

CADRUL CONCEPTUAL AL ECONOMIEI POSTCRIZĂ, Facultatea de Economie-ASE,  
Atelier 1 - Competitivitatea și inovarea în economia postcriză  
București, 23-24 Noiembrie 2012

## METODE INOVATIVE DE ANALIZĂ A PIEȚEI DE CAPITAL ÎN ROMÂNIA. STUDIUL VOLATILITĂȚII PIEȚEI DE CAPITAL DIN ROMÂNIA PRIN MODELELE ARCH ȘI GARCH UTILIZÂND SOFTUL “R”

Ciprian Antonia de ALEXANDRU

Senior Lecturer at Ecological University of Bucharest

Nicoleta CARAGEA

Senior Expert, National Institute of Statistics, Romania/Lecturer at Ecological University of Bucharest

Ana-Maria DOBRE

Expert, National Institute of Statistics

## R - o nouă provocare la nivel academic

De ce R?

- Este un mediu de analiza a datelor dezvoltat de statisticieni pentru statisticieni
- Mediu de programare creat de doi academicieni în 1993 din New Zealand și pus la dispoziția comunității internaționale în 1996
- Este un software de tip open-source
- Are interfețe grafice tot mai bune: RStudio, Deducer, Revolution Analytics, Red-R, JGR (Java GUI for R), SciViews-R
- În aproximativ trei ani, numărul de utilizatori R îl va depăși pe cei de SAS și SPSS

RStudio

```

1 bet=read.table("F:\\My Documents\\c\\iprian\\sesiuni\\2012\\ase
2 head(bet)
3
4 # start model selection
5 arch.spec = ugarchspec(variance.model = list(garchorder=c(1,1
6 bet.arch.fit = ugarchfit(spec=arch.spec, data=bet, solver.con
7 bet.arch.fit
8
9
10 # clean data
11 bet.cclean = Return.cclean(bet, method="boudt")
12 bet.cclean.arch.fit = ugarchfit(spec=arch.spec, data=bet.cclean
13 bet.cclean.arch.fit
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101 (Top Level)

```

Console

```

Joint Statistic: 1.07 1.24 1.6
Individual Statistic: 0.35 0.47 0.75

Sign Bias Test
-----
t-value prob sig
Sign Bias 0.6712 0.50211
Negative Sign Bias 1.8305 0.06725 *
Positive Sign Bias 0.7770 0.43719
Joint Effect 6.2044 0.10208

Adjusted Pearson Goodness-of-Fit Test:
-----
group statistic p-value(g-1)
1 20 135.6 1.279e-19
2 30 166.0 3.821e-21
3 40 168.3 5.391e-18
4 50 186.9 5.599e-18

Elapsed time : 0.703125

```

Workspace

Data	Obs.	Vars.
bet	3800	1
betc	3662	1
betfi	3009	1

Values

arch.spec	UGARCHspec[1]
bet.arch.fit	UGARCHfit[1]

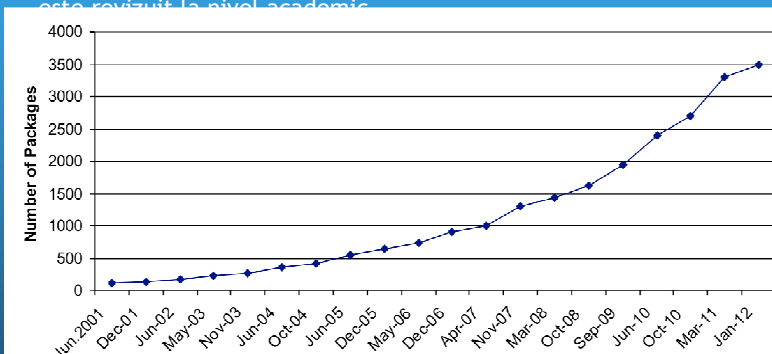
Files Plots Packages Help

Install Packages Check for Updates

- mgcv Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML smoothness estimation
- nlme Linear and Nonlinear Mixed Effects Models
- nnet Feed-forward Neural Networks and Multinomial Log-Linear Models
- numDeriv Accurate Numerical Derivatives
- parallel Support for Parallel computation in R
- PerformanceAnalytics Econometric tools for performance and risk analysis.
- Rcpp Seamless R and C++ Integration
- RcppArmadillo Rcpp integration for Armadillo templated linear algebra library
- robustbase Basic Robust Statistics
- rpart Recursive Partitioning
- Rsolnp General Non-linear Optimization
- rugarch Univariate GARCH models
- snow Simple Network of Workstations
- snowfall Easier cluster computing (based on snow).

## Evoluția numărului de Pachete R

- R se poate extinde liber prin pachete și programe create de utilizatori
- Orice pachet dezvoltat este rezultatul unui proiect de cercetare și este revizuit la nivel academic



Sources: <http://r4stats.com/articles/popularity/> and [http://journal.r-project.org/archive/2009-2/RJournal\\_2009-2\\_Fox.pdf](http://journal.r-project.org/archive/2009-2/RJournal_2009-2_Fox.pdf)

## Din literatura de specialitate...

- ARCH [1] și GARCH [2] (Engle, 1982)
- „cozile groase” și clusterizarea volatilității pot fi surprinse de modelele de tip GARCH.
- modelele de tip ARCH pun în evidență dispersia condiționată ( $\sigma_t$ ) a randamentelor prin metoda probabilității maxime (maximum likelihood)

