

5. Informace obsažené v cenách úrokových a měnových derivátů

1MT404 Finanční stabilita



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Princip ocenění derivátů

- fixní podmínky plnění v rámci derivátu
- termínová cena podkladového aktiva
- definování podmínky neexistence arbitráže, resp. nemožnosti realizovat nadprůměrný výnos oproti střední hodnotě
- vazba termínové ceny a očekávané ceny podkladového aktiva, resp. volatility ceny podkladového aktiva (měnového kurzu, úrokové sazby, ...)
- termínová cena jako nevychýlený odhad skutečné ceny podkladového aktiva, resp. realizované volatility podkladového aktiva

Význam FRA sazeb

- extrakce očekávání trhu o budoucí úrokové sazbě
- zprostředkovaně získání informace o očekávání subjektů o budoucí dynamice hlavní úrokové sazby centrální banky
- vazba na komunikaci měnové politiky a správné pochopení měnových kroků centrální banky
- indikátor očekávaných inflačních tlaků (kredibility inflačního cíle)
- vazba na ocenění měnových a úrokových swapů

FRA sazba v rámci FRA kontraktů

$${}^{PxQ}IR_t^{FRA} = \frac{IR_t^Q \frac{t_Q - t}{360} - IR_t^P \frac{t_P - t}{360}}{1 + IR_t^P \frac{t_P - t}{360}} \frac{360}{t_Q - t_P}$$

zdroj: autor

Aktuální úroková sazba, očekávaná hlavní úroková sazba a FRA sazba

$$IR_t^m = \alpha + \frac{1}{2m} \sum_{n=0}^{2m-1} IR_{CB,t+n}^{TARGET,e} | \Omega_t + \phi_t^m$$

$${}^{PxQ}IR_t^{FRA} = \left[\frac{(\alpha + \frac{1}{2Q} \sum_{n=0}^{2Q-1} IR_{CB,t+n}^{TARGET,e} | \Omega_t + \phi_t^Q) \frac{t_Q - t}{360} - (\alpha + \frac{1}{2P} \sum_{n=0}^{2P-1} IR_{CB,t+n}^{TARGET,e} | \Omega_t + \phi_t^P) \frac{t_P - t}{360}}{1 + (\alpha + \frac{1}{2P} \sum_{n=0}^{2P-1} IR_{CB,t+n}^{TARGET,e} | \Omega_t + \phi_t^P) \frac{t_P - t}{360}} \right] \cdot \frac{360}{t_Q - t_P}$$

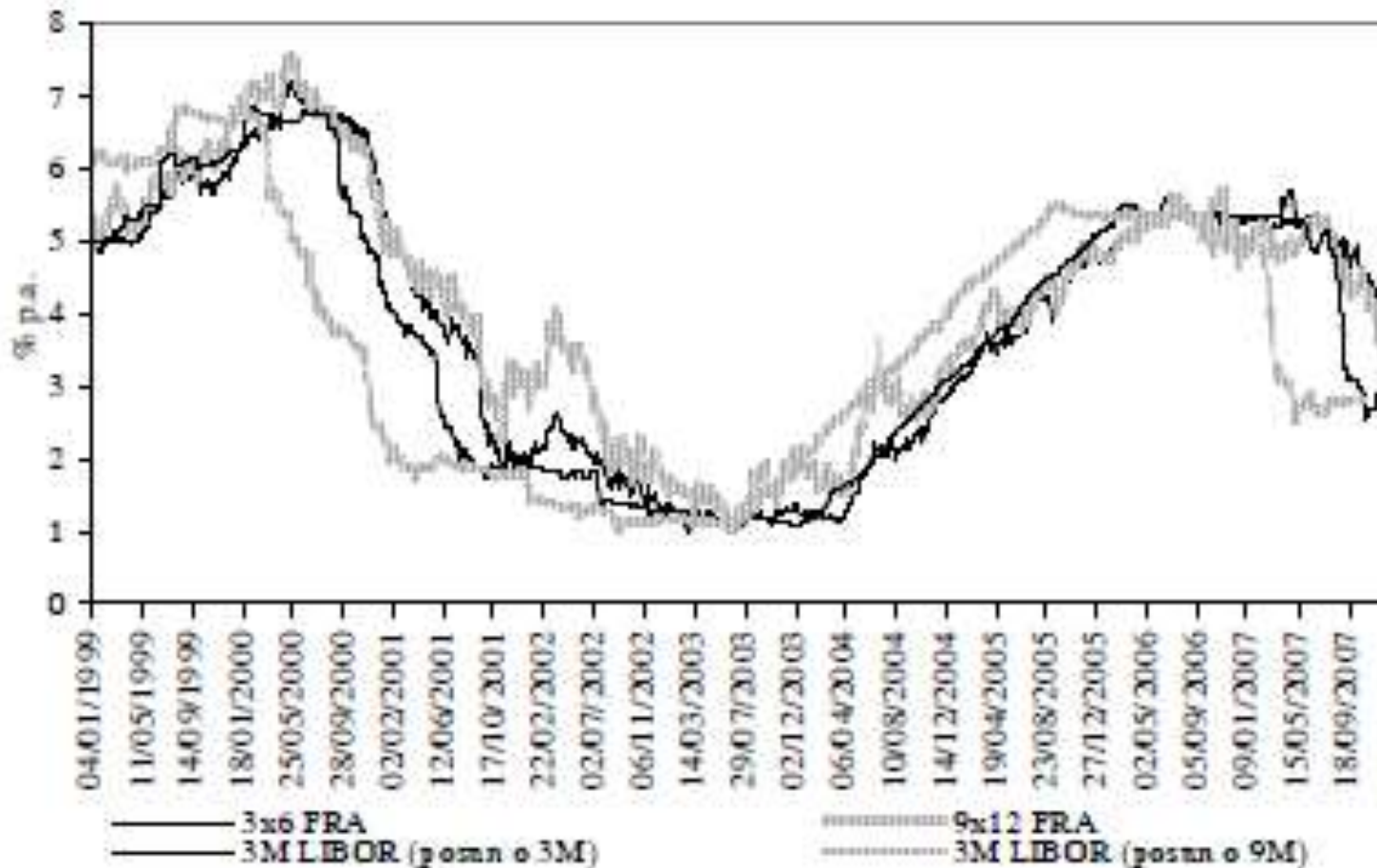
FRA sazba jako nevychýlený odhad budoucí úrokové sazby

