

TESTOVÁNÍ EFEKTIVNOSTI INTRADENNÍHO DEVIZOVÉHO TRHU

V. Mastný

Došlo: 30. června 2004

Abstract

MASTNÝ, V.: *Testing the efficiency of high-frequency foreign exchange market*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2004, LII, No. 6, pp. 277-286

This paper deals with the efficiency of the high-frequency foreign exchange market. The objective of this paper is to investigate whether standard statistical tests give the same results for time series resampled at intervals of 15.30 and 60 min. The data used for the purpose of this paper contain major currency pairs such as EUR/USD, GBP/USD and JPY/USD. The results of statistical tests indicate that the high frequency intervals (15-minute) are not random and should not be considered independent. On the other hand, tests with lower frequency rates (30 and 60 min) indicate rising randomness of the market.

high-frequency data, forecasting, foreign exchange market, market efficiency

Podle názoru většiny ekonomů patří předpovídání devizových kurzů k nejproblematictějšímu oboru tvorby předpovědí vůbec. Snahy o pochopení chování devizových kurzů v 70. a 80. letech se postupně ukázaly jako zcela neúspěšné. Neschopnost najít jakoukoliv strukturu v kurzových pohybech vedla k závěru, že devizové kurzy, podobně jako kurzy cenných papírů, vykonávají tzv. nahodilou procházku (random walk) a tedy není možné v jejich pohybech najít předvídatelné vzory chování. Z tohoto důvodu je nejčastějším způsobem vysvětlení chování devizových kurzů teorie efektivních trhů. Od začátku 90. let se objevují nové směry v oblasti zkoumání intradenních dat devizového trhu, které poukazují na skutečnost, že finanční řady devizových kurzů nejsou zcela náhodné, což v některých bodech částečně odporuje teorii efektivních trhů.

TEORIE EFEKTIVNÍCH TRHŮ

Převládajícím způsobem vysvětlení současného i budoucího vývoje kurzů cenných papírů (i ostatních aktiv) je teorie efektivních trhů. Tato teorie tvrdí, že tržní ceny odrážejí všechny dostupné informace. Efektivnost trhu má tři základní formy. Trh je slabě

efektivní, pokud téměř okamžitě absorbuje veškeré historické informace. Změny cen jsou nezávislé na historických hodnotách a budoucí vývoj tedy nelze předpovídat na základě historických cen. O středně silnou formu efektivnosti se jedná, pokud trh téměř okamžitě absorbuje všechny dostupné historické i současné informace. Pokud trh absorbuje veškeré informace, ať už jsou veřejné nebo neveřejné, jedná se o silnou formu efektivnosti. V tomto případě nelze předpovídat budoucí vývoj ani s využitím neveřejných informací.

Teorie efektivních trhů ve své slabé formě tvrdí, že kurzy odrážejí všechny dostupné historické informace, jejich změny jsou nahodilé události nezávislé na historických hodnotách, a není možné modelovat jejich vývoj (Fama; 1965, 1970). Přesněji řečeno stávající devizové kurzy již v sobě mají zabudované veškeré dostupné informace takovým způsobem, že obchodování na základě těchto informací nevede k dosažení nadprůměrného zisku. Podle této teorie se kurzy vyvíjejí zcela náhodně. Toto tvrzení ostře kontrastuje s názory obchodníků, kteří se snaží s využitím historických cen předpovídat budoucí vývoj. Teorie efektivních trhů zůstává až do současnosti stále

předmětem diskuse a otázku efektivnosti trhu se dosud nepodařilo přesvědčivě vyřešit.

Ve snaze najít ve finančních časových řadách závislosti a následně předpovědět budoucí vývoj vznikla celá řada teorií. Jednou z nich je fraktální teorie. Ta naznačuje, že finanční časové řady mají fraktální strukturu, což znamená, že jsou-li v rámci jedné studie používána různá měřítka (dny, týdny aj.), některé charakteristiky jsou do určité míry podobné (Frait, 1998). Tento závěr platí např. pro volatilitu.