## Analiza seriilor de date financiare...

- ARCH( $q$ ), unde  $q$  ia valori între 1 și 5, iar  $\sigma_t$  este determinat în funcție de valorile trecute, pătratice ale lui  $q$ .
- în modelul GARCH( $p, q$ ) dependențele adiționale sunt permise pentru  $p$  laguri ale valorilor trecute ale  $\sigma_t$ . Pentru testarea seriilor de date vom utiliza modelul GARCH (1,1), cel mai potrivit model pentru serii de timp financiare (Bollerslev, 1986) (Taylor, 1987)
- de la apariția modelului GJR-GARCH al lui Glosten et al. (1993) și dezvoltat de Brailsford și Faff (1996) s-a arătat că GJR-GARCH este mai potrivit decât GARCH în explicarea indicilor de acțiuni

## Modelul ARCH

- Robert Engle a propus modelul ARCH (AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity) pentru modelarea corelației seriale din pătratul valorilor reziduale, sau heteroschedasticitate (Engle, 1982)

$$y_t = E_{t-1}[y_t] + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = z_t \sigma_t$$

$$\sigma_t^2 = a_0 + a_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + a_p \varepsilon_{t-p}^2$$

## Modelul univariat ARFIMAX

- Modelul GARCH permite să definim dinamica pentru media condiționată pornind de la modelul general ARFIMAX la care se adaugă efectele ARCH-în-medie introduse de Engle în anul 1987. Completarea ARFIMAX-ARCH-în-medie poate fi definită în mod formal astfel:

$$\Phi(L)(1-L)^d (y_t - \mu_t) = \theta(L)\varepsilon_t$$

$$\mu_t = \mu + \sum_{i=1}^{m-n} \delta_i x_{i,t} + \sum_{i=m-n+1}^m \delta_i x_{i,t} \sigma_t + \xi \sigma_t^k$$

## Modelul GARCH

- La modelele GARCH, funcția de densitate este de obicei scrisă în ceea ce privește parametrii de localizare și de scară, pentru a da normalizat media zero și varianța unitate

$$\alpha_t = (\mu_t, \sigma_t, \omega)$$

$$\mu_t = \mu(\theta, x_t) = E(y_t | x_t)$$

$$\sigma_t^2 = \sigma^2(\theta, x_t) = E((y_t - \mu_t)^2 | x_t)$$

## Modelul Standard GARCH (‘sGARCH’)

- Modelul standard GARCH (Bollerslev, 1986):

$$\sigma_t^2 = \left( \omega + \sum_{i=1}^m \zeta_j v_{jt} \right) + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

$$\bar{\sigma}^2 (1 - \hat{P}) - \sum_{j=1}^m \zeta_j \bar{v}_j$$

## Aplicarea modelelor

- Funcțiile disponibile în pachetul ruGarch au fost aplicate asupra indicilor oficiali ai Bursei de Valori București (BVB): BET, BETC și BETFI.
- BET este un indice de preț ponderat cu capitalizarea free floatului celor mai lichide 10 companii listate pe piața reglementată a BVB.
- BET-C este indicele compozit al pieței BVB care reflectă evoluția prețurilor tuturor companiilor listate pe piața reglementată a BVB, Categoria I și II, cu excepția Societăților de Investiții Financiare. BET-C este un indice de preț ponderat cu capitalizarea de piață a companiilor din componența sa.
- BET-FI este primul indice sectorial al BVB și reflectă tendința de ansamblu a prețurilor societăților de investiții financiare (SIF-urilor) tranzacționate pe piața reglementată a BVB. Ponderarea companiilor în indice se face cu capitalizarea free floatului acestora.

## Aplicarea modelelor

- Seriile de date pentru valorile zilnice de închidere a celor trei indici bursieri au fost următoarele:
- BET: 3.800 de observații din perioada: 19.09.1997 - 31.10.2012
- BETC: 3.662 de observații din perioada: 16.04.1998 - 31.10.2012
- BETFI: 3.009 de observații din perioada: 31.10.2000 - 31.10.2012

## Principalele valori statistice ale celor trei serii, în valori nominale

	BET	BETC	BETFI
• Observations	3800.0000	3662.0000	3009.0000
• NAs	0.0000	0.0000	0.0000
• Minimum	281.2000	422.0000	944.7000
• Quartile 1	759.0250	623.6000	7484.2000
• Median	3298.6000	2388.7500	21229.6000
• Arithmetic Mean	3656.4911	2429.2428	25070.4700
• Geometric Mean	2359.3671	1754.9763	15824.2700
• Quartile 3	5535.6500	3393.5750	32593.7000
• Maximum	10813.6000	7432.6000	95197.9000
• SE Mean	45.3958	28.9128	383.8227
• LCL Mean (0.95)	3567.4886	2372.5559	24317.8900
• UCL Mean (0.95)	3745.4937	2485.9296	25823.0500
• Variance	7830973.1953	3061253.5276	443285400.0000
• Stdev	2798.3876	1749.6438	21054.3400
• Skewness	0.4642	0.6834	1.1350
• Kurtosis	-0.8930	-0.3405	0.6360

## Valorile statistice, specifice celor trei serii de date, pentru rentabilitățile logaritmuate

	BET	BETC	BETFI
Observations	3800.0000	3662.0000	3009.0000
NAs	0.0000	0.0000	0.0000
Minimum	-0.1312	-0.1212	-0.1864
Quartile 1	-0.0078	-0.0065	-0.0112
Median	0.0004	0.0006	0.0002
Arithmetic Mean	0.0004	0.0003	0.0011
Geometric Mean	0.0003	0.0001	0.0007
Quartile 3	0.0089	0.0079	0.0129
Maximum	0.1056	0.1089	0.2593
SE Mean	0.0003	0.0003	0.0005
LCL Mean (0.95)	-0.0002	-0.0002	0.0001
UCL Mean (0.95)	0.0010	0.0008	0.0020
Variance	0.0003	0.0003	0.0007
Stdev	0.0184	0.0159	0.0266
Skewness	-0.3307	-0.6392	0.1742
Kurtosis	6.0982	7.5997	8.5304

## Testarea modelelor

	arch1	arch2	arch3	arch4	arch5	garch11
Akaike	-0.066070	NA	-5.4597	-5.4651	-5.5239	-5.5250
Bayes	-0.061142	NA	-5.4515	-5.4553	-5.5124	-5.5168
Shibata	-0.066072	NA	-5.4597	-5.4651	-5.5239	-5.5250
Hannan-Quinn	-0.064319	NA	-5.4568	-5.4616	-5.5198	-5.5221

Testarea modelelor ARCH(1) și ARCH(5) nu s-a realizat cu succes din cauza problemelor de convergență și am realizat o eliminare a valorilor extreme din seria de date. După această procedură ambele modele au fost furnizat informații relevante.

