

Autokorelácia výnosnosti vybraných svetových akciových indexov

Stock return autocorrelation of selected world stock indices

Dana PANČUROVÁ

Abstrakt

V príspevku skúmame prítomnosť autokorelácie v denných výnosoch štyroch akciových indexov rozvinutých trhov. Použitím skoro 20 rokov údajov pomocou lineárnych a kvantilových autoregresných modelov overujeme, ako výnosy v čase $t-1$ sú asociované s výnosmi a kvantilmi výnosov v čase t . Výsledky naznačujú prítomnosť určitého asymetrického efektu, keďže extrémne vysoké výnosy majú tendenciu nasledovať po poklesoch, avšak to isté nie je možné povedať o extrémne nízkych výnosoch, ktoré s úrovňou predchádzajúcich výnosov výrazne nesúvisia.

Kľúčové slová

denné výnosnosti akciového indexu, autoregresný model, kvantilová regresia

Abstract

The aim of this study is to analyze the presence of autocorrelation in daily returns of four stock developed market indices. With the use of linear and quantile autoregressive models, and with nearly 20 years of available data, we verify how returns at time $t-1$ are associated with returns and quantiles of returns at time t . The results indicate the presence of a certain asymmetric effect, as extremely high returns tend to follow declines, but the same cannot be said of extremely low returns, which are not related to the level of previous returns.

Key words

daily stock index returns, autoregression model, quantile regression

JEL Classification

C22, G14

Úvod

Finančné časové rady môžu byť charakteristické vysokou mierou autokorelácie. Autokorelácia obecné znamená existenciu závislosti danej hodnoty časového radu na jednej alebo viacerých predchádzajúcich hodnotách toho istého časového radu. Ak sa obmedzujeme na závislosť medzi pozorovaním v čase t a pozorovaním v čase $t-1$ toho istého časového radu, ide o autokoreláciu prvého stupňa. Úlohou analýzy časových radov je v tomto prípade nájsť model dostatočne opisujúci túto štatistickú vlastnosť finančných časových radov. Informácia o autokorelačnej štruktúre výnosov nám môže pomôcť lepšie pochopiť, ako sa tvorí cena aktív na trhu, nakoľko je to predpovedateľný proces, prípadne či v čase poklesov je následnosť viacerých poklesov viac (vyššia miera autokorelácie) alebo menej (menšia miera autokorelácie) pozorovateľná.

Existujúca literatúra sa tejto problematike venovala, pričom pre účely tohto článku si štúdie môžeme rozdeliť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria štúdie, ktoré skúmali vplyv oneskorenej výnosnosti akciového indexu (dennej, týždennej, či mesačnej) na výnosnosť za predpokladu že sledujeme podmienený priemer. Ide napríklad o štúdie od autorov Campbell et al. (1997) [2] alebo Lewellen (2002) [5]. Druhú skupinu tvoria štúdie, ktoré využívajú aj kvantily. Príkladom môže byť štúdia od autorov Baur, Dimpfl a Jung (2012) [1], kde skúmali závislosť výnosov jednotlivých akcií akciového indexu Dow Jones Stoxx 600 na predchádzajúcich hodnotách výnosov, a to s použitím kvantilovej autoregresie.

V tomto príspevku chceme skúmať vplyv oneskorenej dennej výnosnosti v čase $t-1$ na dennú výnosnosť vybraných akciových indexov (FTSE, GDAXI, N225, SPX) v čase t (daily stock index returns). Pri analýze dennej výnosnosti akciových indexov sme sa rozhodli využiť kvantilovú autoregresiu prvého rádu a porovnať takto získané odhady s tými, ktoré dostaneme použitím štandardného lineárneho autoregresného modelu.

1. Použitá metodológia

Uvažujme autoregresný proces prvého rádu, t. j. AR(1) model, ktorý môžeme vyjadriť vo forme:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + u_t \quad \text{pre } t = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

kde y_t je závislá premenná, y_{t-1} je o jedno obdobie oneskorená premenná y_t , ktorá vystupuje v úlohe nezávislej premennej; a_0 je konštanta modelu, a_1 je autoregresný parameter a u_t je náhodná zložka.

