $M(n,\mathbf{p})$	191
5.1.2.2 Repartiția hipergeometrică multidimensională $h^-(n,\mathbf{n})$	193
5.1.2.3 Repartiția uniformă multidimensională $U^n(D)$	196
5.1.2.4 Repartiția normală (gaussiană) multidimensională $N^n(\boldsymbol{\mu},\mathbf{K})$..	200
5.1.2.5 Repartiția Wishart $W(n,\mathbf{s},\mathbf{A})$	203
5.2 Șiruri aleatoare, convergență și ergodicitate	203
5.3 Procese aleatoare	207

6 INDEPENDENȚA STOCHASTICĂ	210
6.1 Evenimente aleatoare independente	210
Probleme	215
6.2 Variabile aleatoare independente	216
Probleme	224
6.3 Vectori aleatori independenți	225
6.4 Șiruri de variabile aleatoare și independență stohastică	227
6.5 Serii de variabile aleatoare independente	227
6.6 Legile numerelor mari	228
6.6.1 Legea tare a numerelor mari	228
6.6.2 Legea slabă a numerelor mari	229
6.6.3 Teorema limită centrală și consecințele ei	231
6.7 Procese aleatoare și independență stohastică	232
7 DEPENDENȚA STOCHASTICĂ	234
7.1 Evenimente aleatoare dependente	234
Probleme	237
7.2 Variabile aleatoare dependente și regresia probabilistă	240
Probleme	249
7.3 Entropie și informație	249
7.3.1 Generalități și istoric	249
7.3.2 Entropia repartițiilor discrete finite	250
7.3.3 Entropia repartițiilor continue	253
7.4 Dependența în șiruri și procese aleatoare	255
7.4.1 Lanțuri Markov (LM)	255
7.4.1.1 Noțiuni generale	255
7.4.1.2 Lanțuri Markov omogene (LMO)	257
7.4.1.3 Lanțuri Markov omogene discrete (LMO _D)	258
7.4.1.4 Lanțuri Markov omogene finite (LMO _F)	270
7.4.1.4.1 Clasificarea LMO _F	271
7.4.1.4.2 LMO _F ergodice	272
Probleme	293
7.4.1.4.3 LMO _F absorbante decompozabile	294
Probleme	306
7.4.1.4.4 Comasarea și entropia LMO _F	307
Probleme	327
7.4.2 Procese Markov (PM)	328
7.4.2.1 Noțiuni și relații generale	328
7.4.2.2 Procese Markov neomogene continue în timp	329
7.4.2.3 Procese Markov neomogene total discontinue	330
7.4.2.4 Procese Markov omogene de naștere și moarte	332
7.4.2.5 Procese Poisson	336
7.4.2.6 Procese Markov omogene finite	338

II ELEMENTE DE STATISTICĂ ȘI ECONOMETRIE	
8 STATISTICĂ DESCRIPTIVĂ ȘI TEORIA EȘANTIONĂRII	340
8.1 Statistică descriptivă	340
8.1.1 Date statistice și scale de măsurare	340
8.1.2 Repartiții de frecvențe	342
8.1.3 Valori tipice ale caracteristicilor populației	344
8.1.3.1 Caracteristici cantitative	344
8.1.3.2 Caracteristici calitative și ordinale	347
Probleme	351
8.2 Eșantionare și valori tipice de eșantionare	351
8.2.1 Repartiții de eșantionare	351
8.2.2 Statistici de eșantionare	354
8.2.2.1 Proprietăți ale statisticilor de eșantionare	354
8.2.2.2 Momente de eșantionare scalare (unidimensionale)	355
8.2.2.3 Momente de eșantionare vectoriale (multidimensionale).	363
8.2.2.4 Caracteristici ordinale și statistici ale ordinii	366
Probleme	368
9 ESTIMAREA PARAMETRILOR REPARTIȚIILOR	369
9.1 Estimări punctuale	369
9.1.1 Familii de repartiții cu un singur parametru necunoscut.	369
9.1.1.1 Metoda verosimilității maxime (MVM) și eficiența estimatorilor.	369
9.1.1.2 Estimarea proporției p a succeselor din repartiția $B(n,p)$	373
9.1.1.3 Estimarea mediei repartiției normale, cu dispersie cunoscută	375
9.1.1.4 Estimarea dispersiei repartiției normale, cu medie cunoscută	376
9.1.2 Familii de repartiții cu mai mulți parametri necunoscuți.	376
9.1.2.1 MVM și eficiența sistemului de estimatori.	376
9.1.2.2 Estimarea simultană a mediei și dispersiei repartiției normale	379
9.2 Estimări prin intervale de încredere	381
9.2.1 Eșantioane oarecari — metoda funcției de repartiție	383
9.2.1.1 Intervale aproximative pentru proporția p din $B(n,p)$	384
9.2.1.2 Intervale exacte pentru proporția p din $B(n,p)$	385
9.2.2 Eșantioane oarecari — metoda funcției strict monotone	387
9.2.2.1 Intervale pentru media μ , cu dispersia cunoscută	387
9.2.2.2 Intervale pentru media μ , cu dispersia necunoscută	390
9.2.3 Eșantioane mari — aproximarea normală pentru p din $B(n,p)$	394
Probleme	398
10 VERIFICAREA IPOTEZELOR STATISTICE	400
10.1 Teste parametrice și neparametrice.	400
10.2 Metode de verificare a ipotezelor statistice	401
10.3 Compararea dispersiilor a două repartiții normale	404
10.4 Compararea mediilor a două repartiții normale	407
10.4.1 Dispersii teoretice cunoscute	408
10.4.2 Dispersii teoretice necunoscute, cu eșantioane perechi	410
10.4.3 Dispersii teoretice necunoscute egale	413
10.4.4 Dispersii teoretice necunoscute inegale	416
Probleme	419