$$\mathbf{IR}_{t+P}^{Q-P} = \alpha + \frac{1}{2(Q-P)} \sum_{n=0}^{2(Q-P)-1} \mathbf{IR}_{\text{CB},t+P+n}^{\text{TARGET},e} \Big| \Omega_t + \phi_{t+P}^{Q-P}$$

$$\mathbf{IR}_{t+P}^{Q-P} = \beta_0 + \beta_1^{P \times Q} \mathbf{IR}_t^{\text{FRA}} + u_t$$

zdroj: autor

3x6FRA a 9x12FRA sazba jako predikce budoucí spotové úrokové sazby 3M LIBOR



Výsledky odhadu predikčních schopností FRA sazby

- v případě 3x6 FRA kontraktu
 - β_1 roven 0,978 (není statisticky odlišný od jedné na 1 % hladině významnosti)
 - R^2 dosahuje hodnoty 0,92
 - silná sériová korelace chyb odhadu (DW statistika blízko nule)
- v případě 9x12 FRA kontraktu
 - β_1 roven 0,828 (není statisticky odlišný od jedné na více jak 5 % hladině významnosti)
 - R^2 klesá na 0,56
 - silná sériová korelace chyb odhadu (DW statistika blízko nule)

Problémy omezené predikční schopnosti termínových úrokových sazeb v dlouhém období

- schopnost odhadu budoucích změn fundamentů stojících za dynamikou hlavní úrokové sazby (dezinflace, akcelerace inflace, změna inflačního cíle, politika jemného ladění hlavní úrokové sazby, ekonomická stagnace)
- délka období, v rámci kterého je prováděna predikce (úspěšnost predikcí ve velmi krátkém a naopak dlouhém horizontu)
- existence se splatností rostoucí termínové prémie (nahodnocení pravděpodobnosti růstu hlavní úrokové sazby)
- nestabilita termínové prémie
- pozitivní korelace termínové prémie a očekávané dynamiky úrokových sazeb (hlavní úrokové sazby)
- termínová prémie obsahuje prémii za kreditní riziko (riziko protistrany)

Význam implikované variability

- extrakce očekávání trhu o budoucí variabilitě úrokové sazby (měnového kurzu, ...)
- informace o očekávání trhu o určitém negativním šoku (devalvace, měnová krize, nárůst kreditního rizika)
- indikátor nejistoty (nedůvěry) na trhu

Hlavní úroková sazba a úroková sazba na peněžním trhu v rámci analýzy variability úrokových sazeb

- účelová funkce centrální banky

$$L_t = \sum_{i=0}^{\infty} \delta^i \left[(1-\sigma)(\pi_{t+i}^e - \pi_{t+i}^{\text{TARGET}})^2 + \sigma(y_{t+i}^e - y_{t+i}^*)^2 \right]$$

- ekonometrický model ekonomiky (obecný VAR model)

$$Y_t = \sum_{n=1}^{q1} A_n Y_{t-n} + \sum_{n=0}^{q2} B_n Z_{t-n} + \sum_{n=0}^{q3} C_n \text{IR}_{\text{CB},t-n}^{\text{TARGET}} + v_t$$

- reakční funkce centrální banky

$$\text{IR}_{\text{CB},t}^{\text{OPTIM}} = \text{IR}_{\text{CB}}^{\text{EQ}} + \beta_t (\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}}) + \gamma_t (y_{t+k}^e - y_{t+k}^*)$$

$$\text{IR}_{\text{CB},t}^{\text{TARGET}} = (1-\rho)\text{IR}_{\text{CB},t}^{\text{OPTIM}} + \rho\text{IR}_{\text{CB},t-1}^{\text{TARGET}} + w_t$$

- výnosová křivka v rámci teorie preferovaného umístění

$$\text{IR}_t^m = \alpha + \frac{1}{2m} \sum_{n=0}^{2m-1} \text{IR}_{\text{CB},t+n}^{\text{TARGET},e} | \Omega_t + \mu_t^m$$

Variabilita cílované hlavní úrokové sazby

$$\begin{aligned}\text{var IR}_{CB,t}^{\text{TARGET}} &= (1-\rho)^2 \text{var IR}_{CB,t}^{\text{OPTIM}} + \rho^2 \text{var IR}_{CB,t-1}^{\text{TARGET}} + \text{var } w_t + \\ &+ 2(1-\rho)\rho \text{cov}(\text{IR}_{CB,t}^{\text{OPTIM}}, \text{IR}_{CB,t-1}^{\text{TARGET}}) + \\ &+ 2(1-\rho) \text{cov}(\text{IR}_{CB,t}^{\text{OPTIM}}, w_t) + 2\rho \text{cov}(\text{IR}_{CB,t-1}^{\text{TARGET}}, w_t)\end{aligned}$$