V našom prípade skúmame vplyv oneskorenej výnosnosti v čase $t-1$ na výnosnosť v čase t . Hodnota koeficientu a_1 nám odpovedá sa na otázku, nakoľko výnosnosť v čase $t-1$ je asociovaná s výnosnosťou v čase t . Klasický regresný model odhaduje, ako v priemere jednotlivé nezávislé premenné vplyvajú na závislú premennú. Klasický lineárny model ale nedokáže zodpovedať otázku, či priemerná výnosnosť v čase $t-1$ ovplyvňuje výnosnosť v čase t rovnako, keď je priemerná výnosnosť v čase t nízka alebo vysoká.

Regresné koeficienty kvantilovej regresie podľa [4] odhadujú zmenu v danom kvantile vysvetľovanej závislej premennej vyvolané jednotkovou zmenou vysvetľujúcej premennej. Týmto spôsobom je možné skúmať ako jednotlivé kvantily výnosnosti akciového indexu v čase t môžu byť viac ovplyvnené výnosnosťou toho istého akciového indexu v čase $t-1$ ako iné kvantily výnosnosti akciového indexu v čase t .¹

2. Charakteristika použitých dát

V analýze sme sa zamerali na štyri najvýznamnejšie akciové indexy sveta; britský akciový index FTSE, z nemeckých to je akciový index DAX, potom japonský NIKKEI 225 a americký S&P 500. Základné informácie o každom indexe sú zachytené v Tabuľke 1. Výnosy sme počítali ako:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}} \times 100 \quad (2)$$

kde $P_{i,t}$ je uzatváracia hodnota akciového indexu i v čase t , $p_{i,t-1}$ je uzatváracia hodnota akciového indexu i v čase $t-1$. Na analýzu nám poslúžia denné uzatváracie hodnoty (closing values). Vzorku tak tvoria hodnoty časového radu od 3. januára 2000 do 2. júla 2019. Počet pozorovaní pre jednotlivé indexy je v Tabuľke 1.

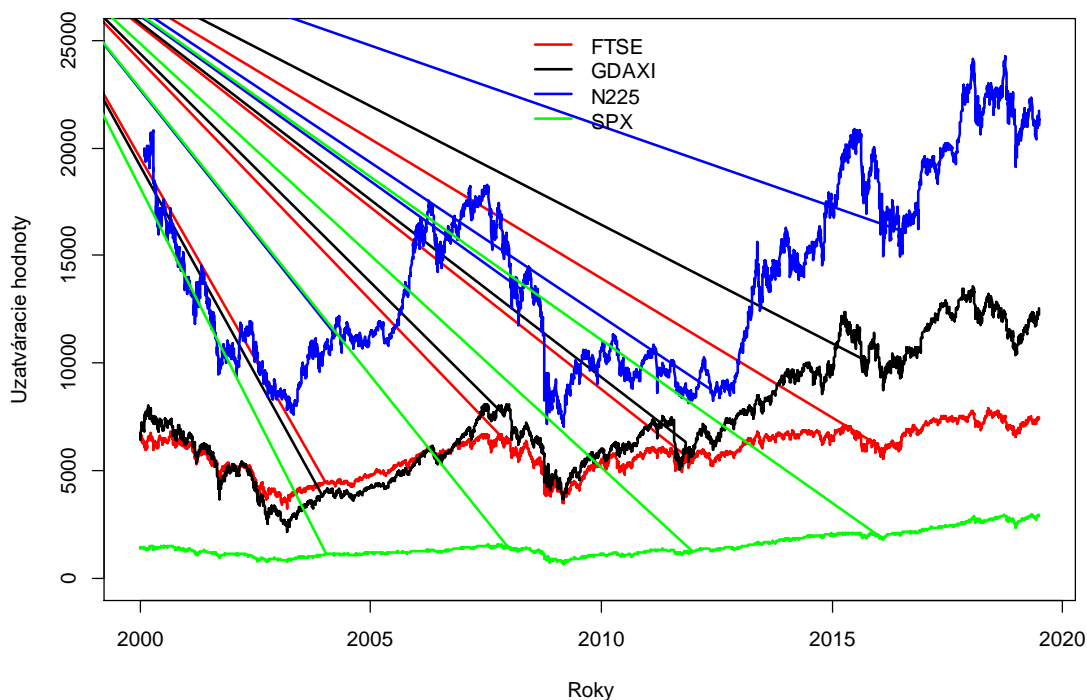
Tabuľka 1: Prehľad vybraných akciových indexov

