

Michaela Chocholatá

ANALÝZA PREVIAZANOSTI NEMECKÉHO A ČESKÉHO AKCIOVÉHO TRHU S VYUŽITÍM MODELOV TRIEDY ARCH¹

Abstract: *Analysis of financial time series of stock returns represents a very attractive issue for investors. In this context, it is necessary to accent, that for an investor it is not enough to have the information about the future value of an asset. The subject of the investor's interest will be also the information about the variance of returns during the holding of a concrete asset. Since the unconditional mean does not offer such information, the investor will be interested in the development of conditional variance in order to estimate the riskiness of an asset during the specified period. Considering the international diversification, the information about linkages between individual markets plays an important role. The main aim of the paper is to use the models GJR-GARCH and DCC-GARCH for analysis of stock returns of DAX and PX. The introduction to the problem is followed by methodological aspects; there are characterized data used for the analysis. The paper also includes the empirical results of the analysis; the presented results confirm the adequate use of univariate GJR-GARCH models. Quite high values of conditional correlation coefficients indicate quite considerable linkages between the German and Czech stock markets.*

Keywords: *stock index, GJR-GARCH model, DCC-GARCH model*

JEL: C 58, G 15

Úvod

Časové rady burzových indexov možno zaradiť medzi finančné časové rady, ktoré sú zaznamenávané s pomerne vysokou frekvenciou. Ich typickou črtou je nestacionarita, čo znamená, že analyzovaná premenná nemá tendenciu vrátiť sa k nejakej konštantnej hodnote, prípadne k trendu. Častejšie sú však predmetom analýz časové rady výnosov, ktoré sú už spravidla stacionárne, vyznačujú sa však v čase sa meniacou variabilitou/volatilitou. Typické je striedanie turbulentných období s extrémnymi výkyvmi s pokojnými obdobiami. Volatilita má teda tendenciu vyskytovať sa v zhlukoch. Je možné domnievať sa, že táto premenlivosť variability je spôsoben-

¹ Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/0285/14: „Regionálne modelovanie ekonomického rastu krajín EÚ s dôrazom na modely priestorovej ekonometrie“.

ná dianím na finančných trhoch, ktoré veľmi citlivo reagujú na informácie rôzneho typu, napr. na hospodárske a politické zmeny, zmeny v monetárnej či fiškálnej politike, prírodné katastrofy či vojenské konflikty.

Pod pojmom volatilita zvyčajne rozumieme štandardnú odchýlku alebo rozptyl výnosov. V tejto súvislosti je tiež vhodné uviesť, že informáciu o volatilitate možno pri analýze finančných časových radov výnosov považovať za informáciu o vývoji rizika spojeného s investovaním. Existuje viacero prístupov k modelovaniu volatility finančných časových radov, pričom za významný medzník v tejto oblasti možno označiť dynamický prístup, ktorý je podstatou autoregresného podmienene heteroskedastického modelu ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), ktorého autorom je americký ekonometer Engle [7]. Podmieneny rozptyl (volatilita) v tomto modeli je funkciou štvorcov chýb (t. j. odchýlok od podmienenej strednej hodnoty) z predchádzajúcich období, a teda umožňuje zachytiť už spomínanú typickú vlastnosť – zhlukovanie volatility. Engle spolu s ďalším významným ekonometrom Grangerom v roku 2003 získali Nobelovu cenu za ekonómiu a Engleho publikácie možno tiež považovať za kľúčové aj z hľadiska vzniku novej vednej disciplíny finančnej ekonometrie.

V súčasnosti existuje značné množstvo publikácií venujúcich sa problematike modelov ARCH, neustále vznikajú nové modifikácie týchto modelov a je takmer nemožné uviesť ich úplný prehľad. Bollerslev [6] poskytuje abecedný encyklopedický prehľad veľkého množstva publikovaných modelov triedy ARCH vrátane vysvetlenia použitých skratiek a odvolávok na autorov jednotlivých modelov. Zo slovenských publikácií možno spomenúť monografiu Rublíková a Príhodová [13], ktorej súčasťou je aj modelovanie volatility pomocou modelov triedy ARCH. Použitelnosť tejto triedy modelov v makroekonómii a finančnej analýze je veľmi široká, napr. pri analýze inflácie, výmenných kurzov, výnosov burzových indexov, pri štúdiu efektov intervencií centrálnych bánk, pri tvorbe optimálneho portfólia či value-at-risk analýze. Osobitnú popularitu získali tieto modely na začiatku 90. rokov 20. storočia po publikovaní zovšeobecnenej verzie modelu ARCH, t. j. modelu GARCH (Generalized ARCH) autora Bollersleva [5].