zdroj: autor

Variabilita optimální hlavní úrokové sazby

$$\begin{aligned}
 \text{var IR}_{\text{CB},t}^{\text{OPTIM}} = & \bar{\beta}^{-2} \text{var}(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}}) + \overline{(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}})^2} \text{var} \beta + \\
 & + 2\bar{\beta} \overline{(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}})} \text{cov}_{11}^{\beta\pi} + 2\bar{\beta} \text{cov}_{12}^{\beta\pi} + \\
 & + 2\overline{(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}})} \text{cov}_{21}^{\beta\pi} + \text{var}[\Delta\beta\Delta(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}})] + \\
 & + \gamma^{-2} \text{var}(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*) + \overline{(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*)^2} \text{var} \gamma + \\
 & + 2\gamma \overline{(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*)} \text{cov}_{11}^{\gamma y} + 2\bar{\gamma} \text{cov}_{12}^{\gamma y} + 2\overline{(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*)} \text{cov}_{21}^{\gamma y} + \\
 & + \text{var}[\Delta\gamma\Delta(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*)] + \\
 & + 2 \text{cov} \left\{ \beta(\pi_{t+k}^e - \pi_{t+k}^{\text{TARGET}}), \gamma(y_{t+k}^e - y_{t+k}^*) \right\}
 \end{aligned}$$

Zdroje variability optimální hlavní úrokové sazby

- variabilita inflačního gapu a gapu výstupu (dezinflace, stabilizace růstu, přehřátí ekonomiky, vnější ekonomický šok)
- strukturální charakteristiky ekonomiky (úroková elasticita inflace/ekonomického růstu (variabilita hlavní úrokové sazby) v rámci efektu velké a uzavřené ekonomiky vs. malé a otevřené ekonomiky, dopad negativní korelace reálné měnové restrikce a měnového kurzu na rychlost transmise měnových opatření)
- variabilita preferencí centrální banky (problém konzistence měnových opatření centrální banky v rámci střídání stabilizace inflačního gapu a stabilizace output gapu, problém procykličnosti měnové restrikce pohledem parametrů vyjadřujících preference centrální banky) a variabilita strukturálních charakteristik ekonomiky (efekt tranzitivní ekonomiky)
- efekt charakteru zdrojů inflace (poptávkový vs. nabídkový) na kovarianci preferencí centrální banky a inflačního gapu a output gapu (míra exogenity nabídkových šoků v případě malé otevřené ekonomiky)

Důvody pro omezení variability optimální hlavní úrokové sazby

- rozhodování za jistoty vs. rozhodování za nejistoty
- jistota jako situace, kdy model ekonomiky je chápán jako spolehlivý odraz reality, ekonomická struktura je známa a je neměnná, existují pouze aditivní sériově nekorelované náhodné šoky, údaje o aktuální inflaci a output gapu jsou v průměru správné
- nejistota jako situace, kdy jsou základní výstupy inflační prognózy spojeny s neznámými a potenciálně nestabilními hodnotami strukturálních parametrů, sériovou korelací chyb odhadu míry inflace a output gapu a korelovanými zdroji šoků, z čehož vyplývá, že centrální banka nemá dokonalé informace o tom, prostřednictvím kterých veličin měnová opatření působí a jak dlouhé je zpoždění mezi změnami hlavní úrokové sazby a přizpůsobením inflace a/nebo ekonomického růstu (parametrická nejistota)
- gradualistická politika vs. politika agresivních změn hlavní úrokové sazby a jejich efekty při stabilizaci inflačního gapu a output gapu (efekt trendových změn a rozhodování ekonomických subjektů, šoková změna hlavní úrokové sazby jako iniciátor přizpůsobovacích procesů v ekonomice)

Zdroje variability w_t v tranzitivních ekonomikách

- nejistota o aktuální dynamice nabídkové strany ekonomiky
 - nejistota při odhadu potenciálního výstupu spojená s intenzivními změnami trendové produktivity práce, přirozené míry nezaměstnanosti či dynamiky technologického vývoje
 - nejistota o dopadech restrukturalizace firem na produkční kapacitu ekonomiky
 - nejistota o schopnostech masivních přímých zahraničních investic posilovat čistou exportní výkonnost ekonomiky
 - nejistota o dopadech změn v reálné produkční schopnosti ekonomiky na stabilitu vztahu mezi tempem ekonomického růstu a změnami v míře nezaměstnanosti
- potřeba získání dodatečných informací o výše definovaných faktorech (rozhodování centrální banky probíhá v reálném a nikoli v logickém čase)

Variabilita úrokové sazby na peněžním trhu

$$\text{var IR}_t^m = \frac{1}{m^2} \text{var} \sum_{n=0}^{m-1} \text{IR}_{\text{CB},t+n}^{\text{TARGET},e} + \text{var} \mu_t^m + \frac{2}{m} \text{cov} \left(\sum_{n=0}^{m-1} \text{IR}_{\text{CB},t+n}^{\text{TARGET},e}, \mu_t^m \right)$$

Zdroje variability úrokové sazby na peněžním trhu

$$\text{var IR}_t^n = \frac{1}{n^2} \left[\begin{aligned} & (1-\rho)^2 \text{var} \sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j}^{\text{OPTIM},e} + \rho^2 \text{var} \sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j-1}^{\text{TARGET},e} + \\ & + \text{var} \sum_{j=0}^{n-1} w_{t+j}^e + 2(1-\rho)\rho \text{cov} \left(\sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j}^{\text{OPTIM},e}, \sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j-1}^{\text{TARGET},e} \right) + \\ & + 2(1-\rho) \text{cov} \left(\sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j}^{\text{OPTIM},e}, \sum_{j=0}^{n-1} w_{t+j}^e \right) + \\ & + 2\rho \text{cov} \left(\sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j-1}^{\text{TARGET},e}, \sum_{j=0}^{n-1} w_{t+j}^e \right) \end{aligned} \right] + \\ + \text{var} \mu_t^n + \frac{2}{n} \text{cov} \left\{ \left[(1-\rho) \sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j}^{\text{OPTIM},e} + \rho \sum_{j=0}^{n-1} \text{IR}_{\text{CB},t+j-1}^{\text{TARGET},e} + \sum_{j=0}^{n-1} w_{t+j}^e \right], \mu_t^n \right\}$$