Modelele ARCH(3) și ARCH(4) au fost executate cu succes direct pe seria de date fără a fi nevoie eliminarea valorilor extreme.

Modelul ARCH(2) nu a furnizat date nici după eliminarea valorilor extreme, iar modelul GARCH(1,1) a putut fi estimat cu succes.

## Estimarea parametrilor

### Optimal Parameters

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
mu	0.001009	0.000211	4.7829	2e-06
omega	0.000012	0.000002	6.2996	0e+00
alpha1	0.224545	0.018667	12.0289	0e+00
beta1	0.761419	0.017670	43.0909	0e+00

### Robust Standard Errors:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
mu	0.001009	0.000239	4.2149	0.000025
omega	0.000012	0.000004	2.8422	0.004481
alpha1	0.224545	0.038154	5.8853	0.000000
beta1	0.761419	0.042020	18.1205	0.000000

- Suma coeficienților este subunitara,  $\alpha_1 + \beta_1 = 0.985964$ , condiție necesară pentru ca procesul să se întoarcă la medie (să fie *mean reverting*). În cazul în care suma coeficienților ARCH și GARCH ar fi fost supraunitară seria nu putea fi modelată prin GARCH. Valoarea foarte apropiată de 1 arată că procesele ce generează aceste serii se întorc la medie foarte încet.
- Coeficienții estimați din ecuația dispersiei sunt statistic semnificativi la valori ale foarte mici pentru *p-value*.



## Testul LM (Lagrange multiplier)

### ARCH LM Tests

	Statistic	DoF	P-Value
ARCH Lag[2]	13.74	2	0.0010378
ARCH Lag[5]	22.76	5	0.0003745
ARCH Lag[10]	29.96	10	0.0008687

- Testul LM (Lagrange multiplier), prin care se poate demonstra existența altor efecte ARCH rămase în valorile reziduale, verifică ipoteza nulă pentru lag-urile 2, 5 și 10.

## Testul Q-statistic

### Q-Statistics on Standardized Residuals

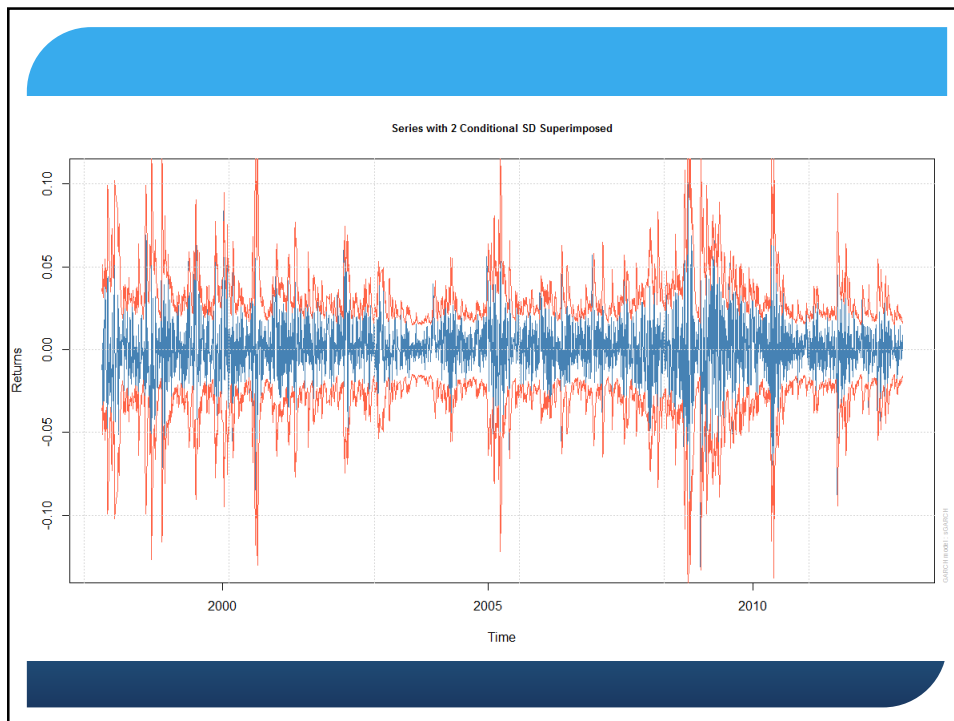
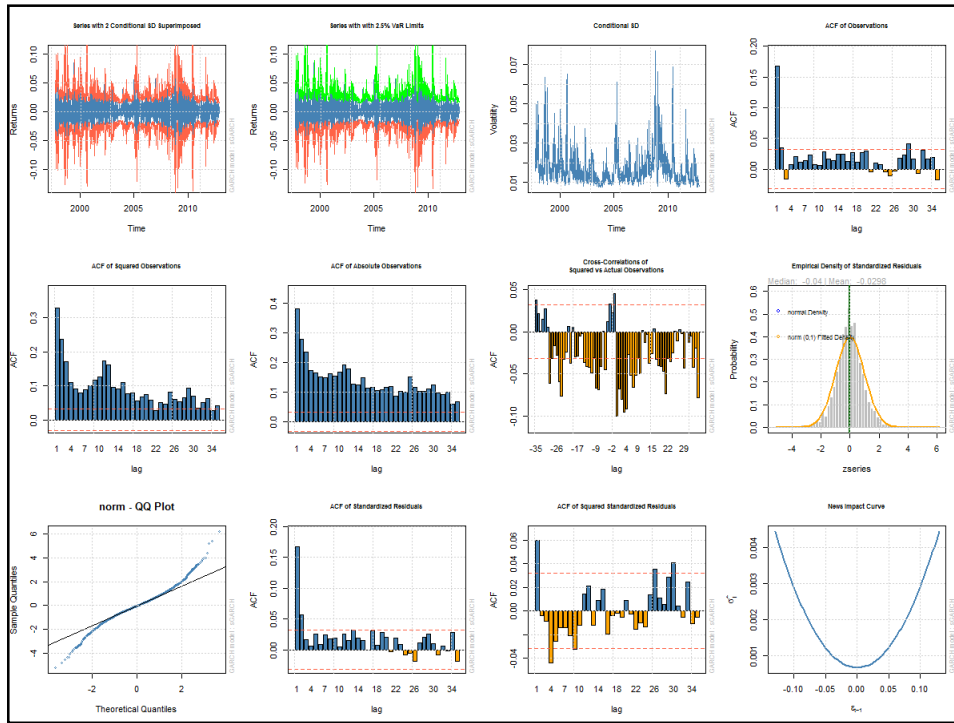
	statistic	p-value
Lag10	128.1	0
Lag15	137.6	0
Lag20	145.7	0