Akciový index	Symbol	Trh	Počet titulov v indexe	Počet pozorovaní
FTSE 100	FTSE	britský	100	4916
German DAX	GDAXI	nemecké	30	4945

¹ Pri tvorbe modelov sme využili prostredie programovacieho jazyka R.

Nikkei 225	N225	japonský	225	4746
S&P 500	SPX	americký	500	4893

Zdroj: vlastné spracovanie



Obrázok 1: Denné uzatváracie hodnoty akciových indexov (FTSE, GDAXI, N225, SPX)
Zdroj: vlastné spracovanie

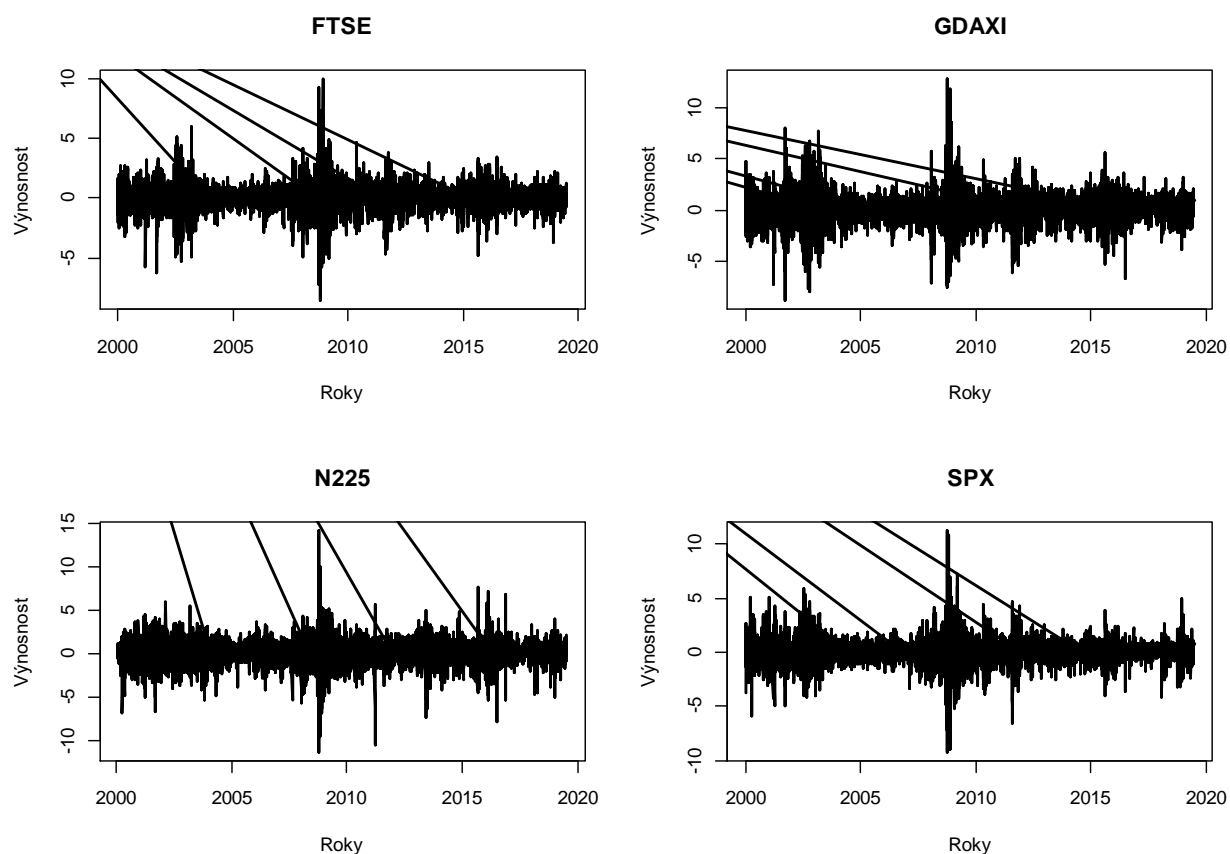
Na základe obrázku historického vývoja denných uzatváracích hodnôt všetkých 4 sledovaných akciových indexov môžeme povedať, že svoj vrchol dosiahli v roku 2000. Následne 4 roky oslabovali a v roku 2004 dosiahli dno. Od roku 2004 posilňovali a v roku 2008 dosiahli druhé dno. Tento trend jasne vidno na Obrázku č. 1 pri indexoch N225, GDAXI, aj FTSE. Pri indexe SPX to na obrázku nevidíme, potrebné je použiť inú mierku.