Transmise variability O/N úrokových sazeb podél výnosové křivky na peněžním trhu

- relativně vysoká variabilita O/N úrokových sazeb jako zdroj variability úrokových sazeb na peněžním trhu?
- vazba variability O/N úrokových sazeb a variability očekávání subjektů o změnách hlavní úrokové sazby a variability termínové prémie
- U tvar variability úrokových sazeb na peněžním trhu
- efekt vysoké kredibility centrální banky, vynikajících predikčních schopností a efektivní transmise měnových opatření centrální banky na stabilně nízkou variabilitu delších úrokových sazeb oproti variabilitě O/N úrokových sazeb

Realizovaná variabilita úrokových sazeb

$$\text{var}_{t,T}^{REAL} IR_t^m = \left(\frac{260}{T-t-1} \right) \sum_{i=t}^T \left(\ln \frac{IR_i^m}{IR_{i-1}^m} - \overline{\ln \frac{IR_i^m}{IR_{i-1}^m}} \right)^2$$

zdroj: autor

Variabilita cen podkladového aktiva v rámci Black-Scholesova modelu

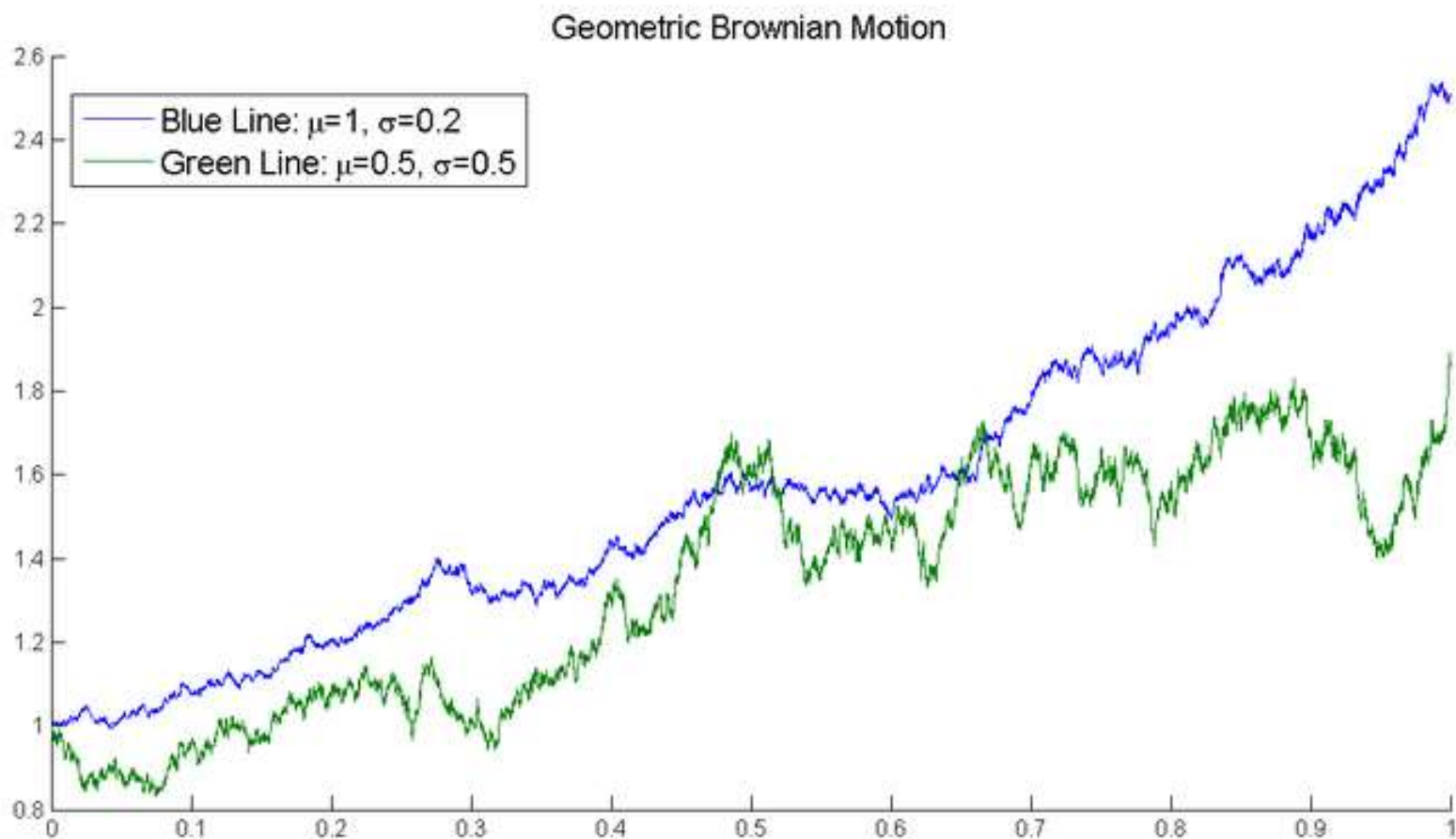
$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

$$C(S, t) = N(d_1) S - N(d_2) K e^{-r(T-t)}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