Dosavadní neúspěšné snahy spojené s hledáním analytického modelu, který by byl schopen vysvětlit chování devizových kurzů, byly založeny na studiu zejména denních, ale také týdenních a měsíčních dat. Od devadesátých let se výzkum v oblasti modelování devizových kurzů zaměřuje především na analýzu intradenních údajů, což dříve nebylo technicky možné. V posledních letech se stále častěji objevují práce, které jsou velmi často spojené s hledáním struktury v intradenních (vysokofrekvenčních) datech (např. Dacorogna, 2001, Guillaume, 2000, Goodhart a Payne, 2000). Vzhledem k tomu, že tyto práce používají na možnost předpovídání budoucího vývoje cen finančních časových řad (akcií, devizových kurzů aj.) v krátkém časovém horizontu, věnuje se práce testování efektivnosti devizového trhu pomocí standardních statistických testů s přihlédnutím k frekvenci časové řady. Uvedené testy byly v minulosti používány zejména na denních datech z oblasti finančních trhů. Pokud je autorovi známo, nebylo toto testování prováděno na datech o různých časových intervalech.

CÍL PRÁCE

Práce spojené s analýzou intradenních dat (např. Dacorogna, 2001) ukazují na skutečnost, že pro krátký časový horizont lze v kurzech objevit struktury a alespoň omezeně předpovídat budoucí vývoj. Z tohoto důvodu je práce věnována testování náhodnosti vývoje devizových kurzů pomocí standardních statistických testů. Cílem je empiricky prozkoumat, zda velikost frekvence může mít vliv na výsledky testů. Vstupní data tvoří kurzy tří nejvíce obchodovaných měnových párů (EUR/USD, GBP/USD a USD/JPY) za leden až duben roku 2002. Testování je prováděno při různých velkých frekvencích analyzovaných časových řad (15, 30 a 60 min). Referenční období bylo zvoleno o délce 1 měsíc. Pro zjištění, zda výsledky testů jsou stabilní při změně referenčního období, jsou testy prováděny pro každý měsíc (leden–duben 2002) zvlášť.

METODIKA

Na testování efektivnosti trhu byla vyvinuta celá řada testů, které se zabývají testováním nezávislosti změn kurzů. Důležitým aspektem těchto testů je skutečnost, že zpracovávají pouze historické informace.

1. Korelační testy

Snahou těchto testů je zjistit, zda je pohyb ceny podkladového aktiva nezávislý (mezi změnami není možné vypořádat vzájemný vztah). Jestliže je trh efektivní, nejsou jednotlivé pohyby kurzu na sobě závislé, tedy nejsou korelované. Pokud dokážeme, že jednotlivé kurzové změny jsou na sobě závislé, je to důkazem o neefektivnosti trhu (Veselá, 1999). Odhady jednotlivých korelačních koeficientů je možné získat pomocí autokorelační analýzy. Literatura zabývající se empirickým zkoumáním finančních časových řad zmiňuje statisticky významnou negativní korelaci prvního řádu (Guillaume, 2000). V této souvislosti se práce věnuje zjištění, zda tyto závěry platí také pro časové řady z oblasti intradenního devizového trhu a zda existuje rozdíl mezi různými frekvencemi časových řad.

2. Simulační testy

Podobně jako korelační testy se i simulační testy pokoušejí testovat nezávislost změn kurzů. Tyto testy jsou založeny na porovnávání vývoje skutečných kurzů s náhodnými hodnotami. Tyto hodnoty tím, že jsou náhodně vybrané, by měly být nezávislé. Je testována nulová hypotéza, zda jednotlivá pozorování jsou realizace vzájemně nezávislých stejně rozdělených náhodných veličin, které nemusí mít jako bílý šum nulovou střední hodnotu. Při zamítnutí této nulové hypotézy není analyzovaná časová řada klasickým bílým šumem (Cipra, 1986). Jestliže naopak tuto hypotézu nezamítneme, můžeme považovat analyzovanou časovou řadu za bílý šum. Pro testování náhodnosti změn v devizových kurzech byly použity níže blíže popsané testy z literatury (Hebák, 2000; Seger a Hindls, 1995; Cipra, 1986). Tyto testy jsou pro svoji jednoduchost často používané pro testování náhodnosti vývoje denních hodnot devizových nebo akciových kurzů (např. Kvasnička, 1997).

2.1. Znaménkový test (T1)

Tento test je založen na počtu kladných prvních diferencí dané řady. Hledají se tzv. body růstu, tj. místa, kde zkoumaná řada roste. Jestliže jsou některé sousední hodnoty stejné, vypouští se všechny až na jednu.