V literatúre sa rozlišujú v rámci modelov triedy ARCH modely lineárne a nelineárne (pozri napr. Arlt a Arltová [1]). V lineárnych modeloch volatility je podmienený rozptyl lineárnou funkciou oneskorených hodnôt štvorcov rezíduí. V dôsledku toho, že lineárne modely volatility neboli schopné zachytiť tzv. asymetrické efekty, t. j. rôzny vplyv pozitívnych a negatívnych šokov na podmienenú volatilitu, prichádzajú viacerí autori s formuláciou nelineárnych modelov volatility (odvolávky na autorov jednotlivých modelov možno nájsť napr. v Arlt a Arltová [1] a Bollerslev [6]). Významnými sú predovšetkým model EGARCH (Exponential GARCH), GJR-GARCH model či T(G)ARCH (Threshold (G)ARCH) model.

Popri jednorozmerných modeloch triedy ARCH boli vyvinuté i viacrozmerne modely volatility známe v literatúre pod označením MGARCH (Multivariate GARCH). Aplikácia modelov MGARCH je veľmi široká – z mnohých oblastí možno spomenúť napr. oblasť výberu portfólia, alokáciu aktív, výpočet value-at-risk

a analýzu prenosu volatility. Medzi významné aplikácie modelov MGARCH nesporne patrí tiež skúmanie previazanosti jednotlivých akciových trhov, overovanie vplyvu rôznych kríz na previazanosť týchto trhov či posúdenie prenosu „nákazy“ (pozri napr. Baumöhl, Farkašovská, Výrost [2], Horvath, Petrovski [10], Chocholatá [12] a Wang, Moore [14]), ako aj skúmanie interakcií medzi výmennými kurzami (pozri napr. Chocholatá [11]).

V súčasnosti existuje pomerne značné množstvo modifikácií viacrozmerných modelov MGARCH, pričom ich podrobný prehľad vrátane odvolávok na autorov jednotlivých modelov možno nájsť napr. v Bauwens, Laurent, Rombouts [4] a Xekalaki, Degiannakis [15]. Medzi najznámejšie modely MGARCH patrí model VECH (Vectorized GARCH), ktorý je viacrozmernou verziou jednorozmerného modelu GARCH, model BEKK zabezpečujúci pozitívnu definitnosť podmienenej variančno-kovariančnej matice a modely CCC-GARCH (Constant Conditional Correlation) a DCC-GARCH (Dynamic Conditional Correlation).

Cieľom tohto príspevku je jednak modelovanie volatility výnosov dvojice burzových indexov, a to nemeckého DAX a českého PX na báze jednorozmerných modelov GJR-GARCH, jednak analýza previazanosti tejto dvojice akciových trhov na báze viacrozmerného modelu DCC-GARCH. Predmetom analýzy sú týždenné údaje za obdobie január 2004 – september 2014. Po úvode do problematiky je pozornosť v 1. časti príspevku zameraná na metodologické východiská analýzy, a to jednorozmerné modely GJR-GARCH a viacrozmerné modely DCC-GARCH. Druhá časť príspevku je zameraná na charakteristiku dát použitých na analýzu, tretia časť obsahuje empirické výsledky analýzy a poslednú časť príspevku predstavuje záver.

1 Metodologické východiská

Ako sme už uviedli, typickou črtou finančných časových radov je ich nestacionarita. Predmetom záujmu analytikov však spravidla nie sú časové rady úrovne napr. burzových indexov, ale časové rady výnosov burzových indexov, ktoré sa vyznačujú v čase premenlivou volatilitou. V tejto súvislosti však treba zdôrazniť, že existuje viacero definícií pojmu „výnos aktíva“, pričom v tomto príspevku budeme pod pojmom výnos rozumieť tzv. spojitý (logaritmickej) výnos. Označme symbolom P_t uzatváraciu hodnotu burzového indexu v čase t , potom logaritmickej výnos r_t možno vypočítať nasledujúcim spôsobom:

$$r_t = \ln \frac{P_t}{P_{t-1}} = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = p_t - p_{t-1}, \quad (1)$$

kde $p_t = \ln(P_t)$. Dynamika vývoja vo finančných časových radoch výnosov, t. j. podmienená stredná hodnota sa zvykne najčastejšie popisovať pomocou Boxovej-Jenkinsovej ARMA (Autoregressive Moving Average) špecifikácie tak, aby po otestovaní Ljungovou-Boxovou Q-štatistikou rezíduá už neboli autokorelované. Existuje však viacero možných špecifikácií podmienenej strednej hodnoty a ARMA

model predstavuje len jednu z možností. V aplikačnej časti tohto príspevku budeme uvažovať so zahrnutím umelej premennej do modelu ARMA(m,n), t. j. ARMA(m,n) model v tvare

$$r_t = \omega_0 + \sum_{j=1}^m \phi_j r_{t-j} + \sum_{k=1}^n \theta_k \varepsilon_{t-k} + \psi D_t + \varepsilon_t, \quad (2)$$

kde ω_0 predstavuje konštantu, ϕ_j ($j=1,2,\dots,m$) a θ_k ($k=1,2,\dots,n$) sú parametre zodpovedajúceho ARMA(m, n) modelu, D_t je umelá premenná, ψ je parameter odrážajúci vplyv umelej premennej a ε_t má charakter náhodnej zložky.

Z pohľadu investora však informácia o prognóze budúcej hodnoty aktíva nie je dostatočná. Predmetom jeho záujmu bude prirodzene tiež informácia o rozptyle výnosu počas obdobia držby tohto aktíva. Nepodmienený rozptyl takúto informáciu neposkytuje, investor sa bude teda zaujímať o vývoj podmieneného rozptylu časového radu s cieľom odhadnúť rizikovosť aktíva počas určitého obdobia. Spomedzi širokého spektra jednorozmerných modelov volatility popíšeme v časti 1.1 model GJR-GARCH(p,q,r). Limitujúcim predpokladom pri modelovaní volatility výnosov pomocou jednorozmerných modelov triedy ARCH je skutočnosť, že modelujú podmienený rozptyl jednotlivých časových radov nezávisle od iných časových radov. Neumožňujú tak napr. zachytenie previazanosti medzi jednotlivými trhmi. V časti 1.2 popíšeme analýzu previazanosti akciových trhov pomocou modelu dynamickej podmienenej korelácie DCC-GARCH.

1.1 Model GJR-GARCH(p,q,r)

Podmienený rozptyl h_t popísaný pomocou jednorozmerného nelineárneho modelu GJR-GARCH(p,q,r), ktorého autormi sú Glosten, Jagannathan a Runkle [9], má tvar:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} + \sum_{k=1}^r \gamma_k \varepsilon_{t-k}^2 I_{t-k}^- \quad (3)$$

kde symboly α_0 , α_i ($i=1,2,\dots,q$), β_j ($j=1,2,\dots,p$) a γ_k ($k=1,2,\dots,r$) predstavujú odhadované hodnoty parametrov, symboly ε_{t-i}^2 ($i=1,2,\dots,q$), resp. ε_{t-k}^2 ($k=1,2,\dots,r$) označujú štvorce šokov z predchádzajúcich období a symbol h_{t-j} ($j=1,2,\dots,p$) podmienené rozptyly z predchádzajúcich období . Premenná

I_{t-k}^- ($k=1,2,\dots,r$) je definovaná nasledujúcim spôsobom: $I_{t-k}^- = \begin{cases} 1, & \text{ak } \varepsilon_{t-k} < 0 \\ 0, & \text{ak } \varepsilon_{t-k} > 0 \end{cases}$ za účelom vyjadrenia odlišného vplyvu pozitívnych šokov $\varepsilon_{t-k} > 0$ a negatívnych

šokov $\varepsilon_{t-k} < 0$ na podmienený rozptyl. Napríklad v prípade modelu GJR(0,1,1) je vplyv pozitívnych šokov vyjadrený hodnotou α_1 , vplyv negatívnych šokov hodnotou $\alpha_1 + \gamma_1$ [15]. Ak $\gamma_1 > 0$, znamená to, že negatívne šoky zvyšujú volatilitu a hovoríme o prítomnosti pákového efektu. Ak $\gamma_1 \neq 0$, hovoríme o asymetrickom vplyve šokov.