Simulace geometrického Brownova pohybu

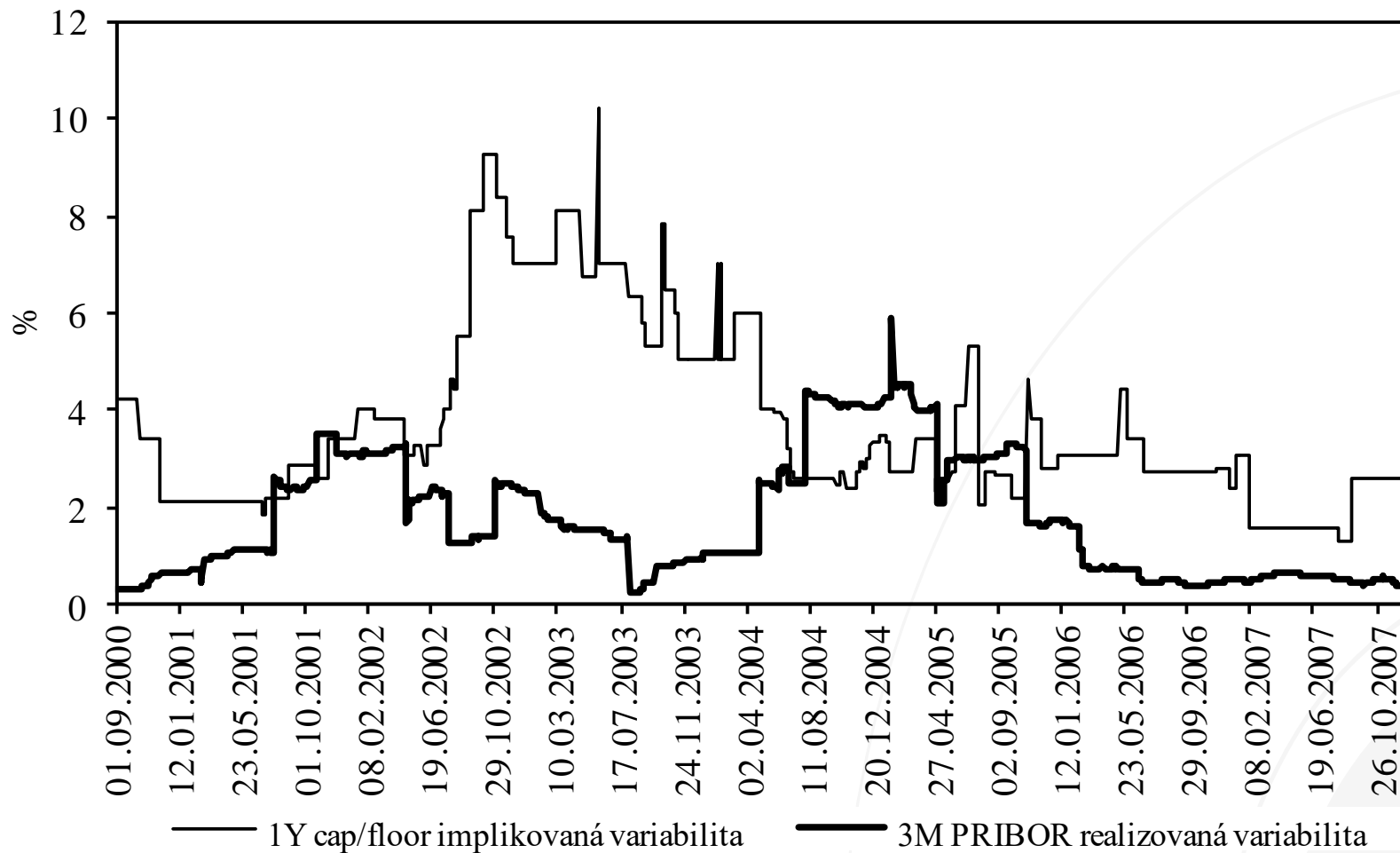


zdroj: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:GeoBM.png>

Úrokové cap/floor jako zdroj informací o budoucí variabilitě úrokových sazeb

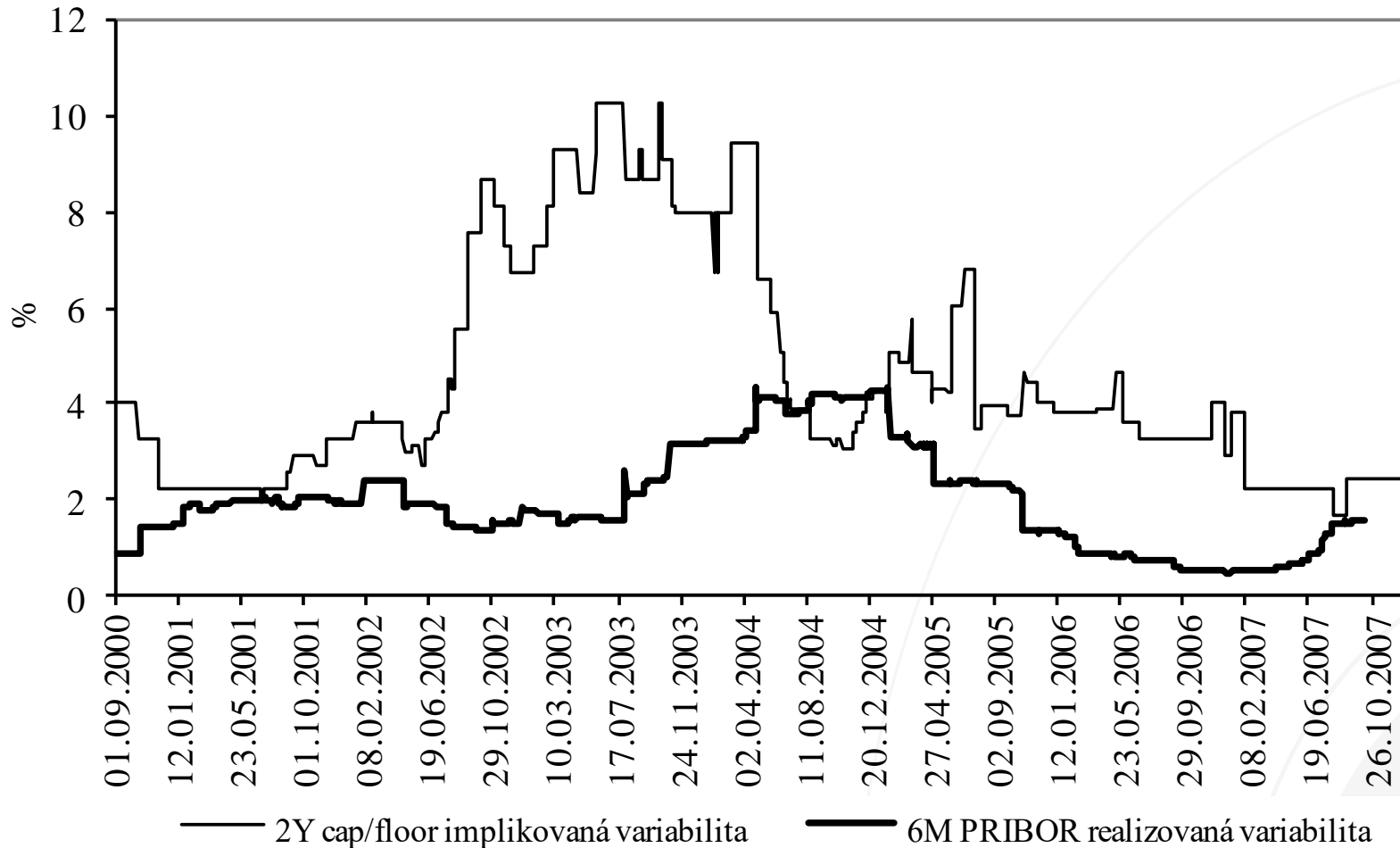
- úrokové cap/floor jako série úrokových opcí s právem nákupu/prodeje pevné úrokové sazby na počátku každého období (3M pro 1Y cap/floor či 6M pro 2Y a delší cap/floor)
- realizace opce dle poměru cap/floor realizační ceny a budoucí aktuální 3M PRIBOR, resp. 6M PRIBOR
- nerealizace opce v jednom budoucím časovém období neznamena nemožnost realizovat opci v jiném období

Implikovaná variabilita z 1Y CZK cap/floor a realizovaná variabilita 3M PRIBOR



zdroj: Kepler Equities, ČNB, vlastní výpočty

Implikovaná variabilita z 2Y CZK cap/floor a realizovaná variabilita 6M PRIBOR



Ekonometrický model realizované variability úrokových sazeb na bázi implikované variability úrokových sazeb

$$\text{var}_{t,T}^{REAL} IR_t^m = \lambda_0^m + \lambda_1^m \text{var}_{t,T}^{IMPL} IR_t^m + \omega_t^m$$

zdroj: autor

Výsledky odhadu parametrů ekonometrického modelu

Splatnost cap/floor	Podkladové aktivum	λ_0 (směr. chyba)	λ_1 (směr chyba)	R^2	DW
1Y	3M PRIBOR	1,750* (0,065)	-0,007 (0,016)	0,000	0,0099
2Y	6M PRIBOR	1,483* (0,053)	0,106* (0,010)	0,363	0,0040

