

ANALÝZA SPEKULATIVNÍCH OBCHODŮ S KOMODITAMI NA ZÁKLADĚ DETEKCE PARAMETRICKÝCH EXTRÉMŮ V ČASOVÝCH ŘADÁCH CEN

Jiří Pešík, Marta Šlehoferová

ÚVOD

Jednou ze základních komodit, která ovládá světové trhy, je cukr. Ten byl v tomto příspěvku zvolen jako základní komodita, pro kterou bude provedena analýza vlivu spekulativních obchodů na její cenu, avšak nelze zapomínat ani na ostatní obchodované komodity, které zde mají také své zastoupení.

Existuje velká řada faktorů, které mají na vývoj ceny cukru vliv, přičemž dlouhodobě lze mezi takové faktory zařadit počasí, zemědělskou politiku a obchodní bariéry, stavy skladových zásob, škody způsobené škůdci a chorobami atd. [10] Dále krátkodobé (a někdy i dlouhodobé) výkyvy především v cenách futures kontraktů mají z velké části původ v investičních a spekulativních obchodech. [13] Tyto obchody mohou krátkodobě výrazně ovlivnit cenu jednotlivých komodit. Zvláště od roku 2004, kdy došlo k výraznému růstu objemu obchodovaných potravinových derivátů díky masivnímu vstupu investičních fondů, bank a dalších finančních institucí na tyto trhy. [2] Zatímco dříve byly spekulace se zemědělskými komoditami považovány za vysoce nemorální či trestné, v moderní době jsou navíc považovány za přirozenou součást obchodu s komoditami. [3]

Otázkou je, zda je možné sledovat vliv spekulace na jednu komoditu na další komodity. Teoreticky je možné, aby se spekulativní kapitál přesunoval mezi komoditami. Druhou alternativou je současný přesun kapitálu ze dvou komodit do jiných komodit či dalších aktiv (či naopak). V případě cukru by mohlo jít o přesuny v rámci bílého a rafinovaného cukru.

V článku [11] je formulován závěr, že v měsíčních cenách nelze pozorovat plný přenos ceny mezi bílým a rafinovaným cukrem. Velmi významné extrémy se v různých

komoditách projevují se zpožděním v řádu několika měsíců. [9] Potencionálně zajímavou otázkou však zůstává přenos v časové řadě denních cen.

1 PRODUKCE CUKRU

Aby bylo zřejmé, že změny v cenách cukru mají značné celosvětové dopady, je vhodné nejprve uvést několik údajů o jeho pěstování, spotřebě, vývozu a dovozu.

Cukr je vyráběn z cukrové řepy a cukrové třtiny, přičemž produkce z těchto dvou plodin je na celém světě v poměru 15:85 % (2012) [6]. Z historického hlediska je starší produkce cukru z cukrové třtiny, která začala v Indii pravděpodobně již v době Alexandra Makedonského [12]. Cukrová třtina je tropická tráva, která pro svůj růst potřebuje dostatek vody a silné sluneční světlo [5], a proto oblast jejího pěstování většinou nepřesahuje subtroponické pásmo [12]. V dnešní době je jejím největším producentem Brazílie, která je schopna vyprodukovat až 38,6 milionů tun cukru (2012) [14]. Touto hodnotou se stává zároveň největším světovým producentem cukru na světě. Kromě Brazílie se v Latinské Americe tato rostlina dále pěstuje u Karibského moře, Mexického zálivu a v severní Argentině. Dalšími významnými producenty jsou pak i Indie a jižní Čína [12].

Cukrová řepa se naopak pěstuje spíše v mírném pásmu. Jedná se o dvouletou rostlinu, jejímž největším producentem je Francie [5], která v roce 2011 vyprodukovala 4,7 milionů tun cukru z této plodiny [6]. Pěstování cukrové řepy má kratší historii, jelikož první svědectví pocházejí až z 18. století z Německa. Výroba řepného cukru se začala postupně rozšiřovat, až došlo k vyrovnání podílu mezi řepným a třtinovým cukrem v 80. letech 19. století. Vzhledem k tomu, že je však výroba řepného cukru dražší než výroba

třetinového, došlo opět k jejímu poklesu, až na současné (výše uvedené) hodnoty [12].

Celkovou výrobu cukru (ať již ze třtiny nebo řepy) vede celosvětově již zmíněná Brazílie s 38,6 miliony tun cukru. Za ní následuje Indie (27,4 milionů tun), státy EU-27 (15,6), Čína (14) a Thajsko (9,9). Celkově se na světě vyprodukuje 174,5 milionů tun cukru (lze pozorovat vzestupnou tendenci). Co se týče spotřeby, celkové statistiky jednoznačně vede Indie (25,5), dále státy EU-27 (18,1), Čína (15,4), Brazílie (11,2) a USA (10,34). Největším světovým vývozcem je samozřejmě Brazílie (27,65), následována Thajskem (8) a Austrálií (3,1). Naopak největším dovozcem jsou státy EU-27 (3,8), Indonésie (3,57) a USA (2,63) [14].

2 METODIKA PROVEDENÉ ANALÝZY

Cílem článku je detekce lokálních extrémů v časových řadách denních cen futures na komodity a analýza vzdálenosti mezi nimi. Data pocházejí z databáze společnosti Wolfram Research a byla získána pomocí software Wolfram Mathematica 9.

Analyzujeme nyní délku intervalu mezi výskytem dvou lokálních extrémů ve dvou různých časových řadách a na základě této vzdálenosti formulujeme závěr o vlivu spekulací na ceny obou komodit.

Nejprve je potřeba definovat pojem lokální extrém. Označme si hodnotu ceny komodity v čase t jako y_t . Klasické matematické definici lokálního extrému jako ceny v čase t , pro kterou platí $y_{t-1} < y_t > y_{t+1}$, by vyhovovalo příliš velké množství cen. Je proto třeba omezit množství detekovaných extrémů a současně vybrat z časové řady ty nejvíce významné. Extrém však budeme nadále intuitivně chápat jako bod, který svoji hodnotou výrazně převyšuje ostatní. Otázkou je nyní přesné zavedení pojmu *výrazné převýšení*.

Pro nalezení extrémů je nejprve vhodné vyrovnat časovou řadu pomocí některé z adaptivních metod. Převýšení ostatních hodnot pak budeme definovat ve smyslu rozdílu mezi skutečnou a vyrovnanou hodnotou. Jednou z možností je využití jednoduchého

klouzavého průměru. Klouzavé průměry však nemusejí být nutně vhodné pro vyrovnání časové řady, navíc nelze určit hodnotu jednoduchého klouzavého průměru pro několik prvních a posledních hodnot časové řady. K vyrovnání lze využít i polynom vyššího řádu. Obecně lze úseky časové řady o délce p postupně vyrovnávat pomocí polynomu stupně k .

Při minimalizaci kvadrátu odchylek tedy řešíme úlohu

$$\min_{\beta_0, \dots, \beta_k} \sum_{\tau=t-m}^{t+m} (y_{t+\tau} - b_0 - b_1\tau - b_2\tau^2 - \dots - b_k\tau^k)^2$$

$$\text{kde } m = \frac{p-1}{2}.$$

Derivací podle jednotlivých b_i , ($i = 0, \dots, k$), získáme soustavu normálních rovnic, ze kterých lze určit odhady koeficientů b_0, b_1, \dots, b_k . Vyrovnaná hodnota je pak dána jako $b_0 = \hat{y}_t$. Teoretický fundament této metody je založen na faktu, že každou spojitou funkci lze se zvolenou přesností aproximovat polynomem. Řád polynomu k lze určit podle objektivního pravidla. Pro k od 1 do 10 určíme hodnotu veličiny

$$V_k = \sum_{i=k+1}^n (\Delta^k y_i)^2 / \binom{2k}{k} (n-k). \quad [4] \text{ Operátor } \Delta$$

představuje první diferenci $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ a

Δ^k představuje k -tá diference daná vztahem $\Delta^k = \Delta^{k-1}(\Delta y_t) =$

$$y_t - \binom{k}{1} y_{t-1} + \binom{k}{2} y_{t-2} - \dots + (-1)^k y_{t-k}$$

[7] Jako řád klouzavého průměru je vhodné takové liché k , od kterého je hodnota veličiny V_k přibližně konstantní. Pro délku úseku p takové objektivní kritérium neexistuje, obecně ale pro vyšší hodnoty p dochází k většímu vyhlazení časové řady. Pro určení délky časové řady lze určit simulační postup, ve kterém je postupně navyšována hodnota p , až je označena jako extrém většina bodů intuitivně považována za významné. [4] Pro vysoké

hodnoty p však roste počet po sobě bezprostředně následujících minim a maxim. Jako vhodná hodnota pro námi analyzované časové řady vychází $p = 9$.

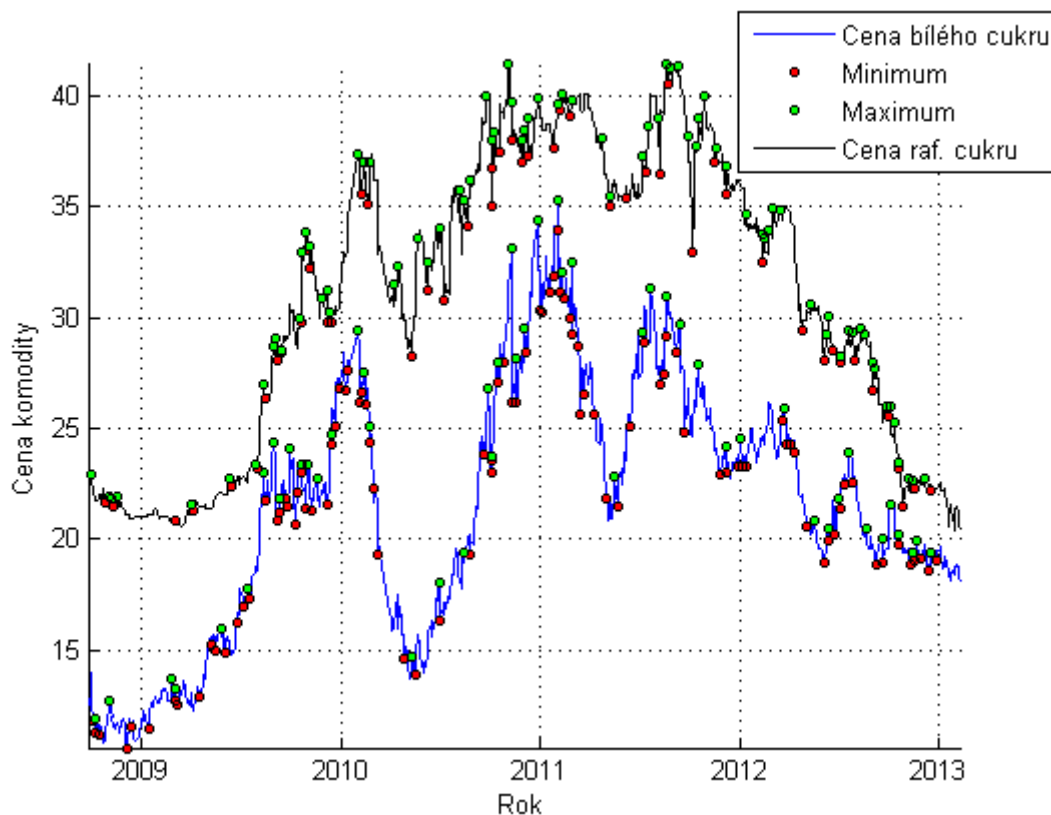
V různých obdobích dochází ke změnám ve volatilitě cen komodit. V takovém období jsou odchylky cen od vyrovnaných hodnot vyšší. Toto tvrzení je zřejmé z obrázku 1, předpoklad různých středních hodnot lze testovat pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu. Tento test, na rozdíl od testu ANOVA, nepředpokládá normalitu vstupních dat ani shodu rozptylů jednotlivých vzorků. [1] Hypotézu shody středních hodnot rozptylů jsme pomocí tohoto testu na hladině významnosti $\alpha = 5\%$ zamítli. Při použití průměrné odchylky za celou časovou řadu by docházelo ke kumulaci nalezených extrémů v časových úsecích s vysokou volatilitou ceny. Proto použijeme průměrnou odchylku pro daný rok,

což zajistí, že každý extrém bude porovnáván pouze s extrémami z období se srovnatelnou volatilitou.

Definice: Cenu komodity y_t v čase t vzhledem k parametru r označíme za *parametrické maximum*, pokud platí $y_t > \hat{y}_t + r \cdot |y_t - \bar{y}_i|$, kde \hat{y}_t je vyrovnaná hodnota daná polynomičným klouzavým průměrem a \bar{y}_i je průměrná odchylka za aktuální rok. Cenu komodity v čase t označíme za *parametrické minimum*, pokud platí $y_t < \hat{y}_t - r \cdot |y_t - \bar{y}_i|$.

Z důvodu neexistence objektivní definice extrému je možné o spolehlivosti metody rozhodnout pouze na základě subjektivního zhodnocení grafu vývoje ceny s detekovanými extrémami. Takové zhodnocení je možné provést pomocí obrázku 1.

Obr. 1: Detekované extrémy v cenách cukru



Zdroj: Databáze společnosti Wolfram Research, Inc., vlastní zpracování

Jak již bylo uvedeno výše, u detekovaných extrémů se může vyskytnout dvojice či větší skupina po sobě jdoucích maxim nebo minim. Protože budeme modelovat vzdálenosti mezi extrémů, je potřeba zajistit, aby vzdálenosti mezi extrémů mohla být myšlena vzdálenost mezi minimem a maximem. Proto při detekci dvou či více bezprostředně následujících extrémů ponecháme ten s vyšší hodnotou kurzu. Skupina bezprostředně následujících extrémů téhož druhu je rovněž v rozporu s původní myšlenkou definice parametrického extrémů.

V rámci analýzy detekujeme extrémů v jednotlivých časových řadách. Provedeme analýzu délky intervalu mezi dvěma maximy v různých časových řadách, dvěma minimy v různých časových řadách a mezi maximem v jedné časové řadě a minimem v další časové řadě.

Pokud bude ve významném počtu případů délka intervalu mezi extrémů nulová (případně blízká nule), lze formulovat závěr o přesunu kapitálu (především spekulativního) mezi komoditami. Pokud jsou si blízká minima ve dvou časových řadách, pak to naznačuje současný přesun spekulativního kapitálu do jiné komodity. V případě malé vzdálenosti maxim se jedná o přesun kapitálu do komodit a případně malé vzdálenosti minima z jedné časové řady a maxima z druhé časové řady je kapitál přesunován z jedné komodity do druhé.

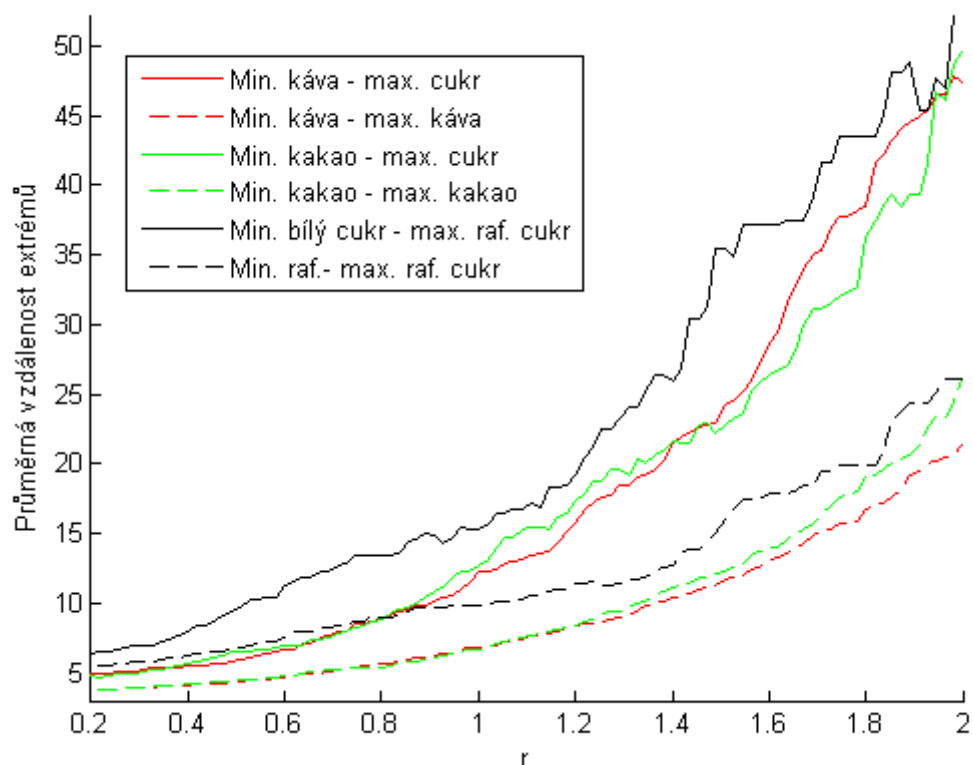
3 NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

Nejprve budeme analyzovat vztah mezi bílým a rafinovaným cukrem. Využijeme polynomické klouzavé průměry s délkou intervalu $p = 9$ a polynom řádu $k = 5$.

Na obrázku 1 jsou detekované extrémů v časových řadách cen bílého a rafinovaného cukru v období od září 2008 do ledna 2013 pro volbu parametru $r = 1$.

Protože naše definice lokálního extrémů je závislá na parametru r , namísto sledování vzdáleností extrémů je zajímavější sledování změny vzdáleností při zvyšování hodnoty parametru r . Protože při zvyšování parametru r je detekováno méně extrémů, pak logicky roste vzdálenost mezi nimi. Pokud by byl výskyt extrémů přibližného významu ve dvou časových řadách vzájemně nezávislý, pak by se zvyšováním hodnoty parametru postupně rostla i hodnota průměrné vzdálenosti mezi extrémů. Pokud extrémů mají tendenci vyskytovat se ve stejný den, pak by se průměrná vzdálenost nezvyšovala, protože svázané extrémů mají tendenci zůstat blízkou u sebe.

Na obrázku 2 je vidět růst vzdálenosti pro případ časových řad cukru v porovnání s kávou a kakaem. Je zřejmé, že při zvyšování hodnoty parametru r roste průměrná vzdálenost, tj. extrémů se od sebe vzdalují. Stejný závěr bychom získali pro všechny ostatní komodity.

Obr. 2: Změna počtu extrémů při změně velikosti parametru r 

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro volbu parametru $r=1$ jsou vzdálenosti extrémů v tabulce 1. I pro tyto hodnoty parametrů jsou tedy extrémy vzdáleny po poměrně velký počet dní. V tabulce je rovněž hodnota mediánu vzdálenosti, který není

ovlivněn extrémními hodnotami vzdáleností. U všech komodit se však extrém ve druhé časové řadě objevuje v 50 % případů po více než 4 dnech.

Tab. 1: Medián a průměr vzdáleností mezi extrémy pro časovou řadu rafinovaného cukru a dané komodity, $r = 1$

Komodita	Vzdálenost min-min		Vzdálenost max-max		Vzdálenost min-max	
	průměr	medián	průměr	medián	průměr	medián
Bílý cukr	12,94	8,00	11,49	7,00	15,35	11,00
Sója	11,56	8,00	12,51	7,00	12,74	8,00
Káva	11,18	7,00	11,21	7,00	12,34	7,00
Kakao	12,04	8,00	12,69	8,00	12,76	8,00
Rýže	11,15	7,00	12,29	8,00	11,91	7,00
Pšenice	11,49	8,00	11,94	8,00	12,01	7,00
Oves	10,56	7,00	12,32	8,00	12,74	7,00
Pomerančový koncentrát	11,58	7,00	12,54	8,00	12,72	8,00

Zdroj: Vlastní výpočty

ZÁVĚR

Podářilo se nám tedy prokázat, že extrémny v časových řadách různých komodit mají tendenci vyskytovat se relativně nezávisle na sobě. Ani v krátkém období tedy nelze sledovat plný přenos extrémů z jedné časové řady do druhé časové řady. V rámci spekulativních operací tedy nedochází k pozorovatelným výkyvům cen komodit.

Krátkodobé extrémny v cenách komodit tedy nejsou determinovány přesuny spekulativního kapitálu mezi jednotlivými komoditami. Investoři tedy při obchodování s komoditami výrazně reflektují informace týkající každé z obchodovaných komodit.

Objemem informací, které investoři při svých obchodech zohledňují, se zabývá řada ekonomických studií v rámci testování tzv. hypotézy racionálních trhů. Podle jednotlivých verzí této teorie jsou v cenách aktiv reflektovány buď veřejně dostupné, nebo i „vnitřní“ informace, které jsou dostupné pouze omezenému okruhu osob. Tato hypotéza však bývá kritizována především v souvislosti s finančními krizemi, protože nepřipouští vznik spekulativních bublin. S hypotézou racionálních trhů souvisí hypotéza náhodné procházky, která považuje krátkodobé změny v cenách aktiv za náhodné. [8] V rámci našeho výzkumu jsme prokázali, že vazba mezi extrémny ve zkoumaných komoditách neexistuje. Tento závěr je v souladu s hypotézou náhodné procházky. Předmětem dalšího výzkumu pak může být analýza výskytu extrémů vzhledem k jiným faktorům.

Předmětem dalšího výzkumu rovněž může být analýza statistického rozdělení vzdáleností mezi extrémny, a to jak v rámci jedné časové řady, tak i vzájemných vzdáleností mezi extrémny v různých časových řadách. Testovanou hypotézou může být, zda je možné vzdálenosti mezi extrémny popsat nějakým pravděpodobnostním rozdělením. V takovém případě by mezi extrémny existoval stochastický vztah a extrémny se v časové řadě přenášejí s určitým zpožděním.

LITERATURA

- [1] ANDĚL, J. *Základy matematické statistiky*. 1. vydání, Praha: Matfyzpress, 2007, 358 s. ISBN 978-80-7378-162-0
- [2] BASU, P., GAVIN, W. T. What Explains the Growth in Commodity Derivatives? In *Excessive Speculation in Agriculture Commodities: Selected Writings from 2008–2011*. Institute for Agriculture and Trade Policy, s. 15-22
- [3] BERG, A. The rice of commodity speculation: from villainous to venerable. In *Safeguarding Food Security in Volatile Global Markets*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. 242-267
- [4] CIPRA, T. *Finanční ekonometrie*. 1. vydání, Praha: Ekopress, 2008, 538 s. ISBN 978-80-86929-43-9.
- [5] *Food and agriculture Organization of the United Nations: Statistical Yearbook 2013*. [online] Food and agriculture Organization of the United Nations: 2013 [cit. 2013-09-30]. Dostupné z [www: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/en/>](http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/en/)
- [6] *Food and agriculture Organization of the United Nations: FAOSTAT 2013*. [online] Food and agriculture Organization of the United Nations: 2013 [cit. 2013-09-30]. Dostupné z [www: < http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>](http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E)
- [7] KELLEY, W. G., PETERSON, A. C. *Difference Equations: An Introduction With Applications*. 2. vydání, San Diego: Academic Press, 2001, 415 s. ISBN 0-12-403330-X
- [8] MALKIEL, B. G. The Efficient Market Hypothesis and Its Critics. *The Journal of Economic Perspectives*, 17, 2003 (1), s. 59-82
- [9] PIESSE, J., THIRTLE, C. Three bubbles and a panic: An explanatory review of recent food commodity price events. *Food Policy*, 32, 2009 (2), s. 119-129
- [10] SMUTKA, L. et al. Tvorba ceny cukru na světovém trhu – přenos ceny surového a bílého cukru. *Listy cukrovarnické a řepařské*, 128, 2012 (9-10), s. 274-278.
- [11] SMUTKA, L. et al. Vývoj cen cukru ve světě (vybrané trendy a specifika). *Listy cukrovarnické a řepařské*, 128, 2012 (11), s. 328-331.
- [12] TOUŠEK, V., KUNC, J., VYSTOUPIL, J. a kol. *Ekonomická a sociální geografie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 411 s. ISBN 978-80-7380-114-4.
- [13] UNCTAD Task Force on Systemic Issues and Economic Cooperation: Managing the Financialization of Commodity Futures Trading. In *Excessive Speculation in*

Agriculture Commodities: Selected Writings from 2008–2011. Institute for Agriculture and Trade Policy, s. 23-34

[14] *USDA Foreign Agricultural Service: Production, Supply and Distribution Online*. [online] USDA Foreign Agricultural Service, 2013. [cit. 2013-09-30]. Dostupné z [www: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/>](http://www.fas.usda.gov/psdonline/)

Autoři

Ing. et Ing. Jiří PEŠÍK

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta ekonomická

Katedra ekonomie a kvantitativních metod

pesikj@kem.zcu.cz

Ing. Marta Šlehoferová

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta ekonomická

Katedra geografie

msleh@kge.zcu.cz

ANALYSIS OF COMMODITY SPECULATIONS BASED ON PARAMETRICAL EXTREMES IN PRICES' TIME SERIES

Jiří Pešík, Marta Šlehoferová

Abstract: This article is focused on a definition and detection of extremes in prices of sugar No. 11 futures, sugar No. 16 futures and other commodities futures. The purpose of the paper is to investigate intervals between extremes in time series. The extremes detected in the same day or short intervals between extremes would foreshadow that there are significant moves of capital between the commodities. And these moves would be one of the key factors of making the commodities' prices. The other possibility is joint move of capital from two or more commodities to other financial assets. We used polynomial moving averages to filter the time series. A definition of the extreme was based on an absolute value of difference between filtered value and the actual price. The conclusion of our analysis is that occurrence of the extremes are quite independent. We can say that the investors reflect more information during their decision-making than prices of other commodities. This statement is consistent with efficient market hypothesis.

Key words: commodity prices, commodity speculations, time series, extremes in time series, technical analysis

JEL Classification: M21