1.2 Model DCC-GARCH

Model DCC-GARCH, ktorého autorom je Engle [8], možno zaradiť do skupiny tzv. nelineárnych kombinácií jednorozmerných GARCH modelov. Ide o model, ktorý je odhadovaný v dvoch krokoch. V prvom kroku sú odhadované jednorozmerné modely triedy ARCH a v druhom kroku sú využité štandardizované rezíduá z prvého kroku pri výpočte podmienenej korelácie.

Podmienená variančno-kovariančná matica \mathbf{H}_t má v prípade DCC špecifikácie tvar:

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{D}_t \mathbf{R}_t \mathbf{D}_t \quad (4)$$

kde \mathbf{D}_t je diagonálna matica rozmeru $N \times N$ s v čase sa meniacimi štandardnými tzv. odchýlkami z modelov GJR-GARCH (resp. vo všeobecnosti z jednorozmerných modelov) na diagonále a \mathbf{R}_t je v čase sa meniacia korelačná matica obsahujúca podmienené korelačné koeficienty.

Vývoj korelácie v DCC modeli je možné popísať nasledujúcim vzťahom (pozri napr. Baumöhl, Farkašovská, Výrost [2] a Wang, Moore [14]):

$$\mathbf{R}_t = \text{diag}(\mathbf{Q}_t)^{-1/2} \mathbf{Q}_t \text{diag}(\mathbf{Q}_t)^{-1/2} \quad (5)$$

pričom

$$\mathbf{Q}_t = (1 - q_a - q_b) \bar{\mathbf{Q}} + q_a \mathbf{z}_{t-1} \mathbf{z}_{t-1}^T + q_b \mathbf{Q}_{t-1} \quad (6)$$

kde $\mathbf{Q}_t = \{q_{ij,t}\}$ predstavuje podmienenú variančno-kovariančnú maticu štandardizovaných rezíduí rozmeru $N \times N$, $\bar{\mathbf{Q}} = E(\mathbf{z}_t \mathbf{z}_t^T)$ nepodmienenú (t. j. v čase konštantnú) variančno-kovariančnú maticu a q_a a q_b označujú nezáporné skalárne parametre spĺňajúce podmienku $q_a + q_b < 1$. Typický prvok matice \mathbf{R}_t , t. j. podmienený korelačný koeficient $\rho_{ij,t}$ má tvar

$$\rho_{ij,t} = \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} q_{jj,t}}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \text{ a } i \neq j. \quad (7)$$

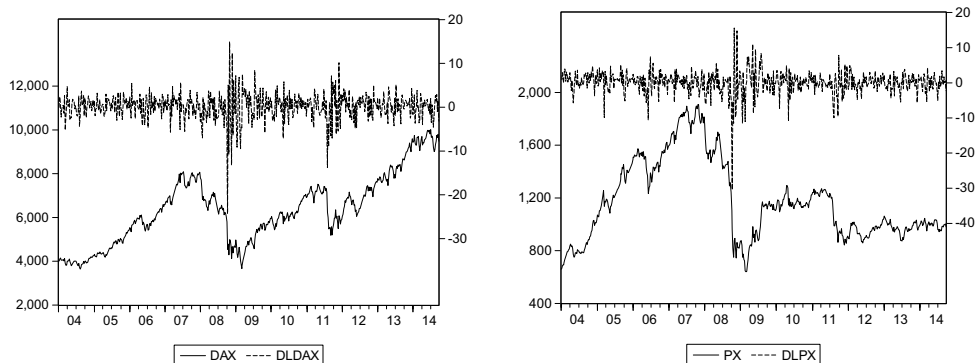
2 Dáta použité na analýzu

Predmetom príspevku je analýza týždenných hodnôt burzových indexov DAX a PX v období 2. 1. 2004 – 26. 9. 2014, čo predstavovalo 561 pozorovaní. Použitím týždenných údajov sme sa vyhli problémom spojeným s použitím denných údajov, ako napr. výskyt rôznych neobchodných dní či efekt jednotlivých dní týždňa. Údaje boli získané z internetovej stránky [17] a na analýzu bol využitý ekonometrický softvér EViews.²