* parametry statisticky významné na 1 % hladině významnosti

Zdroj: vlastní výpočty

zdroj: autor

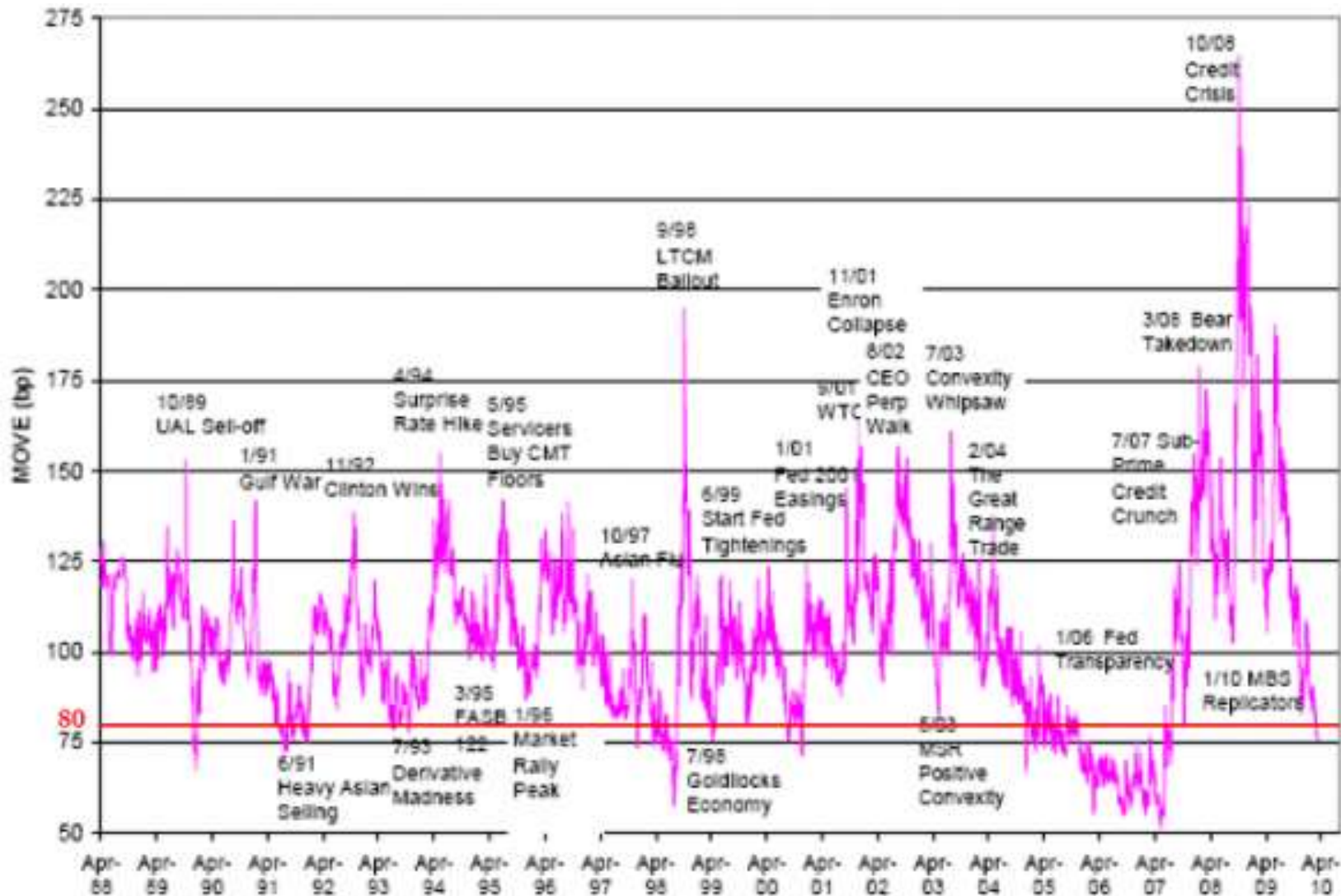
Výsledky analýzy implikované variability CZK cap/floor jako odhadu budoucí realizované variability úrokových sazeb

- implikovaná variabilita běžně nadhodnocuje budoucí realizovanou variabilitu (možnost existence prémie za stochastickou variabilitu, nízká likvidita trhu CZK cap/floor, efekt výhradního kontributora pro CZK cap/floor)
- vysoká korelace mezi 1Y a 2Y implikovanou variabilitou (korelační koeficient 0,9)
- implikovaná variabilita není nevychýleným odhadem realizované variability úrokových sazeb
- nízký koeficient determinace a nízké hodnoty Durbin-Watsonovy statistiky ukazující na sériovou korelaci reziduí

MOVE Index volatility úrokových sazeb

- MOVE Index (Merrill Option Volatility Expectations Index)
- měřítko volatility výnosností na U.S. trhu vládních dluhopisů
- vážený průměr implikovaných volatilit z jednoměsíčních opcí na U.S. vládní dluhopisy se splatností 2 roky (váha 20%), 5 let (váha 20%), 10 let (váha 40%) a 30 let (váha 20%)
- volatilita dlouhodobých výnosností ve velmi krátkém horizontu