Střední hodnota počtu k bodů růstu je za platnosti hypotézy H_0 rovna

$$\mu(k) = \frac{n-1}{2}.$$

Pro rozptyl veličiny lze odvodit vzorec

$$\sigma^2(k) = \frac{n+1}{12}.$$

Pro $n > 100$ zamítáme nulovou hypotézu na hladině významnosti α , když

$$\frac{|k - (n-1)/2|}{\sqrt{(n+1)/12}} \geq u(1 - \alpha/2),$$

kde $u(\alpha/2)$ je kritická hodnota normovaného normálního rozdělení na hladině významnosti α .

2.2. Test založený na Kendallově koeficientu τ (T2)

Nejdříve zjistíme počet v takových dvojic y_s a y_t , pro které platí $y_s < y_t$ pro $s < t$. Poté počítáme tzv. Kendallův koeficient pořadové korelace τ .

$$\tau = \frac{4v}{n(n-1)} - 1.$$

Tento koeficient může nabývat pouze hodnot z intervalu $<-1, +1>$. Za platnosti nulové hypotézy platí

$$\begin{aligned} \mu(\tau) &= 0 \\ \sigma^2(\tau) &= \frac{2n(2n+5)}{9n(n-1)}. \end{aligned}$$

Hypotézu H_0 zamítáme na hladině významnosti α při $n > 100$, když platí

$$\frac{|\tau|}{\sqrt{\frac{2(2n+5)}{9n(n-1)}}} \geq u(1 - \alpha/2).$$

2.3. Test založený na Spearmanově koeficientu ρ (T3)

Spearmanův koeficient pořadové korelace ρ se vypočítá ze vztahu

$$\rho = 1 - \frac{6}{n(n^2-1)} \sum_{i=1}^n (i - q_i)^2,$$

kde q_i je pořadí prvku y_i , které by zaujímal ve vzestupně uspořádané řadě. Jestliže je v řadě dvě a více stejných hodnot, má hodnota uvedená v časové řadě dříve nižší q_i .

Pro $n > 30$ zamítáme nulovou hypotézu, když platí

$$|\rho| \sqrt{n-1} \geq u(1 - \alpha/2).$$

2.4. Mediánový test (T4)

V tomto testu se hledá takový výběrový medián M , aby pod přímkou vedenou ve výši M ležel stejný počet prvků řady jako nad přímkou. Vyloučíme všechna pozorování ležící na zkonstruované přímce, sdružíme

ostatní pozorování do skupin tak, aby všechna pozorování v každé takové skupině ležela buď nad danou přímkou, nebo pod ní. Počet těchto skupin označíme u a celkový počet pozorování pod přímkou (nebo nad přímkou) označíme m .

Nulovou hypotézu zamítneme v případě, když

$$\frac{|u - (m+1)|}{\sqrt{m(m-1)/(2m-1)}} \geq u(1 - \alpha/2).$$

3. Iterační testy

Iterační testy, někdy nazývané runs testy (Veselá, 1999), jsou inspirovány jak simulačními, tak korelačními testy s cílem odstranit jejich nedostatky, které spočívají ve výskytu extrémních hodnot. Tyto extrémní hodnoty mohou např. v případě korelačního koeficientu výrazně nadhodnotit nebo podhodnotit jeho hodnotu a tím zkreslit výsledek celého testu. V rámci určitého časového období se sleduje, jak se mění hodnota kurzu obou souborů. Pokud hodnota kurzu vzroste, označí se znaménkem „+“, pokud hodnota kurzu klesne, označí se znaménkem „-“. Jestliže se hodnota kurzu nezmění, označíme změnu symbolem „0“. Ve sledovaném časovém období se následně spočítá počet tzv. iterací (průběhů), přičemž jeden run odpovídá sérii změn, kdy je použito stejného symbolu. Např. vývoj kurzu +++0----++ odpovídá čtyřem průběhům, protože bylo postupně použito čtyř druhů znaků. Jedním ze způsobů, jak lze určit počet průběhů u náhodné série, je pomocí vzorce $1/3 (2n-1)$ (např. Veselá, 1999, Kuhle, J. L. a Avayay, J. R., 2000). Zjištěný počet průběhů u skutečného souboru se porovná s počtem průběhů u simulovaného souboru. Jestliže je počet průběhů u obou souborů podobný, je podpořena slabá forma efektivity trhu. Jestliže je počet průběhů významně odlišný, je slabá forma efektivity trhu zamítnuta (Veselá, 1999).