Pri analýze sme vychádzali zo zlogaritmovaných hodnôt jednotlivých burzových indexov, pričom takto získané časové rady boli v prvom kroku otestované na existenciu jednotkového koreňa pomocou rozšíreného Dickeyho – Fullerovho (ADF) testu. Obidva analyzované časové rady logaritmov burzových indexov mali na hladine významnosti 1% nestacionárny charakter $I(1)$. Časové rady logaritmov výnosov vypočítané na základe vzťahu (1) a vynásobené hodnotou 100 % už boli stacionárne, t. j. $I(0)$.³ Celá nasledujúca analýza bola teda zrealizovaná pre časové rady logaritmov výnosov. Grafický priebeh vývoja časových radov jednotlivých burzových indexov a časových radov logaritmických výnosov⁴ je súčasťou obr. č. 1.

Obr. č. 1

Vývoj hodnôt burzových indexov a ich logaritmických výnosov



Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

Volatilita bola v čase premenlivá, na obr. č. 1 je zreteľne pozorovateľné zhlukovanie volatility, pričom najvyššia volatilita bola zaznamenaná v obdobiach charakteristických výraznými poklesmi hodnôt jednotlivých burzových indexov v októbri 2008, resp. v druhej polovici roka 2011.

² Odhad modelu DCC-GARCH bol zrealizovaný prostredníctvom modifikácie programu v EViews-e uvedeného na [16].

³ Výsledky ADF testu z priestorových dôvodov neuvádzame, autorka ich však na požiadanie môže poskytnúť.

⁴ Časové rady logaritmických výnosov sú v celom texte príspevku označené predponou DL, ktorá udáva, že ide o prvé diferencie časových radov logaritmov burzových indexov.

Vybrané deskriptívne štatistiky časových radov logaritmov výnosov obidvoch burzových indexov sú uvedené v tab. č. 1, pričom je zrejmé, že ich priemerné hodnoty sa pohybujú okolo nuly, štandardné odchýlky sú pomerne nízke (3,07 %, resp. 3,32 %), v obidvoch prípadoch ide o negatívne zošikmené pravdepodobnostné rozdelenia s vyššou špicatnosťou ako normálne rozdelenie. Z hodnôt Jarqueovej-Berovej štatistiky je zrejmé, že normalita rozdelenia nebola potvrdená pre žiadny z analyzovaných časových radov.

Tab. č. 1

Vybrané deskriptívne štatistiky logaritmických výnosov burzových indexov

	priemer	štand. odch.	šikmost'	špicatnosť	Jarque-Bera	p-hodnota
DLDAX	0,153462	3,07344	-1,1216	12,42628	2190,684	0,0000
DLPX	0,070888	3,32508	-1,5406	17,55530	5164,831	0,0000

Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

3 Empirické výsledky analýzy

Pred aplikáciou modelov triedy ARCH je dôležitá špecifikácia modelu podmienenej strednej hodnoty. Vzhľadom na vysokú volatilitu logaritmických výnosov bola do modelu podmienenej strednej hodnoty zaradená umelá premenná D_t nadobúdajúca hodnotu 1 v týždni končiacom 10. 10. 2008. Na základe autokorelačnej a parciálnej autokorelačnej funkcie s ohľadom na hodnoty Ljungovej-Boxovej Q-štatistiky boli identifikované vhodné modely ARMA(m,n), t. j. odhadované boli parametre modelu (2).

V tab. č. 2 sú uvedené odhady parametrov modelu podmienenej strednej hodnoty pre obidva časové rady logaritmických výnosov (zodpovedajúce t-štatistiky sú uvedené v zátvorkách) vrátane hodnôt Ljungovej-Boxovej Q-štatistiky pre 200 oneskorení (max. možná dĺžka oneskorenia v EViews), hodnoty ARCH LM testu pre 1 oneskorenie a hodnoty Jarqueho-Berovej štatistiky testujúcej normalitu rozdelenia. Pokiaľ ide o tvar odhadovaných modelov (2) pre analyzované časové rady, do modelu pre DLDAX nebolo nutné zahrnúť žiadne členy AR, resp. MA, v prípade modelu pre DLPX bol do modelu zaradený člen AR(4), čomu zodpovedajú aj odhady parametrov uvedené v tab. č. 2.