MOVE index volatility na dluhopisovém trhu

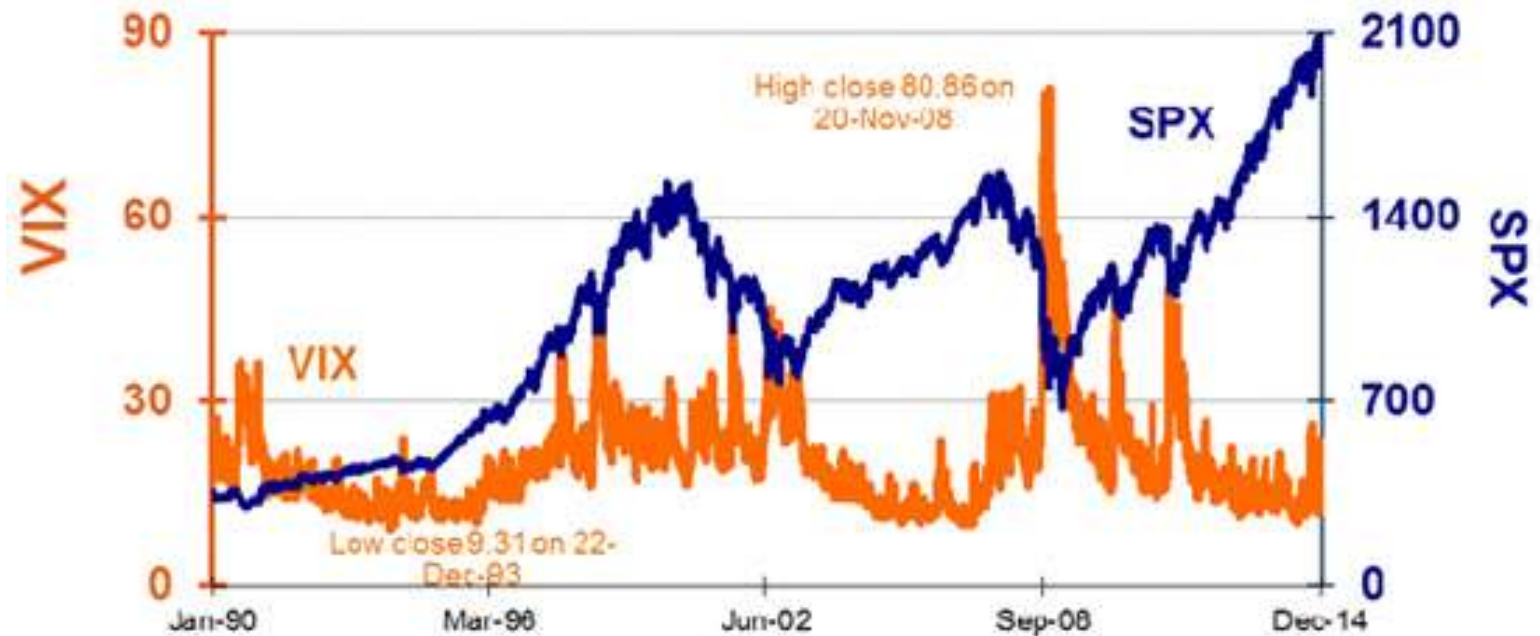


VIX index volatility na akciovém trhu

- VIX index (CBOE Volatility Index) volatility vycházející z krátkodobých opcí na akciový index S&P 500
- kalkulován na bázi implikované volatility 1M call a put opcí na index S&P 500
- měřítko očekávané volatility na akciovém trhu a měřítko sentimentu na akciovém trhu
- VIX jako kontraindikátor (indikátor změny trendu)
- VXV Index pro 3M opce na index S&P 500 – spolu s VIX lze vytvořit termínovou strukturu implikované volatility na index S&P 500
- indexy volatility pro další akciové indexy na CBOE: VXN index pro Nasdaq100 a VXD pro DJIA

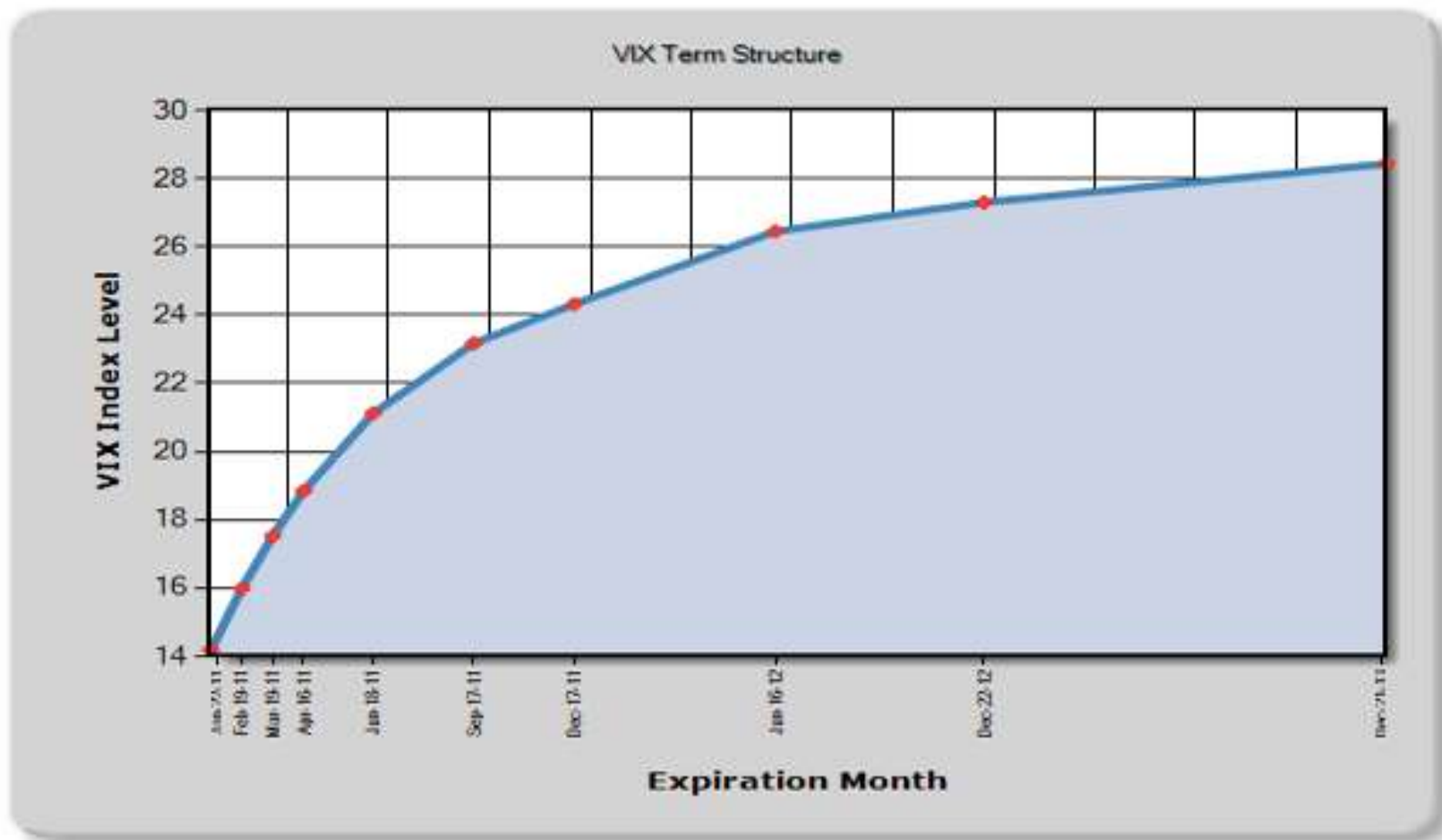
VIX index a S&P 500

VIX[®] and S&P 500[®] (SPX) Indexes



Daily closing values (Jan. 1990 - Jan. 5, 2015)
Sources: Bloomberg and CBOE www.cboe.com/VIX

Termínová struktura VIX Indexu





EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Toto dílo podléhá licenci Creative Commons
Uveďte původ – Zachovejte licenci 4.0 Mezinárodní.