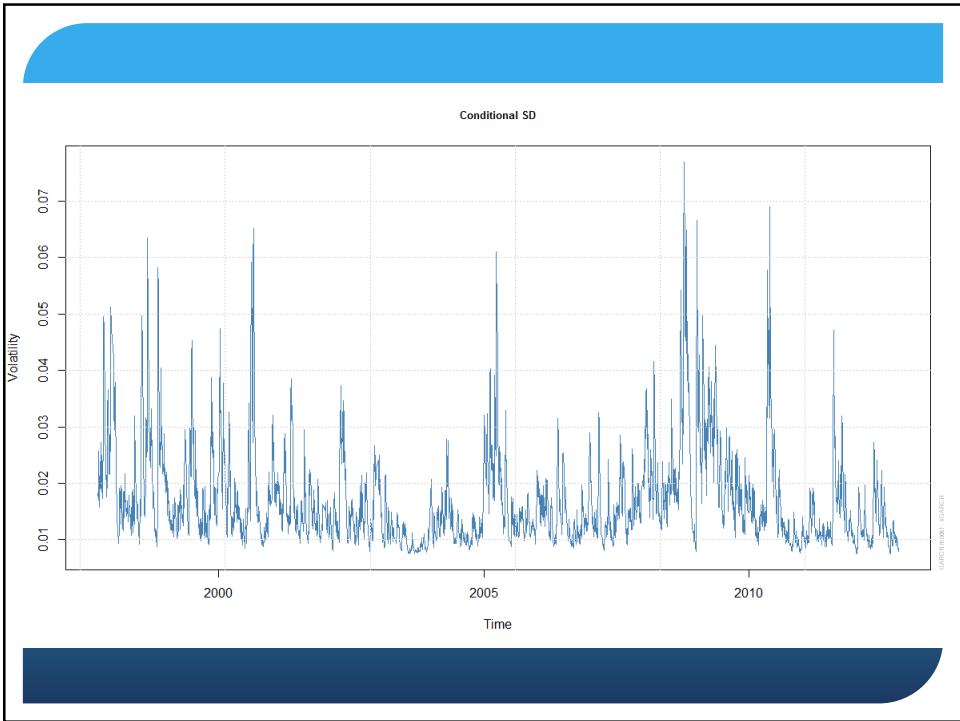
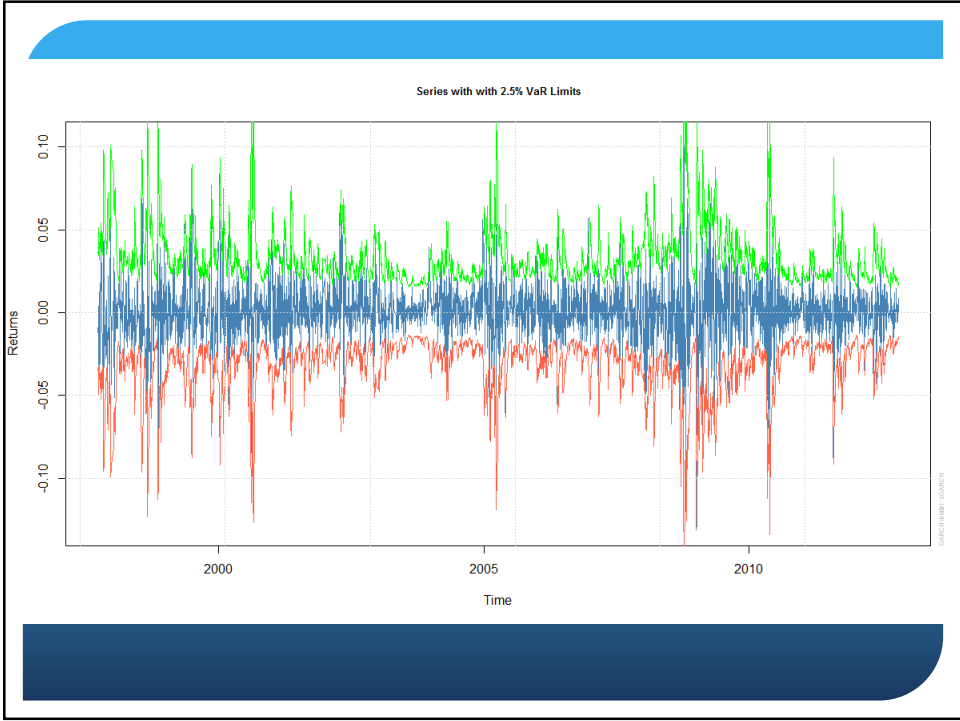
H0 : No serial correlation