Ďalej sa ale zameriame na dennú výnosnosť týchto akciových indexov než na absolútne hodnoty indexov. Dôvod spočíva v tom, že kým absolútne hodnoty sú považované za realizácie z nestacionárneho procesu, tak o výnosoch akciových indexov je známe, že v nich nie je prítomný jednotkový koreň. To si žiada transformáciu údajov podľa vzorca (2). Tabuľka 2 obsahuje deskriptívne štatistiky dennej výnosnosti. Obrázok 2 zobrazuje vývoj výnosnosti akciových indexov v čase.

Tabuľka 2: Deskriptívna štatistika výnosnosti akciových indexov

Štatistika	FTSE	GDAXI	N225	SPX
Priemer	0,010	0,024	0,013	0,022
Štandardná odchýlka	1,139	1,451	1,492	1,188
Šikmosť	-0,025	0,097	-0,246	-0,021
Špicatosť	9,638	9,060	9,263	11,420
Minimum	-8,540	-8,775	-11,406	-9,234
Maximum	9,949	12,780	14,150	11,229
5. percentil	-1,769	-2,296	-2,330	-1,861
25. percentil	-0,528	-0,646	-0,721	-0,461
50. percentil	0,033	0,069	0,039	0,053
75. percentil	0,575	0,735	0,815	0,568
95. percentil	1,695	2,199	2,231	1,700

Zdroj: vlastné spracovanie, údaje z databázy Oxford-Man Institute's realized library [3]



Obrázok 2: Výnosy akciových indexov (FTSE, GDAXI, N225, SPX)

Zdroj: vlastné spracovanie

3. Empirické výsledky

Tabuľka 3 obsahuje výsledky odhadov autoregresných koeficientov. Stĺpec OLS obsahuje výsledky zo štandardného lineárneho modelu, časť s označením Kvantily obsahuje odhady autoregresných koeficientov pre jednotlivé kvantily, resp. pre 1., 5., 10., 25., 50., 75., 90., 95. a 99. percentil. Tieto koeficienty sú zobrazené pre každý skúmaný akciový index.

Tabuľka 3: Autoregresné koeficienty z OLS modelu a kvantilovej regresie

	OLS	Kvantily								
		0,01	0,05	0,10	0,25	0,50	0,75	0,90	0,95	0,99
FTSE	-0,023	0,159	0,057	0,055	0,032	-0,012	-0,070	-0,127	-0,096	-0,082
GDAXI	0,008	0,255	0,140	0,148	0,081	-0,002	-0,033	-0,090	-0,121	-0,149
N225	-0,033	0,184	0,077	0,055	0,006	-0,036	-0,077	-0,090	-0,117	-0,181
SPX	-0,069	0,046	0,004	0,036	-0,004	-0,056	-0,108	-0,134	-0,208	-0,231