3.1. Jednoduchý test

Jestliže platí nulová hypotéza H_0 (náhodný proces), pak platí

$$\mu(r) = \frac{2n-1}{3}$$

$$\sigma^2(r) = \frac{16n-29}{90}.$$

Nulovou hypotézu zamítáme na hladině významnosti α , když platí

$$\frac{|r - (2n-1)/3|}{\sqrt{(16n-29)/90}} \geq u(1 - \alpha/2).$$

3.2. Iterační test založený na odchylkách od průměru

Nulovou hypotézu (nezávislost kurzových změn) zamítneme v případě, když platí

$$\frac{|r - \mu(r)|}{\sigma(r)} \geq u(1 - \alpha/2),$$

kde

$$\mu(r) = \frac{2n_1 n_2}{(n_1 + n_2)} + 1$$

n_1 ... počet hodnot menších než průměr

n_2 ... počet hodnot větších než průměr

r ... počet průběhů.

Pozn.: Pro výpočet počtu průběhů byl použit program z www.mathworks.com, autor Wei Li, 2004.

4. Testy o rozdělení

Testy o rozdělení, někdy nazývané distribuční modely (např. Veselá, 1999), jsou založeny na využití znalosti normálního rozdělení pravděpodobnosti a jeho porovnání s rozdělením analyzované časové řady. V současné době je známo, že finanční časové řady mají tzv. leptokurtotické rozdělení (Arlt, 1999, Dacorogna, 2001), které je špičatější než normální rozdělení, s dlouhými konci, avšak neexistuje jednoznačná shoda, o jaké rozdělení se konkrétně jedná.

Moderní literatura zkoumající pravděpodobnostní rozdělení akciových a devizových kurzů poukazuje na skutečnost, že čtvrtý moment rozdělení výnosů není konečný. Pokud zkoumáme ve stejném časovém období výnosy, popř. změny kurzů na časových řadách s různou frekvencí, špičatost s rostoucí frekvencí roste (např. Guillaume, 2000). Jestliže pro analýzu není k dispozici dostatečné množství dat, nemusí být objeveny tzv. dlouhé konce (fat tails). Tím lze vysvětlit, proč ekonomové, kteří se zabývali zkoumáním denních, týdenních či měsíčních řad, pokládali tyto řady za normálně rozdělené. Následující test, který byl použit např. v Kvasnička (1997), je uveden pouze pro doplnění přehledu jednotlivých testů.

Test založený na šikmosti a špičatosti

Pro normované normální rozdělení platí, že třetí normovaný moment je nula a čtvrtý normovaný moment je 3.

$$k_3 = \frac{\sqrt{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^{\frac{3}{2}}}, \quad k_4 = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^2} - 3$$

$$\sigma^2(k_3) = \frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}, \quad \sigma^2(k_4) = \frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}.$$

Po normování veličin

$$|k_3| / \sigma(k_3)$$

a

$$|k_4 + 6 / (n+1)| / \sigma(k_4)$$

je možné porovnávat vypočtené hodnoty s kritickou hodnotou Gaussova rozdělení. Hypotézu, že časová řada má normální rozdělení, zamítneme na hladině významnosti α , když je alespoň jedna hodnota větší než $u(1 - \alpha/2)$.

VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ

1. Korelační testy

V tabulkách I až III jsou uvedeny odhadnuté hodnoty autokorelačních koeficientů do řádu 10. V prvním řádku je uveden vždy řád autokorelačních koeficientů, v prvním sloupci je uvedeno označení měsíce a frekvence časové řady. Zvýrazněny jsou statisticky významné hodnoty. Významnost jednotlivých odhadnutých korelačních koeficientů byla stanovena pomocí Barlettova odhadu směrodatné odchylky (Cipra, 1986). Z tabulek je možné vyzorovat, že u frekvence 15 min je zřetelná statisticky významná záporná autokorelace prvního řádu. Znamená to tedy, že u vysokých frekvencí lze teoreticky modelovat negativní závislost na předchozí hodnotě změny kurzu. Skutečnost, že u finančních časových řad existuje záporná autokorelace prvního řádu u vysokých frekvencí, je uvedena např. v Guillaume (2000). V tomto testu bylo zjišťováno, při jaké frekvenci je tato záporná autokorelace statisticky významná. Z tabulek I až III je zřejmé, že statisticky významné hodnoty autokorelačních koeficientů jsou přítomné u patnáctiminutových časových řad u všech zkoumaných měnových párů. Při opakování výpočtu při změně referenčního období (měsíce leden až duben 2002) je statisticky významná autokorelace přítomna u všech čtyřech sledovaných měsíců (kromě jedné výjimky v tabulce III).