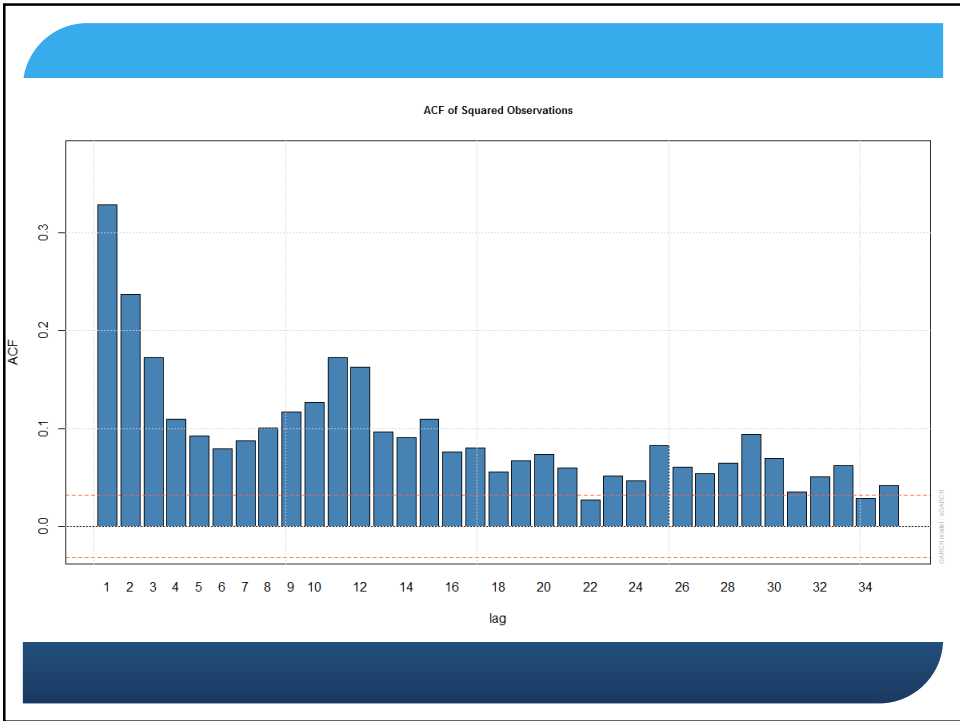
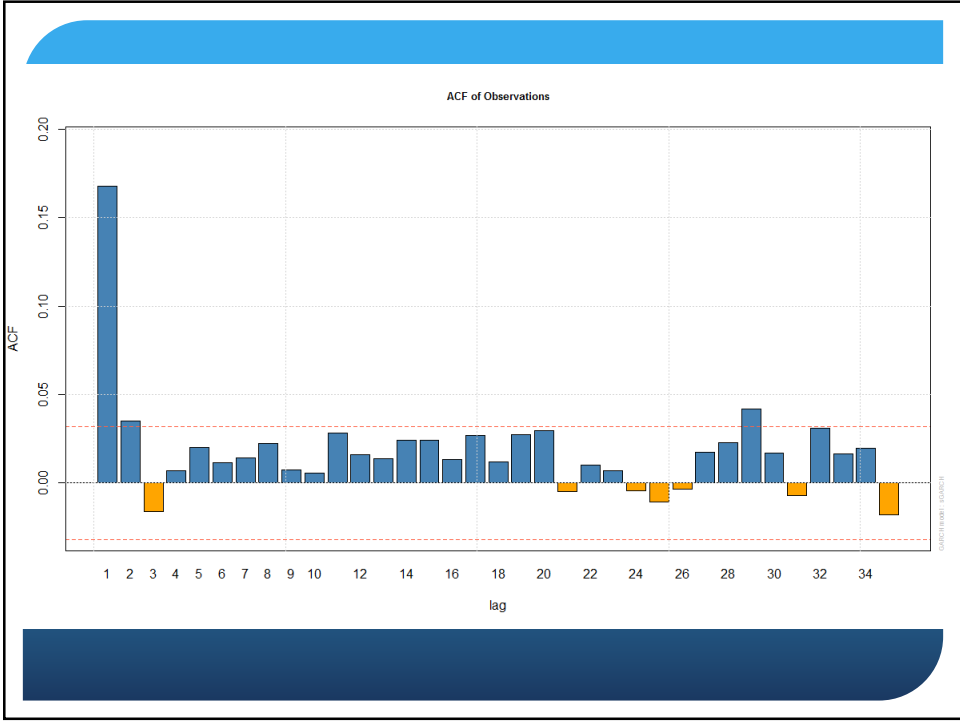
### Q-Statistics on Standardized Squared Residuals