Zdroj: vlastné spracovanie

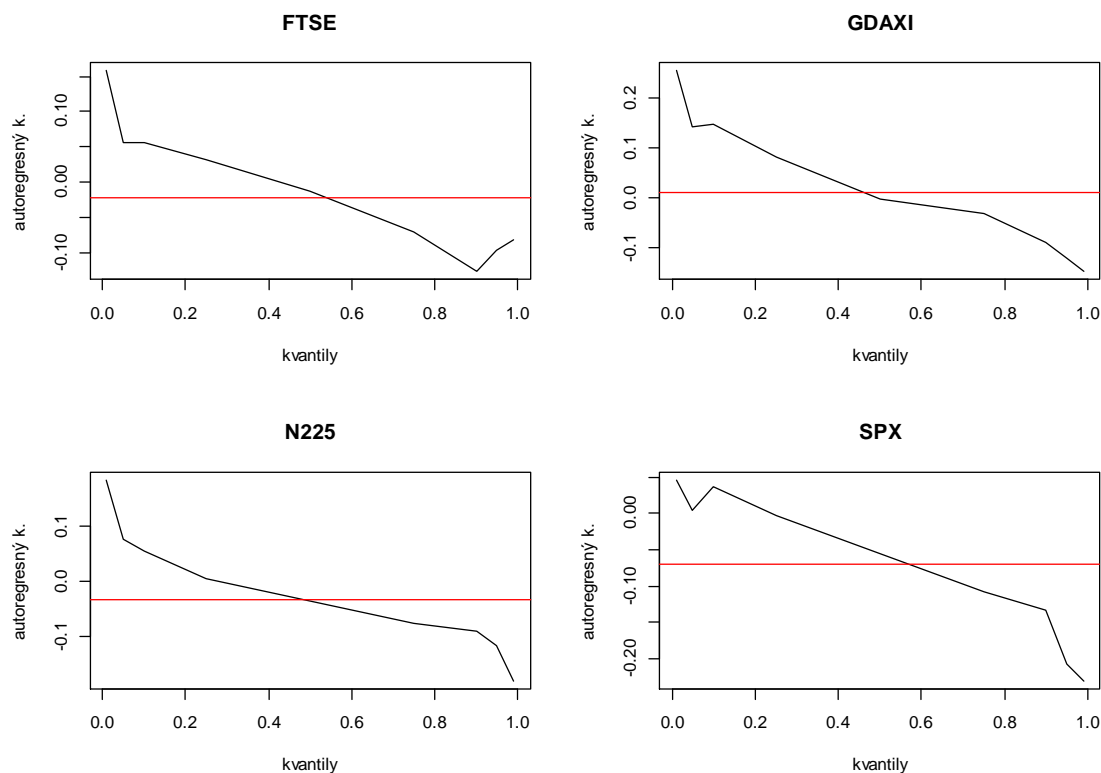
V Tabuľke 3 môžeme pozorovať niekoľko zásadných výsledkov. V prvom rade je zrejmé, že odhad autoregresného koeficientu pre centrálny kvantil (50. percentil) a rovnako aj odhad z OLS modelu (červenou na Obrázku 3) je vo všetkých prípadoch blízko pri nule. Inak povedané, ak by sme odhadli iba OLS model, resp. iba kvantilovú regresiu pre 50 percentil, tak by sme nenašli prítomnosť autokorelácie vo výnosoch. Takýto výsledok je v súlade s hypotézou o efektívnych trhoch, ktorej jedným z dôsledkov je, že výnosy na akciových trhoch by nemali byť predpovedateľné, t. j. autokorelácia by mala byť prakticky nulová.

Druhý zaujímavý výsledok je, že hodnota autoregresného koeficienta sa mení v závislosti od kvantilu. Pre nižšie kvantily je nameraná hodnota autoregresných koeficientov kladná. Naopak pre vyššie kvantily je hodnota autoregresných koeficientov záporná. Tento výsledok teda naznačuje, že odpoveď na otázku perzistencie výnosov do značnej miery závisí od toho, perzistencia akých výnosov nás zaujíma; tých extrémne vysokých (kvantily vyššie ako 90 percentil), alebo extrémne nízkych (kvantily menšie ako 10 percentil).