I: Odhadnuté hodnoty autokorelačních koeficientů do řádu 10 (EUR/USD)

EUR/USD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I - 15	-0.054	0.024	-0.007	0.019	0.005	0.025	0.035	0.018	0.013	0.007
II - 15	-0.052	-0.024	-0.020	0.026	0.002	-0.018	0.011	0.024	-0.010	-0.031
III - 15	-0.175	0.025	-0.056	0.006	-0.024	-0.008	-0.033	0.081	-0.051	0.053
IV - 15	-0.190	0.042	-0.046	-0.004	0.017	-0.020	0.010	0.019	0.005	-0.014
I - 30	0.029	0.011	0.030	0.067	0.004	0.003	-0.063	-0.011	-0.023	0.004
II - 30	-0.085	0.031	-0.037	0.047	-0.045	-0.020	0.016	-0.040	-0.002	-0.019
III - 30	-0.087	-0.044	-0.072	0.053	0.058	-0.032	-0.078	-0.013	0.027	0.006
IV - 30	-0.079	-0.027	0.006	0.035	-0.056	-0.015	0.040	0.008	-0.031	-0.011
I - 60	0.020	0.114	-0.017	-0.082	-0.007	-0.013	0.027	0.014	-0.025	-0.028
II - 60	-0.042	0.020	-0.047	-0.054	0.018	0.061	-0.037	-0.008	-0.072	0.031
III - 60	-0.137	0.013	-0.082	-0.001	0.043	-0.021	-0.040	0.044	-0.056	0.055
IV - 60	-0.056	0.002	-0.013	0.018	-0.029	0.023	-0.042	-0.024	0.014	-0.035

II: Odhadnuté hodnoty autokorelačních koeficientů do řádu 10 (GBP/USD)

GBP/USD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I - 15	-0.095	-0.057	-0.010	0.010	0.005	0.021	0.016	-0.025	0.034	-0.003
II - 15	-0.102	-0.024	0.030	0.044	-0.050	0.001	-0.015	-0.033	0.023	-0.012
III - 15	-0.087	0.002	-0.016	-0.022	-0.017	-0.029	-0.055	0.020	0.033	0.037
IV - 15	-0.098	-0.033	0.043	-0.028	0.023	-0.022	-0.003	0.008	-0.002	0.002
I - 30	-0.103	0.036	0.011	-0.009	0.005	-0.065	0.036	-0.082	0.003	0.058
II - 30	-0.052	0.035	-0.014	-0.054	-0.017	0.000	0.012	-0.010	-0.007	-0.038
III - 30	-0.058	-0.041	-0.072	0.034	0.014	-0.027	-0.093	-0.020	0.050	-0.044
IV - 30	-0.054	0.008	-0.021	-0.003	-0.026	-0.024	0.053	0.015	-0.008	-0.056
I - 60	-0.015	-0.011	-0.010	-0.097	0.021	-0.015	-0.017	0.082	0.032	-0.000
II - 60	0.030	-0.135	-0.001	0.025	-0.023	-0.009	0.065	0.040	-0.049	-0.051
III - 60	-0.134	-0.002	-0.084	-0.008	-0.055	-0.069	-0.006	-0.010	-0.008	0.022
IV - 60	-0.092	0.032	-0.030	0.047	-0.068	-0.023	-0.031	0.037	-0.028	-0.036

III: Odhadnuté hodnoty autokorelačních koeficientů do řádu 10 (USD/JPY)

USD/JPY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I - 15	-0.081	0.010	0.010	0.016	-0.018	0.006	-0.003	-0.001	-0.033	0.015
II - 15	-0.038	-0.008	-0.011	-0.001	0.014	-0.001	0.035	-0.013	0.007	0.029
III - 15	-0.103	0.040	0.002	0.007	-0.019	-0.011	0.015	0.056	0.018	-0.003
IV - 15	-0.080	-0.010	-0.002	-0.042	-0.026	-0.017	0.005	-0.016	-0.015	0.012
I - 30	-0.053	0.021	0.011	-0.035	-0.010	0.036	-0.035	0.026	0.041	-0.009
II - 30	-0.013	0.008	0.026	0.008	0.026	0.016	0.040	-0.014	-0.072	0.033
III - 30	-0.049	0.031	-0.034	0.101	-0.011	-0.007	-0.003	0.064	-0.066	0.077
IV - 30	-0.037	-0.053	-0.013	-0.058	-0.021	-0.020	0.054	-0.015	-0.007	0.021
I - 60	-0.008	-0.055	0.031	0.039	0.045	0.037	0.002	-0.042	-0.031	-0.035
II - 60	-0.037	0.048	0.077	-0.036	-0.031	0.007	-0.013	-0.015	-0.029	-0.020
III - 60	0.004	0.083	-0.015	0.016	0.012	-0.075	0.130	0.082	0.039	0.075
IV - 60	-0.068	-0.080	-0.032	0.043	0.008	-0.010	0.056	0.001	-0.008	0.018