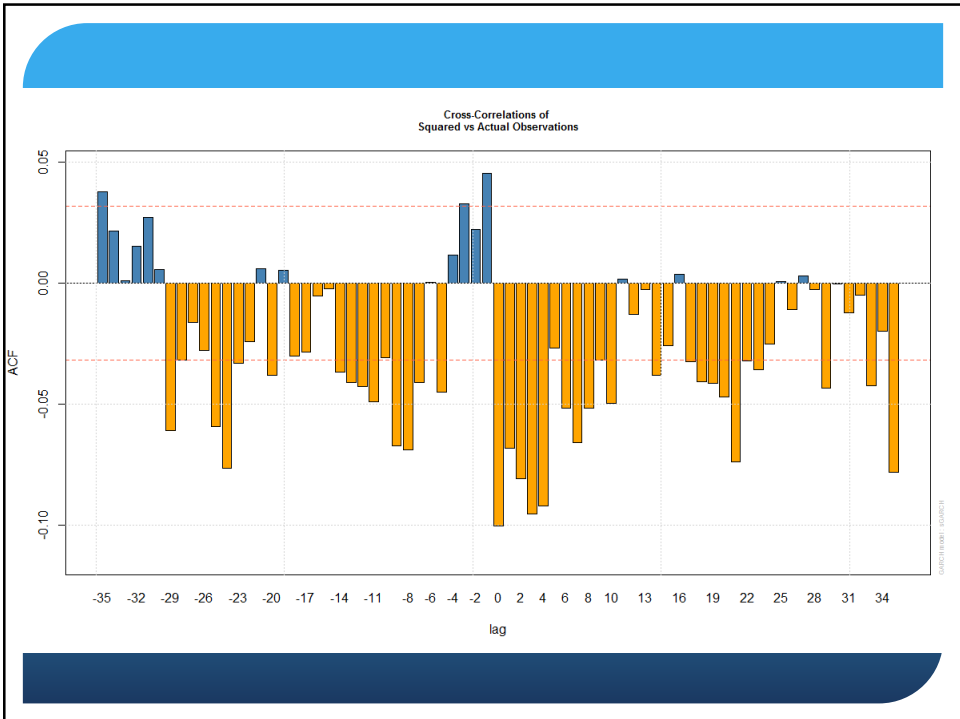
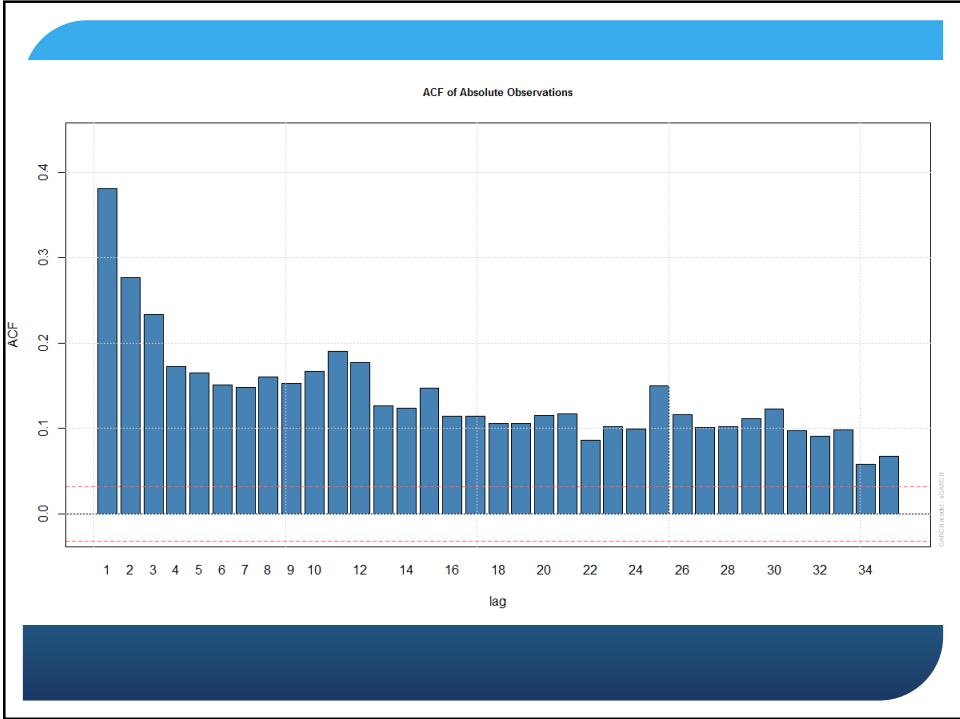
	statistic	p-value
Lag10	31.37	0.0005093
Lag15	36.04	0.0017424
Lag20	38.03	0.0087709