Po tretie, v absolútnom ponímaní je efekt pre vyššie kvantily spravidla silnejší ako pre nízke kvantily. Výnimkou je snáď iba nemecký akciový index DAX. Tento výsledok ukazuje, že

v prípade vysokých výnosov, ich výška zvykne byť asociovaná s menšími, zápornými výnosmi. Tento výsledok je v súlade s tzv. price reversal efektom, teda po záporných výnosoch nasleduje kladný výnos. Zároveň tento výsledok ukazuje, že tento efekt neplatí pre extrémne nízke (záporné) výnosy, teda ich veľkosť sa zdá sa nezávisí od hodnoty výnosov v predošlom období.

Výsledné modely sme neposudzovali z hľadiska štatistickej významnosti, čo by ale malo byť predmetom ďalšieho skúmania. Overovanie štatistickej významnosti neovplyvní samotné odhady koeficientov, ale len štandardnú chybu regresných koeficientov. Na druhej strane informácia o štatistickej významnosti je určite užitočná, no v prípade kvantilových regresných modelov budeme musieť pokračovať podobne ako Baur et al. (2012), t. j. použiť stacionárny bootstrap.



Obrázok 3: Odhady autoregressných koeficientov
Zdroj: vlastné spracovanie

Záver

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť prítomnosť autokorelácie vo výnosnosti akciových indexov. Vytvorené boli autoregresné modely pre akciové indexy FTSE, GDAX, NI225, SPX; použité boli denné dáta v období od 3.1.2000 do 2.7.2019. Ako vysvetľovaná premenná bola

použitá výnosnosť akciového indexu v čase t . Ako vysvetľujúca premenná sa použila výnosnosť toho istého akciového indexu v čase $t-1$.

Odhad autoregresného koeficientu pre centrálny kvantil (50. percentil) a rovnako aj odhad z OLS modelu je podľa očakávaní blízko pri nule. Inak povedané, ak by sme odhadli iba OLS model, tak by sme nenašli prítomnosť autokorelácie vo výnosoch. Odhady autoregresných koeficientov sa vo všetkých prípadoch menia v závislosti od kvantilu. Pre nižšie kvantily je nameraná hodnota autoregresných koeficientov kladná. Naopak pre vyššie kvantily je hodnota autoregresných koeficientov záporná. V absolútnom ponímaní je efekt pre vyššie kvantily spravidla silnejší ako pre nízke kvantily. Výnimkou bol iba nemecký akciový index DAX.

Použitá literatúra

[1] BAUR, D. G. – DIMPFL, T. – JUNG, R. C. 2012. Stock return autocorrelations revisited: A quantile regression approach. In *Journal of Empirical Finance*, vol. 19, no. 2, pp. 254–265.

[2] CAMPBELL, J.Y. – LO, A.W. – MacKinley, A.C. 1997. *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton: Princeton University Press, 1997. ISBN-13 978-0-691-04301-2.

[3] HEBER, G. – LUNDE A. – SHEPHARD, N. – SHEPPARD, K. 2009. Oxford-Man Institute's realized library, Library Version 0.3, Oxford-Man Institute, University of Oxford. Dostupná online <https://realized.oxford-man.ox.ac.uk/data>.

[4] KOENKER, R. - BASSETT Jr., G. 1978. Regression quantiles. In *Econometrica*, vol. 46, no. 1, pp. 33–50.

[5] LEWELLEN, J. 2002. Momentum and Autocorrelation in Stock Returns. In *The Review of Financial Studies*, vol. 15, no. 2, pp.533–564.

Kontaktné údaje

Ing. Dana Pančurová
Katedra matematických metód a manažérskej informatiky
Fakulta manažmentu
Prešovská univerzita v Prešove

ul. Konštantínova 16
080 78 Prešov
dana.pancurova@smail.unipo.sk