2. Simulační testy

Výsledky testování pomocí simulačních testů jsou uvedeny v tabulkách IV až VI. Označení T1-T4 představuje jednotlivé testy (T1 = test založený na znaménkových diferencích, T2 = test založený na Kendallově koeficientu, T3 = test založený na Spearmanově koeficientu a T4 = mediánový test). Řádky v tabulce odpovídají jednotlivým měsícům (leden – duben).

Časovou řadu můžeme považovat za náhodnou na 5% hladině významnosti, pokud jsou hodnoty testů menší než kritická hodnota normálního rozdělení (cca 1,96). Pro jednotlivé měnové páry byly postupně tes-

továny časové řady (odpovídající jednotlivým měsícům roku 2002) o frekvencích 15 (tab. VI), 30 (tab. V) a 60 min (tab. IV). Z tabulek IV až VI lze vypočítat, že se zvyšující se frekvencí (posun od 30 min k 15 min) roste u změn devizových kurzů vzájemná závislost. Tento závěr platí pro všechny sledované měsíce a měnové páry. Hodnoty testů, které nelze na 5% hladině významnosti považovat za náhodné, jsou v tabulkách IV až VI zvýrazněny. Zatímco v tabulce IV u 60 min dat nelze považovat za náhodné pouze několik málo hodnot, v tabulce VI nelze za náhodné považovat většinu hodnot.

IV: Výsledky simulačních testů, 60 min data

Kurzové změny, 60 min data				
Test:	T1	T2	T3	T4
EUR/USD				
I - 02	0.0309	1.5125	0.1917	1.9071
II - 02	0.2384	2.3588	0.9350	0.7689
III - 02	0.6234	1.8126	0.2572	2.8380
IV - 02	1.2320	1.1482	0.7494	3.0941
GBP/USD				
I - 02	1.9044	1.3500	0.2290	1.8238
II - 02	0.5563	1.7708	0.6094	1.2109
III - 02	1.2469	1.0886	0.3157	2.8095
IV - 02	0.3080	0.4804	1.1389	3.9208
USD/JPY				
I - 02	0.2285	0.2316	0.6372	1.1880
II - 02	1.0331	0.2632	1.0100	1.7472
III - 02	0.1559	1.1269	1.9586	2.7301
IV - 02	0.1540	1.3203	0.3096	1.3651

V: Výsledky simulačních testů, 30 min data

Kurzové změny, 30 min data				
Test:	T1	T2	T3	T4
EUR/USD				
I - 02	0.9161	2.0769	0.6754	2.9465
II - 02	2.6974	3.0773	0.2425	3.3360
III - 02	2.3144	2.7637	0.3701	3.6976
IV - 02	2.3956	1.5433	1.7763	5.1305
GBP/USD				
I - 02	2.9640	2.2156	0.1145	4.3776
II - 02	2.9221	2.6387	0.2274	1.5240
III - 02	1.1021	2.2087	0.4845	3.4571
IV - 02	2.2868	1.5453	1.5227	4.7973
USD/JPY				
I - 02	1.7784	1.2971	0.0418	2.5187
II - 02	1.7982	0.0519	1.6125	2.4626
III - 02	1.8735	0.5931	2.0961	4.2549
IV - 02	3.1579	1.5817	0.2654	1.8671

VI: Výsledky simulačních testů, 15 min data

Kurzové změny, 15 min data				
Test:	T1	T2	T3	T4
EUR/USD				
I - 02	2.8587	3.6300	1.5130	7.1326
II - 02	4.7298	4.7714	0.6422	6.3940
III - 02	3.7406	4.0891	1.7568	8.3315
IV - 02	4.1205	3.1195	3.3078	8.5114
GBP/USD				
I - 02	3.9259	3.4740	1.0205	3.9532
II - 02	4.0144	3.5142	1.2570	5.4320
III - 02	3.8964	3.8093	1.5052	6.9623
IV - 02	5.4298	3.2718	2.9521	6.9861
USD/JPY				
I - 02	2.9349	1.7580	1.5542	6.5400
II - 02	4.2529	1.0723	2.1290	5.3870
III - 02	2.4158	0.8880	2.1905	3.9181
IV - 02	1.8869	2.5394	0.9716	6.0393

3. Iterační testy

Na základě provedení iteračních testů lze konstatovat, že se zvyšující se frekvenci klesá náhodnost pohybu devizových kurzů. V tabulkách VII až VIII označují sloupce jednotlivé měsíce (leden – duben).