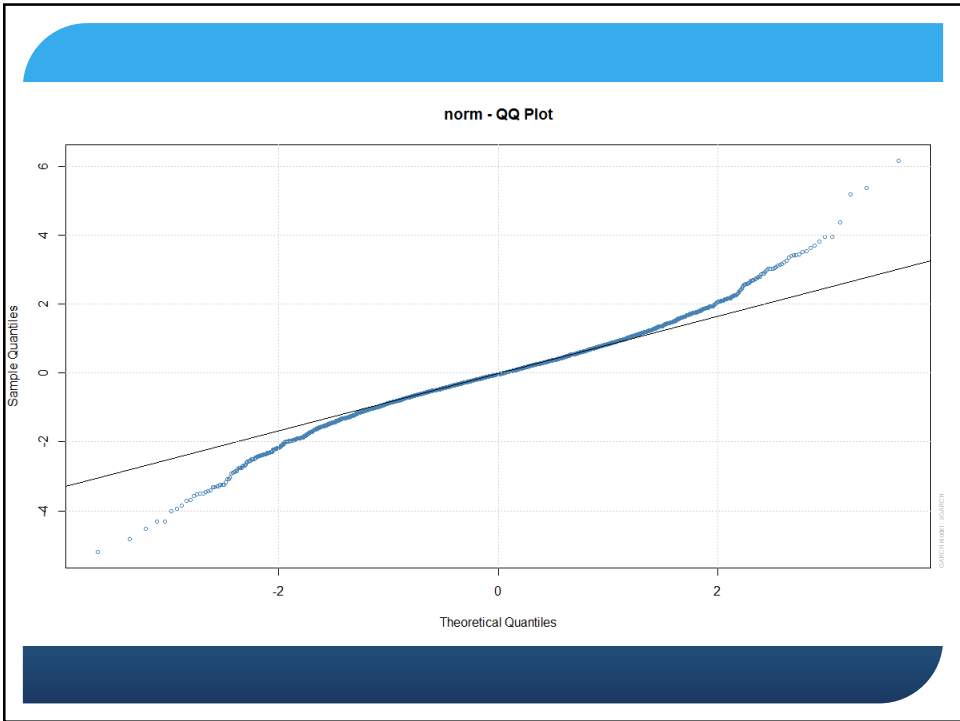
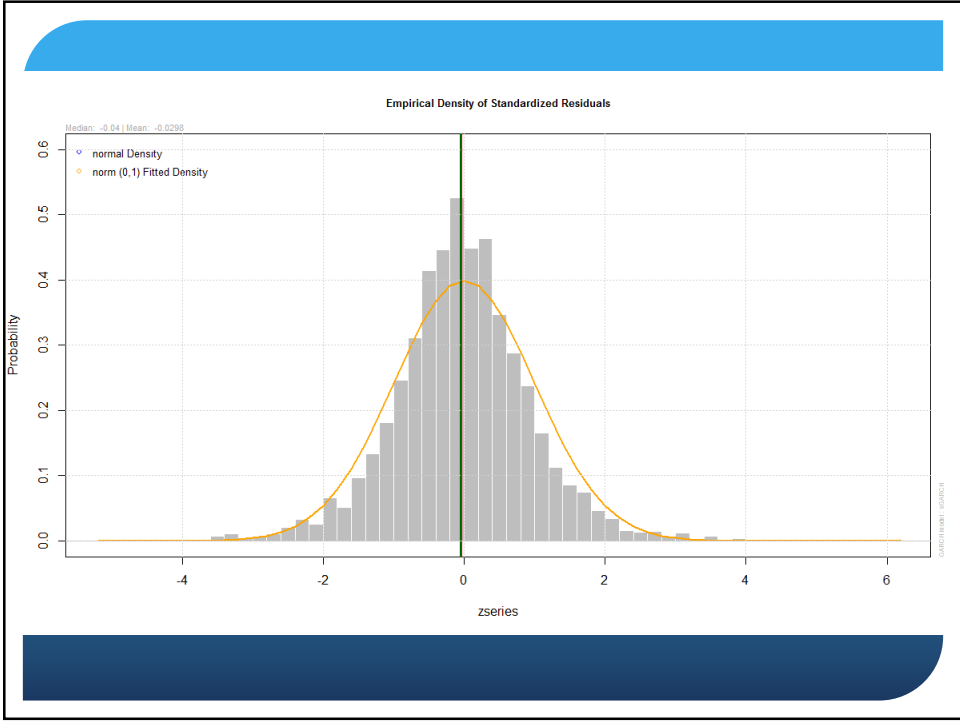
- Testul Q-statistic corespunzător ipotezei nule arată că nu există autocorelație între valorile reziduale pentru lag-urile 10, 15 și 20.

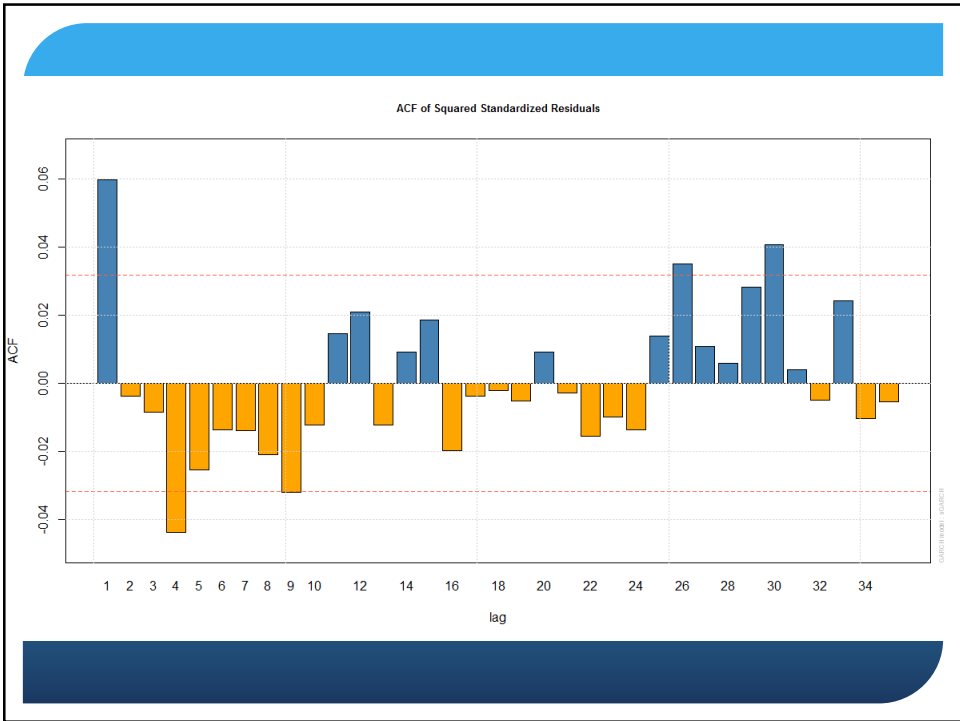
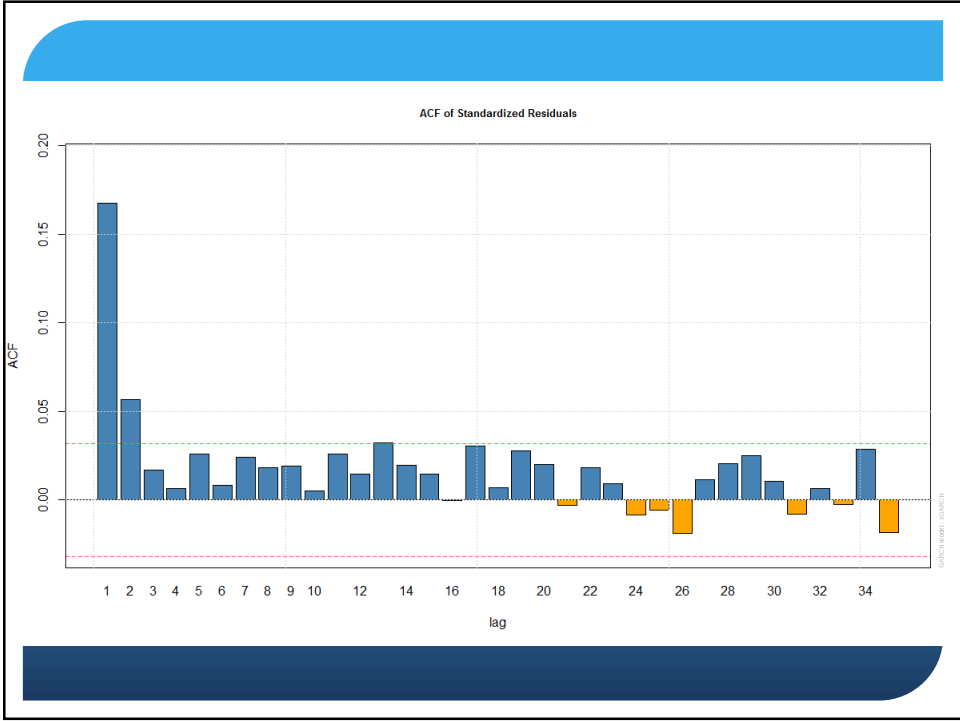