11 REGRESII LINIARE	421
11.1 Regresii liniare.	422
11.1.1 Regresie și predicție	422
11.1.2 Verificarea condițiilor de corectitudine a regresiei liniare	425
11.1.3 Etapele de construire a modelului de regresie	426
11.2 Regresia liniară simplă	427
11.2.1 Metoda celor mai mici pătrate pentru regresia simplă	428
11.2.2 Evaluarea calității regresiei liniare simple	431
11.3 Regresia multiliniară	438
11.3.1 Metoda celor mai mici pătrate în cazul multiliniar	438
11.3.2 Evaluarea calității regresiei multiliniare	442
11.3.3 Modele neliniare liniarizabile (intrinsec liniare)	448
11.3.4 Transformări pentru înlăturarea heteroscedasticității	453
11.3.5 Regresia multiliniară cu variabile calitative	454
Probleme	455
12 SERII TEMPORALE	458
12.1 Analiza componentelor seriilor temporale	458
12.1.1 Netezirea seriilor temporale prin medii mobile	459
12.1.2 Netezirea exponențială a seriilor temporale	462
12.2 Măsurarea componentelor, pentru modelul multiplicativ	465
12.2.1 Determinarea tendinței	465
12.2.2 Măsurarea variației ciclice	466
12.2.3 Măsurarea variației sezoniere	473
12.3 Predicția prin regresie a seriilor temporale	483
12.3.1 Clasificarea metodelor și indicatorii de evaluare	483
12.3.2 Predicția cu indecși (pentru modelul multiplicativ)	484
12.3.3 Predicția cu variabile indicator (pentru modelul aditiv)	488
12.3.4 Alegerea metodei de predicție	494
Probleme	496
12.4 Bază de date pentru serii temporale macroeconomice	500
12.4 Concluzii	503
ANEXE	505
Anexa 1 Probabilitățile $P(X = k)$, pentru repartiția binomială $B(n, p)$	505
Anexa 2 Funcția de repartiție, pentru repartiția binomială $B(n, p)$	508
Anexa 3 Probabilitățile $P(X = k)$, pentru repartiția binomială negativă $B^-(k, p)$	511
Anexa 4 Probabilitățile $P(X = k)$, pentru repartiția hipergeometrică unidimensională $h(n, r, s)$	515
Anexa 5 Probabilitățile $P(X = k)$, pentru repartiția Poisson $Po(\mu)$	519
Anexa 6 Funcția de repartiție, pentru repartiția Poisson $Po(\mu)$	521
Anexa 7 Densitatea de probabilitate, pentru repartiția normală standard $N(0,1)$	523
Anexa 8 Funcția de repartiție $\Phi(x)$, pentru repartiția normală standard $N(0,1)$	524
Anexa 9 Valorile deplasate $\Phi(x)-0.5$, pentru repartiția normală standard $N(0,1)$	525

Anexa 10 Valorile critice z_α , pentru repartiția normală standard $N(0,1)$	526
Anexa 11 Valorile critice t_α , pentru repartiția Student $t(k)$	527
Anexa 12 Valorile critice F_α , pentru repartiția Snedcor $F(k_1, k_2)$	528
Anexa 13 Valorile critice χ_α^2 , pentru repartiția hi-pătrat $H(k, \sigma^2)$	536
Anexa 14 Densitatea de probabilitate $e^{-\pi}$, pentru repartiția exponențială $Exp(1)$.	537
BIBLIOGRAFIE	538
LISTA FOILOR DE CALCUL EXCEL	543