Tab. č. 2

Odhady parametrov modelov podmienenej strednej hodnoty a výsledky diagnostických testov

	DLDAX	DLPX
ω_0	0,1973 (1,6108)	0,1153 (0,7761)
ϕ_4	–	0,1280 (3,0237)
ψ	–24,5443 (–8,4684)	–29,9731 (–9,8557)
Q(200)	228,58	215,55
ARCH LM (1)	70,5487	43,8235
Jarque-Bera	315,2986	288,1589

Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

Na základe hodnôt Ljungovej-Boxovej Q-štatistiky možno tvrdiť, že rezíduá sú na hladine významnosti 1% až do oneskorenia 200 navzájom nekorelované (tabuľková hodnota $\chi^2_{0,01}(200) = 249,44$), hodnoty ARCH LM testu pre jedno oneskorenie indikujú existenciu autoregresnej podmienenej heteroskedasticity (tabuľková hodnota $\chi^2_{0,01}(1) = 6,635$) a hodnoty Jarqueho-Berovej štatistiky nesplnenie predpokladu o normálnom rozdelení. Vzhľadom na existenciu ARCH efektu bol pre obidva analyzované časové rady zvolený jednorozmerný model triedy ARCH. S cieľom zachytiť aj vplyv asymetrických efektov bol na modelovanie podmieneného rozptylu h_t využitý nelineárny model GJR-GARCH v tvare (3), ktorého použitie sa vzhľadom na štatistickú významnosť parametrov v prípade obidvoch analyzovaných časových radov preukázalo ako opodstatnené. Ako najvhodnejšie z pohľadu štatistickej významnosti parametrov a hodnôt informačných kritérií boli identifikované nasledujúce modely podmienenej volatility:

DLDAX: GJR-GARCH(1,0,1)

DLPX: GJR-GARCH(1,1,1)

Odhady parametrov modelov (2) a (3) pre každý z dvojice analyzovaných časových radov spolu s výsledkami diagnostických testov štandardizovaných rezíduí sú v tab. č. 3 (obsah zátvoriek je rovnaký ako v tab. č. 2).⁵ Štandardizované rezíduá boli vo všetkých troch prípadoch na hladine významnosti 1% až do oneskorenia 200 vzájomne nekorelované, ARCH LM testom sa nepotvrdila zvyšková heteroskedasticita, podmienka normality však aj naďalej ostáva porušená. Získané výsledky možno teda považovať za konzistentné len v zmysle kvázi metódy maximálnej vierohodnosti.

⁵ Vzhľadom na odhadované tvary modelov (2) a (3) pre DLDAX sú riadky zodpovedajúce odhadu parametra ϕ_4 (podobne ako v tab. č. 2) a tiež parametra α_1 označené symbolom „–“.

Tab. č. 3

Odhady parametrov modelov (2), (3) a výsledky diagnostických testov

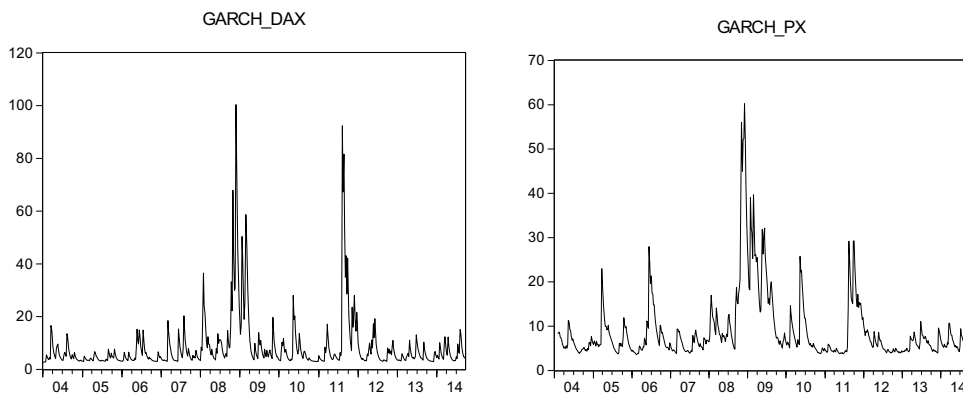
	DLDEX	DLPX
ω_0	0,1645 (1,5506)	0,0865 (0,6645)
ϕ_4	-	0,0565 (1,1868)
ψ	-17,5144 (-10,1781)	-25,1529 (-8,5362)
α_0	1,0774 (5,1739)	0,6507 (3,7399)
α_1	-	0,0973 (2,8493)
β_1	0,6376 (13,1046)	0,7846 (20,6995)
γ_1	0,4451 (5,8231)	0,0783 (2,1065)
Q(200)	189,78	220,85
ARCH LM (1)	0,3485	0,7135
Jarque-Bera	71,7035	115,6720

Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

Grafický priebeh podmienených rozptylov je súčasťou obr. č. 2. Z obr. č. 1 a tiež z priebehu hodnôt podmienených rozptylov znázornených na obr. č. 2 je zrejmé, že najvyššia volatilita bola zaznamenaná koncom roka 2008 a v druhej polovici roka 2011.

Obr. č. 2

Vývoj hodnôt podmienených rozptylov



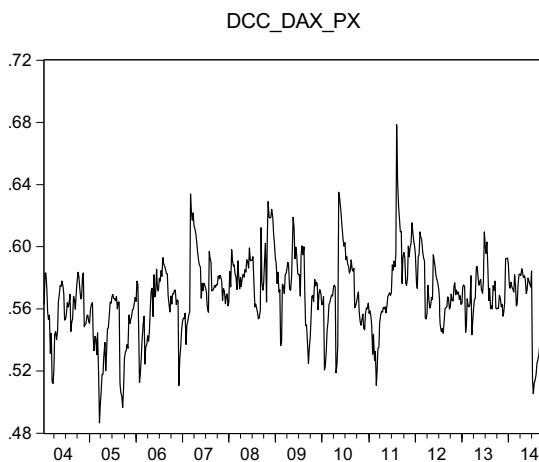
Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

S cieľom preskúmať previazanosť nemeckého a českého akciového trhu bola využitá koncepcia viacrozmerných modelov triedy ARCH, konkrétne bol odhadovaný model dynamickej podmienenej korelácie DCC-GARCH. Hodnota nepodmieneného korelačného koeficienta bola 0,6760, pričom Baumöhl, Lyócsa a Výrost [3] takúto hodnotu korelačného koeficienta považujú za indikátor stredne silnej závislosti medzi analyzovanými akciovými trhami. Grafické znázornenie DCC medzi nemeckým a českým akciovým trhom je súčasťou obr. č. 3.

Hodnoty DCC sa pohybovali medzi 0,4867 (25. 3. 2005) a 0,6786 (12. 8. 2011), pričom od začiatku analyzovaného obdobia do konca roka 2006 sa pohybovali v priemere na nižšej úrovni ako v nasledujúcom období. Obdobie krízy bolo síce spojené s nárastom hodnôt DCC, nemožno však hovoriť o ich jednoznačne rastúcej tendencii, t. j. o prehľbovaní previazanosti analyzovanej dvojice akciových trhov počas tohto obdobia. Dianie na finančných trhoch bolo turbulentné aj po ustálení finančnej krízy, predovšetkým v roku 2011 (pozri obr. č. 1 a obr. č. 2) v dôsledku šírenia suverénnej dlhovej krízy v eurozóne, čo sa prejavilo vysokými hodnotami DCC. Mierne turbulentný vývoj na finančných trhoch bol charakteristický aj pre obdobie rokov 2012 a 2013, pričom hodnoty DCC nezaznamenali výrazné výkyvy. Previazanosť analyzovanej dvojice trhov v prvej polovici roka 2014 však výrazne poklesla, potom nasledoval mierny nárast. Hodnota 0,5536 zodpovedajúca poslednému analyzovanému obdobiu je nižšia ako hodnota na začiatku analyzovaného obdobia.

Obr. č. 3

Vývoj hodnôt dynamickej podmienenej korelácie



Prameň: vlastné spracovanie v softvéri EViews.