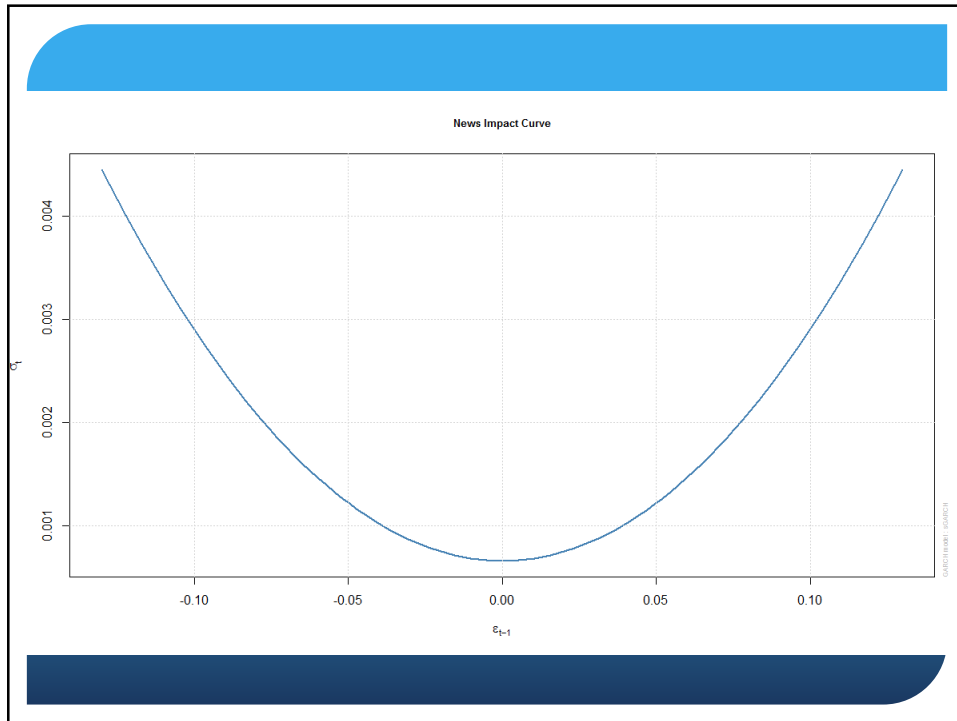












## Concluzii

- Modelul GARCH(1,1) este cel mai potrivit pentru seria de date a indicelui BET.



## Concluzii

- “R is the most powerful and flexible statistical programming language in the world”. - Norman Nie, co-founder of SPSS in the late 1960's, currently, CEO and president of Revolution Analytics, a company that provides commercialized versions of R programs
- Universitatea Washington, prin prof. Eric Zivot și Robert Richards, utilizează pachetul ruGARCH și R pentru cursul *Financial Econometrics and Quantitative Risk Management*
- La nivel mondial, R se utilizează tot mai des în Institutele oficiale de statistică.
- Companii care utilizează R: Pfizer, Shell, Facebook, Google, Mozilla, Times, The New York Times, The Economist, NewScientist, Lloyd's, Bing, Johnson&Johnson

## Noi utilizatori în România

- Pentru moment în România...
  - Există un mic grup de utilizatori în INS implicați instituțional în *small area estimation* pe baza tehnicilor R.
  - la Facultatea de Științe Economice din Universitatea Ecologică, din anul 2012, utilizăm R ca aplicație pentru *Managementul Portofoliului*.
  - există sporadic și încercări personale de utilizare a R.

Mulumim!

Daca doriti sa va alaturati echipei  
din R-omania ne puteti contacta  
la: [romanian.r.team@gmail.com](mailto:romanian.r.team@gmail.com)

**R**omanian Team