Zatímco u 60 min dat nelze zamítnout hypotézu o náhodnosti procesu, u 15 min dat lze na 5% hladině významnosti zamítnout nulovou hypotézu o náhodnosti vývoje. Lze říci, že výsledky iteračních testů potvrdily výsledky korelační analýzy.

VII: Výsledky jednoduchého testu

	I - 02	II - 02	III - 02	IV - 02
	15 min			
EUR/USD	3.4478	1.4528	5.5186	3.1668
GPB/USD	0.0522	1.1804	2.2608	0.7389
USD/JPY	3.2911	1.2349	2.2074	1.1084
	30 min			
EUR/USD	1.4786	3.4182	0.2268	1.6433
GPB/USD	2.2179	1.8762	2.5704	0.5976
USD/JPY	1.3307	0.8738	0.5292	0.1094
	60 min			
EUR/USD	1.7798	1.2019	0.5713	0.1411
GPB/USD	0.5235	0.7648	0.8927	1.3053
USD/JPY	0.3141	0.8741	1.2141	0.2469

VIII: Výsledky iteračního testu založeného na odchylkách od průměru

	I - 02	II - 02	III - 02	IV - 02
	15 min			
EUR/USD	7.1261	4.7872	8.6270	6.8535
GPB/USD	4.9592	4.7708	6.5870	5.0865
USD/JPY	4.7165	4.1257	2.3190	5.1267
	30 min			
EUR/USD	3.4529	3.8451	2.8459	3.4683
GPB/USD	3.1573	2.6268	3.3883	3.1343
USD/JPY	2.6114	2.2914	3.2882	2.6273
	60 min			
EUR/USD	1.5995	0.8388	2.5433	1.8378
GPB/USD	1.3310	1.8996	3.8502	2.5443
USD/JPY	0.6183	2.1873	3.0290	1.5727

4. Testy o rozdělení

V tabulce IX jsou výsledky testu založeného na šikmosti a špičatosti. Sloupcový vektor udává velikost periody, řádkový vektor udává měsíc. Jestliže je alespoň jedna hodnota vyšší než 1,96, zamítáme u sledovaných frekvencí (15, 30 a 60 min) na 5% hladině

významnosti hypotézu o normálním rozdělení kurzových změn. Při denních změnách kurzů (24 hod) mají podle tohoto testu časové řady normální rozdělení. Tímto lze vysvětlit, proč někteří autoři, kteří se zabývali zkoumáním denních, týdenních či měsíčních řad, pokládali tyto řady za normálně rozdělené.

IX: Výsledky testu založeného na šikmosti a špičatosti

Frekvence	15 min		30 min		60 min		24 hod	
	EUR/USD							
I - 02	7.8238	33.1763	5.9511	27.2101	11.5637	31.3415	0.8255	0.0489
II - 02	1.855	47.7094	1.4481	49.9929	1.7651	24.9826	0.6244	0.5108
III - 02	0.964	39.8649	4.4109	29.6625	3.8233	21.2162	0.3857	0.2023
IV - 02	8.1523	91.968	8.4461	40.8112	9.3012	30.5711	0.7836	0.5331
	GBP/USD							
I - 02	3.2199	23.1046	6.6122	19.2304	5.7777	11.9702	0.0046	0.2441
II - 02	4.5737	40.981	2.3391	24.4228	1.0377	16.8032	0.1791	0.7815
III - 02	1.405	21.5597	3.6134	26.4778	2.3418	10.8157	1.0095	0.0738
IV - 02	19.0709	81.2207	14.4941	53.7019	23.2827	112.2367	2.8493	3.8339
	USD/JPY							
I - 02	0.0097	32.5768	0.5815	27.1958	1.0822	10.3615	1.7265	0.6302
II - 02	0.1978	36.1217	1.2087	17.7633	1.1606	19.6389	0.0486	0.3867
III - 02	13.6583	59.1798	14.8771	72.2239	5.9455	17.6581	1.4268	2.4782
IV - 02	7.6386	49.9725	2.4405	23.1276	4.6982	12.3864	1.8902	1.1617