Záver

V príspevku sme analyzovali týždenné údaje pre dvojicu akciových indexov DAX a PX. Po nájdení vhodných modelov podmienenej strednej hodnoty pre logaritmické výnosy týchto akciových indexov sme po zistení prítomnosti autoregresnej podmienenej heteroskedasticity odhadli jednorozmerné modely GJR-GARCH. V prípade, ak by sme opomenuli prítomnosť autoregresnej podmienenej heteroskedasticity, malo by to za následok nielen neefektívne odhady jednotlivých parametrov, ale intervaly spoľahlivosti by nezohľadňovali meniaci sa rozptyl. Previazanosť nemeckého a českého akciového trhu sme analyzovali pomocou viacrozmerného modelu DCC-GARCH. Vypočítané hodnoty DCC pohybujúce sa na úrovni 0,4867 – 0,6786 (hodnoty na úrovni 0,6 uvádzajú vo svojej štúdií aj Horvath a Petrovski [10]) svedčia o značnej previazanosti analyzovanej dvojice akciových trhov, čo znamená že z pohľadu medzinárodnej diverzifikácie táto dvojica trhov nie je pre investorov atraktívna. Ďalším dôležitým zistením je skutočnosť, že vývoj DCC pre danú dvojicu akciových trhov počas celého analyzovaného obdobia (ani v období po finančnej kríze) nesvedčí o rastúcej previazanosti akciových trhov a na rozdiel od výsledkov prezentovaných v článku Baumöhl, Farkašovská a Výrost [2] teda nemožno hovoriť o výskyte efektu tzv. „nákazy“ trhov.

Literatúra

- [1] ARLT, J. – ARLTOVÁ, M. *Finanční časové řady*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0330-0.
- [2] BAUMÖHL, E. – FARKAŠOVSKÁ, M. – VÝROST, T. Integrácia akciových trhov: DCC MV-GARCH model. In: *Politická ekonomie*, 2010, č. 4, s. 488 – 503. ISSN 0032-3233.
- [3] BAUMÖHL, E. – LYÓCSA, Š. – VÝROST, T. *Fundamentálna analýza akciových trhov*. Košice: ELFA, 2011. ISBN 978-80-8086-191-6.
- [4] BAUWENS, L. – LAURENT, S. – ROMBOUTS, J. V. K. Multivariate GARCH Models: A Survey. In: *Journal of Applied Econometrics*, 2006, roč. 21, s. 79-109. ISSN 0883-7252.
- [5] BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. In: *Journal of Econometrics*, 1986, roč. 31, č. 3, s. 307-327. ISSN 0304-4076.
- [6] BOLLERSLEV, T. Glossary to ARCH (GARCH). [online]. 2009. [cit. 2013-08-20]. Dostupné z: http://public.econ.duke.edu/~boller/Papers/glossary_arch.pdf.
- [7] ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. In: *Econometrica*, 1982, roč. 50, č. 4, s. 987 – 1007. ISSN 0012-9682.
- [8] ENGLE, R. F. Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. In: *Journal of Business and Economic Statistics*, 2002, roč. 20, s. 339–350. ISSN 0735-0015.
- [9] GLOSTEN, L. – JAGANNATHAN, R. – RUNKLE, D. On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. In: *Journal of Finance*, 1993, roč. 48, s. 1779-1801. ISSN 0022-1082.
- [10] HORVATH, R. – PETROVSKI, D. International Stock Market Integration: Central and South Eastern Europe Compared. [online]. *William Davidson Institute Working Papers Series*, 2012, wp 1028. [cit. 2013.08.20]. Dostupné z: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2078238.

- [11] CHOCHOLATÁ, M. Analýza výmenných kurzov v období globálnej finančnej krízy: empirická štúdia pre Česko, Maďarsko a Poľsko. In: *Slovenská štatistika a demografia*, 2013, roč. 23, č. 4, s. 21 – 33. ISSN 1210-1095.
- [12] CHOCHOLATÁ, M. 2014. Modelovanie volatility finančných časových radov pomocou modelov triedy ARCH. Bratislava: Ekonóm, 2014. ISBN 978-80-225-3863-3.
- [13] RUBLÍKOVÁ, E. – PRÍHODOVÁ, I. *Analýza vybraných časových radov-ARIMA modely*. Bratislava: Ekonóm, 2008. ISBN 978-80-225-2540-4.
- [14] WANG, P. – MOORE, T. Stock Market Integration for the Transition Economies: Time-Varying Conditional Correlation Approach. In: *The Manchester School*, 2008, roč. 76, č. 1, s. 116 – 133.
- [15] XEKALAKI, E. – DEGIANNAKIS, S. *ARCH Models for Financial Applications*. Padstow, Cornwall: John Wiley & Sons, 2010. ISBN: 978-0-470-06630-0.
- [16] <http://forums.eviews.com/> [cit. 2014-02-27]
- [17] <http://www.stooq.com> [cit. 2014-10-04]