ZÁVĚR

Testy uvedené v této práci naznačují, že při zkoumání intradenních dat o velmi vysokých frekvencích (15 min) je možné nalézt v datech závislosti, které v datech o nižší frekvenci (60 min) nejsou obsaženy. Při použití 15 min a 30 min dat lze v jednotlivých měsících u všech měnových párů nalézt statisticky významné autokorelační koeficienty prvního řádu. Při zkoumání 60min dat tuto statisticky významnou korelaci nelze najít. Při testování pomocí simulačních

testů na 15min datech zamítáme ve většině případů na pětiprocentní hladině významnosti hypotézu o nezávislosti kurzových změn. S klesající frekvencí (30 a 60 min) klesá počet případů, kdy zamítáme hypotézu o nezávislosti změn kurzů. Podobný závěr plyne také z výsledků iteračních testů, kde při vyšších frekvencích (15 min) zamítáme hypotézu o náhodnosti vývoje častěji než u nižších frekvencí (60 min). Tyto závěry jsou platné pro všechny testované měsíce (leden – duben 2002) a všechny použité měnové páry.

SOUHRN

Práce se zabývá testováním náhodnosti vývoje devizových kurzů pomocí standardních statistických testů. Cílem práce bylo prozkoumat, zda na výsledky testování má vliv frekvence analyzované časové řady. V práci jsou použity kurzy hlavních měnových párů EUR/USD, GBP/USD a JPY/USD o frekvencích 15, 30 a 60 min za období leden–duben 2002. Pro zjištění stability výsledků při opakování výpočtů při změně referenčního období je testování prováděno pro každý měsíc (leden–duben 2002) zvlášť. Na základě testování lze konstatovat, že při provedení testů na datech o vyšší frekvenci (15 min) existuje statisticky významná negativní korelace prvního řádu, jednotlivé kurzové změny nelze považovat za nezávislé a rozdělení kurzových změn nelze považovat za normální. Tyto skutečnosti nelze potvrdit u 60 min dat. Výsledky do určité míry korespondují se zjištěními autorů, kteří se snaží modelovat finanční časové řady pomocí ekonometrických modelů (např. Dacorogna, 2001), a kteří poukazují na možnost nalezení závislosti v intradenních datech.

intradenní data, předpovídání, devizový trh, efektivnost trhu

LITERATURA

- CIPRA, T.: Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii, SNTL/ALFA, Praha, 1986.
- DACOROGNA, M. M., GENÇAY, R., MÜLLER, U., OLSEN, R. B., PICTET, O. V.: An introduction to high-frequency finance, Academic Press, California, 2001.
- FAMA, E. F.: 'The behavior of stock-market prices', Journal of Business, Vol. 38, Issue 1 (Jan., 1965), 1965, 34-105.
- FAMA, E. F.: 'Efficient capital markets: A review of theory and empirical work', Journal of Finance, Vol. 25, Issue 2 (May, 1970), 1970, 383-417.
- FAMA, E. F.: 'Efficient Capital Markets: II.', The Journal of Finance, Vol. 46, Issue 5 (Dec., 1991), 1991, 1575-1617.
- FRAIT, J., ZEDNÍČEK, R.: 'Devizové trhy pod mikroskopem', Banky & Finance, 3/1998, 1998, 54-57.
- GUILLAUME, D. M.: Intradaily exchange rate movements, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2000.
- GOODHART, CH. A. E., PAYNE, R.: The foreign exchange market, Macmillian Press, London, 2000.
- HEBÁK, P.: Praktikum k výuce matematické statistiky II, Testování hypotéz. VŠE Praha, 2000.
- KUHLE, J. L., AVAYAY, J. R.: 'The Efficiency of Equity REIT Prices', Journal of Real Estate Portfolio Management, 6/4, 2000.
- KVASNÍČKA, M.: Technická analýza akcií. Diplomová práce, MU Brno, 1997.
- SEGER, J., HINDLS, R.: Statistické metody v tržním hospodářství, Victoria Publishing, Praha, 1995.
- VESELÁ, J.: Analýza trhu cenných papírů, VŠE, Praha, 1999.

Adresa

Ing. Václav Mastný, Ústav financí, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika