



ZÁPADOČESKÁ  
UNIVERZITA  
V PLZNI

# Předpověď kurzů měn a akcií na jeden, dva až tři kotační dny

Vzorová semestrální práce z předmětu  
„Modely řízení ve firmě“ (KIV/MRF)



2007

## 1. Zadání

Lineární model pro předpověď kurzů měn a akcií na jeden dva až tři koteční dny. Zpracování modelu, metody identifikace parametrů. Ověření na kurzu USD k CZK, EUR k CZK, indexu PX a kurzu akcií ČEZ. Diskuse možností takových modelů.

## 2. Zdroj dat

Použitá data byla získána z Komerční banky<sup>1</sup> (<http://trading.kb.cz/ibweb/homePage.do>) a není žádný důvod pochybovat o správnosti těchto dat.

## 3. Zdroj problémů

Pro předpovědi kurzů neexistuje žádný univerzální model. Pro odhady kurzů na další dny platí, že odhadnutá hodnota má velmi široký interval spolehlivosti, často i několik desítek procent. Tento interval se dále rozšiřuje s časovým horizontem předpovědi. Takovéto předpovědi lze konstruovat například použitím ARMA modelů.

Budoucí hodnotu kurzů lze dále předpovídat na základě odhadu trendu. Tyto odhady jsou vhodné především pro dlouhodobé předpovědi, v krátkodobém horizontu nepostihují výkyvy, které jsou pro investora zajímavé.

Přesný odhad budoucí hodnoty není tedy příliš reálný, proto bude v této práci věnována pozornost především odhadu budoucího růstu a poklesu kurzu.

## 4. ARMA modely

Model pro řadu  $ARMA(p, q)$  je následující [2]:

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

V případě použití tohoto modelu je nutné, aby časová řada byla diferencována a transformována. V opačném případě nebudou u časových řad kurzů splněny podmínky stacionarity ( $|\varphi_i| < 1$ ) a invertibility ( $|\theta_i| < 1$ ).

### Určení transformace

Díky transformaci se dosáhne toho, že náhodné šoky mají charakter bílého šumu, s konstantním rozptylem a normálním rozdělením. Box a Cox navrhli obecnou transformaci časové řady ve tvaru

$$y_t^{(\lambda)} = \frac{y_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{pro } \lambda \neq 0$$

$$y_t^{(\lambda)} = \log y_t \quad \text{pro } \lambda = 0$$

kde  $y_t^{(\lambda)}$  označuje transformovanou řadu. Tato transformace je ale příliš složitá a odhadování parametru  $\lambda$  je výpočetně velmi náročné, proto se používá zjednodušení, kdy transformace má následující tvar

---

<sup>1</sup> Vždy uvádějte zdroje, odkud čerpáte data.

$$y_t^{(\lambda)} = y_t^\lambda \quad \text{pro } \lambda \neq 0$$

$$y_t^{(\lambda)} = \log y_t \quad \text{pro } \lambda = 0$$

kde o hodnotě  $\lambda$  lze zhruba rozhodnout graficky a to dle následujícího postupu:

- Řada se rozdělí na krátké úseky od 4 do 12 pozorování.
- V každém úseku se zjistí aritmetický průměr (ozn.  $m$ ) a variační rozpětí, tj. rozdíl maximální a minimální hodnoty (ozn.  $r$ ). Body  $(m, r)$  se zanesou do grafu.
- Vybere se taková transformace, pro kterou leží body přibližně na horizontální přímce.

Pro ekonomické časové řady je vhodná především logaritmická transformace, proto se někdy objevují doporučení rozlišovat pouze hodnoty  $\lambda = 1$  a  $\lambda = 0$  (tj. identickou a logaritmickou transformaci).

### Určení diferencování

Uvádí se, že diferencovat by se mělo do té doby, dokud se snižuje rozptyl řady. Diferencování se aplikuje na transformovanou řadu.

ARMA modely v této práci nebudou používány. Jejich schopnost predikce pro krátkodobé výkyvy kurzů je velmi omezená, jelikož výsledný interval spolehlivosti je velmi široký (až desítky procent)<sup>2</sup>.

## 5. Odhad trendu řady<sup>3</sup>

Předpokládá se, že časová řada obsahuje trend, který se snažíme odhadnout. Tento trend může být např. lineární, kvadratický, exponenciální, logistický...

Jako trend zvolíme ten, pro který budou hodnoty v následující tabulce přibližně konstantní [5].

Lineární trend	$x_t - x_{t-1}$
Kvadratický trend	$x_t - 2x_{t-1} + x_{t-2}$
Exponenciální trend	$x_t/x_{t-1}$
Modifikovaný exponenciální trend	$\frac{x_t - x_{t-1}}{x_{t-1} - x_{t-2}}$
Logistický trend	$\frac{1/x_t - 1/x_{t-1}}{1/x_{t-1} - 1/x_{t-2}}$
Gompertzova křivka	$\frac{\ln x_t - \ln x_{t-1}}{\ln x_{t-1} - \ln x_{t-2}}$

Dle předpokladu by pro akcie, burzovní indexy a kurzy měn měl být používán exponenciální trend. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty výběrové směrodatné odchylky pro různé

<sup>2</sup> Není nutné zpracovávat všechny metody, pokud metoda není vhodná, stačí to uvést. Musíte ovšem zdůvodnit, z jakého důvodu je metoda nevhodná.

<sup>3</sup> Tato kapitola čerpá z přednášek 1, 2 a 4 předmětu KIV/MRF, dále pak z přednášek předmětu KMA/SA2

varianty trendů. Tučně jsou označeny minimální hodnoty. Všechny výpočty se nacházejí na příloženém CD v adresáři 1 *Trend*<sup>4</sup>.

	ČEZ	PX	EUR	USD
Lineární trend	11,61	14,79	0,08	0,12
Kvadratický trend	16,37	20,45	0,13	0,16
Exponenciální trend	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>
Mod. exp. trend	11,05	10,74	17,95	14,90
Logistický trend	11,27	10,86	17,96	21,61
Gompertzova křivka	11,16	10,80	17,95	21,65

Nejnižší hodnoty výběrové směrodatné odchylky jsou ve všech případech při použití exponenciálního trendu ( $kurz = \alpha \cdot \beta^t$ ). S tímto trendem bude tedy dále počítáno.

Jedná se o nelineární vztah. Jeho koeficienty je možné odhadovat buď metodou maximální věrohodnosti, nebo transformovat (zlogaritmováním) na lineární model a jeho koeficienty odhadnout metodou nejmenších čtverců (MNČ)<sup>5</sup>. Maximálně věrohodný odhad byl vypočten pomocí programu Statistica 7.0<sup>6</sup>, MNČ byla provedena v Excelu 2007.

V následující tabulce jsou uvedeny odhadnuté koeficienty pomocí obou metod a příslušné reziduální součty čtverců (RSS) pro ČEZ, PX, EUR a USD. RSS byl vypočten dle následujícího vzorce:

$$RSS = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2$$

Kde:

$y_t$  je skutečná hodnota v čase  $t$

$\hat{y}_t$  je odhadnutá hodnota v čase  $t$

	MNČ			Max. věrohodný odhad		
	$\alpha$	$\beta$	RSS	$\alpha$	$\beta$	RSS
ČEZ	95,10	1,00250	26 241 371	160,60	1,00184	<b>7 652 074</b>
PX	483,75	1,00147	18 490 457	585,58	1,00120	<b>8 905 625</b>
EUR	29,91	0,99990	<b>143</b>	29,86	0,99990	144
USD	25,05	0,99975	572	24,99	0,99975	<b>570</b>

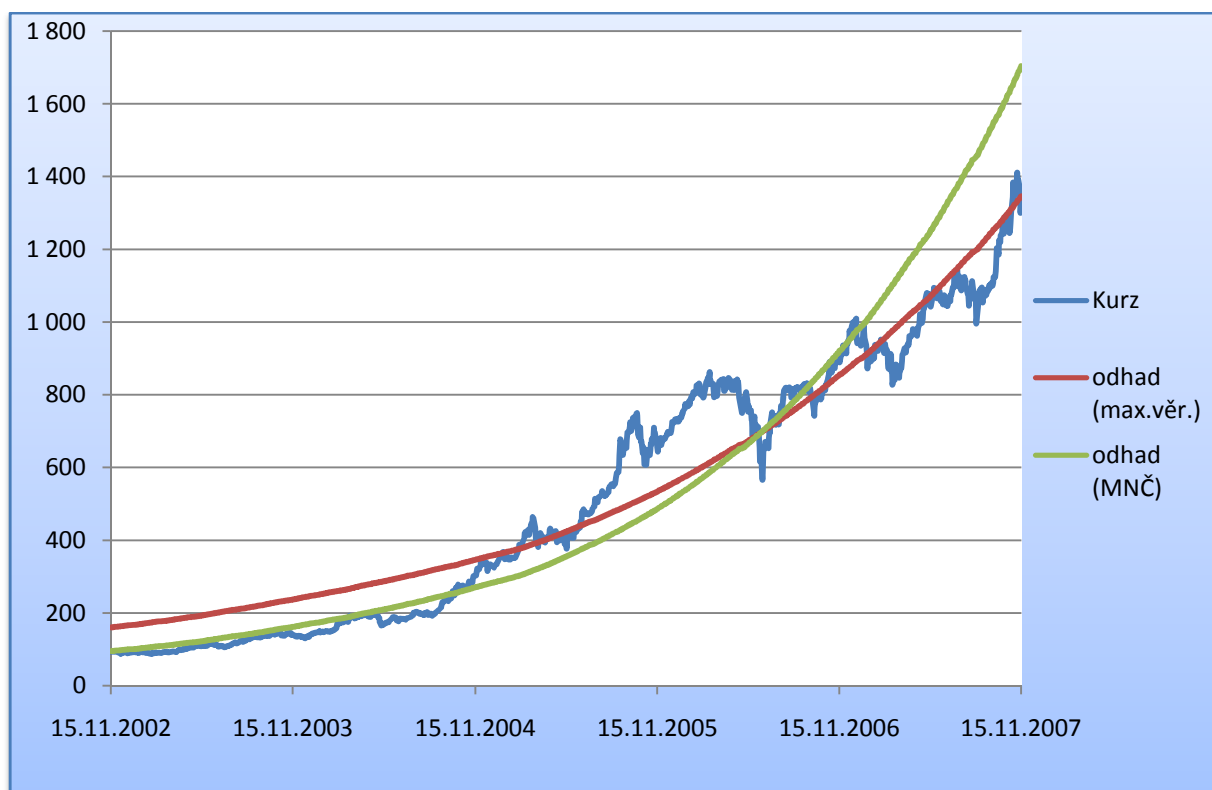
V případě ČEZu, PX a USD jsou z pohledu reziduálního součtu čtverců (RSS) získány lepší odhady pomocí metody maximální věrohodnosti. V případě kurzu EUR je lepší výsledek získán v případě MNČ, ale rozdíl oproti výsledku získanému metodou maximální věrohodnosti je zanedbatelný.

Na následujícím obrázku je grafické porovnání skutečných a odhadnutých dat v případě akcií ČEZu.

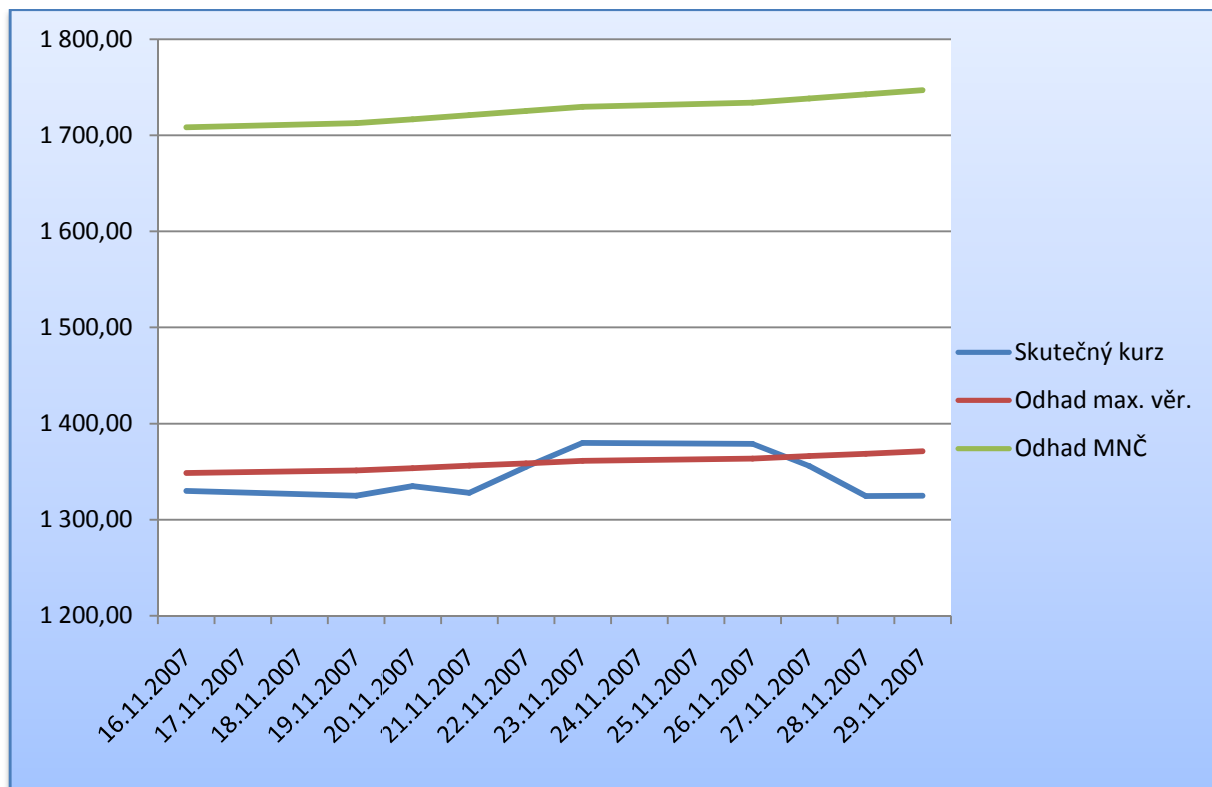
<sup>4</sup> Provedené výpočty odevzdávejte na příloženém CD, v textu se na ně v příslušných částech odvolávejte a uvádějte k nim cestu. Výsledky vždy okomentujte.

<sup>5</sup> Blíže viz přednášku 4 předmětu KIV/MRF

<sup>6</sup> Pokud používáte k výpočtům nějaký SW, uvádějte který, včetně verze.



Pro ukázkou jsou zde uvedeny výsledný graf a tabulka s rozdíly skutečných a odhadnutých hodnot pro akcie ČEZu, ostatní grafy včetně všech zdrojových dat lze nalézt na příloženém CD v adresáři 1 Trend.



Datum	Skutečný kurz	Odhad max. věr.	Odhad MNČ	RSS max. věr.	RSS MNČ
29. 11. 2007	1 325,00	1 371,16	1 747,01	2 130,67	178 091,47
28. 11. 2007	1 324,50	1 368,64	1 742,65	1 948,12	174 848,91
27. 11. 2007	1 356,00	1 366,12	1 738,30	102,42	146 153,91
26. 11. 2007	1 379,00	1 363,61	1 733,96	236,91	125 998,79
23. 11. 2007	1 380,00	1 361,10	1 729,64	357,20	122 245,46
22. 11. 2007	1 355,00	1 358,60	1 725,32	12,94	137 136,95
21. 11. 2007	1 328,00	1 356,10	1 721,01	789,53	154 460,58
20. 11. 2007	1 335,00	1 353,60	1 716,72	346,13	145 710,26
19. 11. 2007	1 325,00	1 351,12	1 712,44	682,00	150 106,86
16. 11. 2007	1 330,00	1 348,63	1 708,16	347,09	143 007,31
			Celkem chyba	6 953,01	1 477 760,50

V případě akcií ČEZu jsou předpovědi při použití metody maximální věrohodnosti poměrně dobré. V ostatních třech případech jsou ovšem rozdíly vysoké, v případě PX dokonce i přes 10%.

Předpovědi při použití MNČ jsou u kurzů měn podobné jako při použití metody maximální věrohodnosti, u akcií ČEZu a indexu PX však chyba výrazně roste (u indexu PX až na 20%).

## 5.1 Zhodnocení

Pro předpověď přesných hodnot v rámci několika dnů není tento model příliš vhodný, lze z něj vyčíst pouze pravděpodobný dlouhodobý budoucí vývoj kurzů a ne kolísání, o které jde v rámci dnů především. To se potvrdilo v případě všech testovaných aktiv.

## 6. Odhad změn kurzu

V tomto případě odhadujeme, zda se následující den kurz zvýší, sníží, nebo zůstane přibližně stejný. Existují tedy 3 varianty:

- Následující den kurz poklesne o  $p$  % a více
- Následující den kurz vzroste o  $p$  % a více
- Následující den se bude kurz pohybovat v tolerančním pásmu ( $-p$  %,  $p$  %)

K tomuto odhadu lze použít trinomické rozdělení pravděpodobnosti. Parametry tohoto rozdělení lze jednoduše odhadnout z dostupných historických dat jako poměr vyhovujících případů k všem případům.

Parametr  $p$  je zvolen jako dvojnásobek výše poplatků na trhu (musí dojít k nákupu i prodeji, proto dvojnásobek). Při obchodování přes internet na [www.patria-direct.cz](http://www.patria-direct.cz) je poplatek za jeden obchod stanoven na 0,71% z objemu obchodu. V případě ČEZu a PX je tedy výše  $p$  stanovena na 1,42%. Investor má tedy tři varianty jak se chovat:

- Pokud bude odhadnuto, že následující den kurz poklesne o  $p$  % a více, tak bude realizovat prodej nakrátko – prodá dnes aktivum a zítra aktivum dokoupí za cenu o  $p$  % nižší.
- Pokud bude odhadnuto, že následující den kurz vzroste o  $p$  % a více, tak investor dnes koupí aktivum a zítra aktivum prodá za cenu o  $p$  % vyšší.

- Pokud bude odhadnuto, že následující den se bude kurz pohybovat v tolerančním pásmu  $(-p \%, p \%)$ , tak investor bude čekat.

V případě EUR a USD při obchodu na [www.patria-direct.cz](http://www.patria-direct.cz) není placen žádný poplatek, ale musí být počítáno se spreadem nabídky a poptávky. Průměrná hodnota spreadu u EUR činí 0,58% a v případě USD 0,56%. Hodnota  $p$  bude tedy stanovena na této úrovni.

V případě předpovědi na jeden den bude pro stanovení pravděpodobností v modelu použito poměru hodnoty v čase  $t$  k hodnotě v čase  $t - 1$ . V případě předpovědi na dva dny, resp. na tři dny bude časový rozdíl mezi hodnotami o jednotku, resp. o dvě jednotky vyšší.

Platí, že rozložení stavů se řídí trinomickým rozdělením:

$$P(x_1 = n_1, x_2 = n_2, x_3 = n_3) = \frac{n!}{n_1! n_2! n_3!} p_1^{n_1} p_2^{n_2} p_3^{n_3}$$

Pro každý den jsou z historických dat stanoveny parametry

- $p_1$  pravděpodobnost že následující den kurz vzroste o více než  $p\%$ .
- $p_2$  pravděpodobnost že následující den kurz zůstane v tolerančním pásmu  $(-p \%, p \%)$ .
- $p_3$  pravděpodobnost že následující den kurz klesne o více než  $p\%$ .
- Musí platit, že  $1 = p_1 + p_2 + p_3$ .

Stanovení následujícího vývoje je prováděno na základě posledních 3, 5, 10 a 15 hodnot. V případě využití posledních  $n$  hodnot jsou k dispozici následující četnosti výskytu:

- $n_1$  četnosti, kdy kurz vzrostl o více než  $p\%$ .
- $n_2$  četnosti, kdy kurz zůstal v tolerančním pásmu  $(-p \%, p \%)$ .
- $n_3$  četnosti, kdy kurz klesnul o více než  $p\%$ .
- Musí platit, že  $n = n_1 + n_2 + n_3$ .

Pravděpodobnosti potřebné k určení budoucího vývoje lze spočítat následovně:

- $P(x_1 = n_1 + 1, x_2 = n_2, x_3 = n_3)$  ... pravděpodobnost, že v následujícím dnu kurz vzroste
- $P(x_1 = n_1, x_2 = n_2 + 1, x_3 = n_3)$  ... pravděpodobnost, že v následujícím dnu kurz zůstane v tolerančním pásmu
- $P(x_1 = n_1, x_2 = n_2, x_3 = n_3 + 1)$  ... pravděpodobnost, že v následujícím dnu kurz klesne

Takto získané výsledky jsou porovnávány se skutečností. Jsou rozlišovány dva druhy chyb:

- Chyba A, kdy se předpověď a skutečnost liší pouze v jednom stavu (např. je předpovězen pokles, ale ve skutečnosti se kurz pohybuje v tolerančním pásmu).
- Chyba B, kdy je vývoj kurzu opačný, než bylo předpověženo (např. je předpovězen pokles, ale ve skutečnosti kurz vzroste).

## 6.1 Odhad změn kurzů na jeden den

Všechny výpočty této části se nacházejí na přiloženém CD v souboru 2 *Poklesy a růsty\Poklesy a růsty na 1 den.xlsx*. Výpočty jsou prováděny dle výše uvedeného postupu. V následující tabulce jsou zaznamenány úspěšnosti modelů pro předpovědi. Na prvním místě je vždy počet úspěšných předpovědí, následuje počet chyb A a na třetím místě je počet chyb B.

	3 Hodnoty	5 Hodnot	10 Hodnot	15 Hodnot
ČEZ	11:19: 0	10:19: 1	5:19: 6	2:20: 8
PX	22: 8: 0	22: 8: 0	22: 7: 0*	15:14: 1
EUR	24: 6: 0	24: 6: 0	24: 6: 0	24: 6: 0
USD	22: 8: 0	22: 8: 0	12:14: 4	18:11: 1

\*V jednom případě nebylo možno rozhodnout o budoucím vývoji

Na první pohled lze vyloučit předpovědi s použitím 15 posledních hodnot, protože chybovost je nejvyšší. Dále jsou komentovány výsledky pro jednotlivé tituly.

- ČEZ: výsledky předpovědí jsou velmi špatné, správné předpovědi jsou většinou o setrvání v tolerančním pásmu.
- PX: v tomto případě je poměr správných předpovědí k špatným velmi dobrý, bohužel ale všechny předpovědi jsou v tomto případě stejné – „kurz bude v tolerančním pásmu“. To je způsobeno tím, že pravděpodobnost setrvání v tolerančním pásmu je z historických hodnot odhadnuta na 76%. První předpovědi mimo interval se objevují až při použití 10 hodnot, ale tyto předpovědi jsou ve většině případů chybné.
- EUR: stejný vývoj jako u PX.
- USD: stejný vývoj jako u PX.

## 6.2 Odhad změn kurzů na dva dny

Všechny výpočty této části se nacházejí na přiloženém CD v souboru 2 *Poklesy a růsty\Poklesy a růsty na 2 dny.xlsx*. Výpočty jsou prováděny dle výše uvedeného postupu. V následující tabulce jsou zaznamenány úspěšnosti modelů pro předpovědi.

	3 Hodnoty	5 Hodnot	10 Hodnot	15 Hodnot
ČEZ	14:12: 3	13:15: 1	12:15: 2	9:16: 4
PX	15:11: 3	16:11: 2	10:15: 4	6:16: 7
EUR	23: 6: 0	23: 6: 0	23: 6: 0	25: 4: 0
USD	14:15:0	13:13: 3	10:14: 5	4:14:10

Vzhledem k předpovědi na delší časové období dochází k větším výkyvům, proto se častěji vyskytují předpovědi mimo interval tolerance než v případě předpovědí na jeden den.

- ČEZ: nejlepší výsledky dává předpověď pomocí posledních 5 hodnot. Vyskytla se zde pouze jedna chyba, kdy odhadovaný vývoj byl opačný než skutečnost. Poměrně dobře jsou správně odhadovány i pohyby mimo interval tolerance.
- PX: podobné výsledky jako v případě ČEZu, předpovědi pohybů mimo interval tolerance jsou ale méně spolehlivé.



- EUR: v tomto případě je poměr správných předpovědí k špatným velmi dobrý, bohužel ale všechny předpovědi jsou v tomto případě stejné – „kurz bude v tolerančním pásmu“. Jedná se tedy o stejnou situaci jako při předpovědích na jeden den. Opět je to způsobeno tím, že pravděpodobnost setrvání v tolerančním pásmu je z historických hodnot odhadnuta na 89%.
- USD: nejlepší výsledky dává předpověď pomocí posledních 3 hodnot. Poměrně dobře jsou správně odhadovány i pohyby mimo interval tolerance. V jiných případech se vyskytují chyby, kdy je předpovídán opačný vývoj kurzu, než je skutečný.

### 6.3 Odhad změn kurzů na tři dny

Všechny výpočty této části se nacházejí na přiloženém CD v souboru 2 *Poklesy a růsty\Poklesy a růsty na 3 dny.xlsx*. Výpočty jsou prováděny dle výše uvedeného postupu. V následující tabulce jsou zaznamenány úspěšnosti modelů pro předpovědi.

	3 Hodnoty	5 Hodnot	10 Hodnot	15 Hodnot
ČEZ	11:12: 5	9:14: 5	11:13: 4	9:13: 6
PX	15: 8: 5	13:11: 4	8:16: 4	8:15: 5
EUR	19: 9: 0	19: 9: 0	22: 6: 0	20: 8: 0
USD	14:10: 2	12:13: 3	4:12:12	4:14:10

- ČEZ: předpovědi jsou velmi často chybné, často se objevuje i chyba, kdy je předpovídán opačný vývoj, než je skutečnost.
- PX: podobné výsledky jako v případě ČEZu.
- EUR: nejlepší předpovědi jsou při použití posledních 10 hodnot. Správně jsou předpovídány pohyby mimo interval spolehlivosti.
- USD: nejlepší výsledky dává předpověď pomocí posledních 3 hodnot. Poměrně dobře jsou správně odhadovány i pohyby mimo interval tolerance.

### 6.4 Zhodnocení

Předpovědi následujícího vývoje nejsou příliš spolehlivé. V případě kurzů měn je potřeba brát v úvahu delší časový interval (v tomto případě 3 dny), aby kurz dokázal překonat zadanou hodnotu  $p$ , která určuje interval tolerance. Poté je úspěšnost předpovědí pohybu mimo tento interval vyšší.

U akcií ČEZu a indexu PX jsou mezidenní pohyby vyšší, proto lze tento model aplikovat i na jednodenní pohyby. Úspěšnost předpovědí je ovšem malá a často dochází k předpovědím opačného vývoje, než který skutečně následuje.

## 7. Klouzavé průměry<sup>7</sup>

V této části bude k odhadu budoucích hodnot použit klouzavý průměr. Z předchozích  $n$  pozorování bude spočítán průměr, popř. vážený průměr a tato hodnota bude sloužit jako předpověď vývoje pro následující den. Podobně jako v případě odhadu trendu se tato metoda více hodí pro předpovědi na delší časová období.

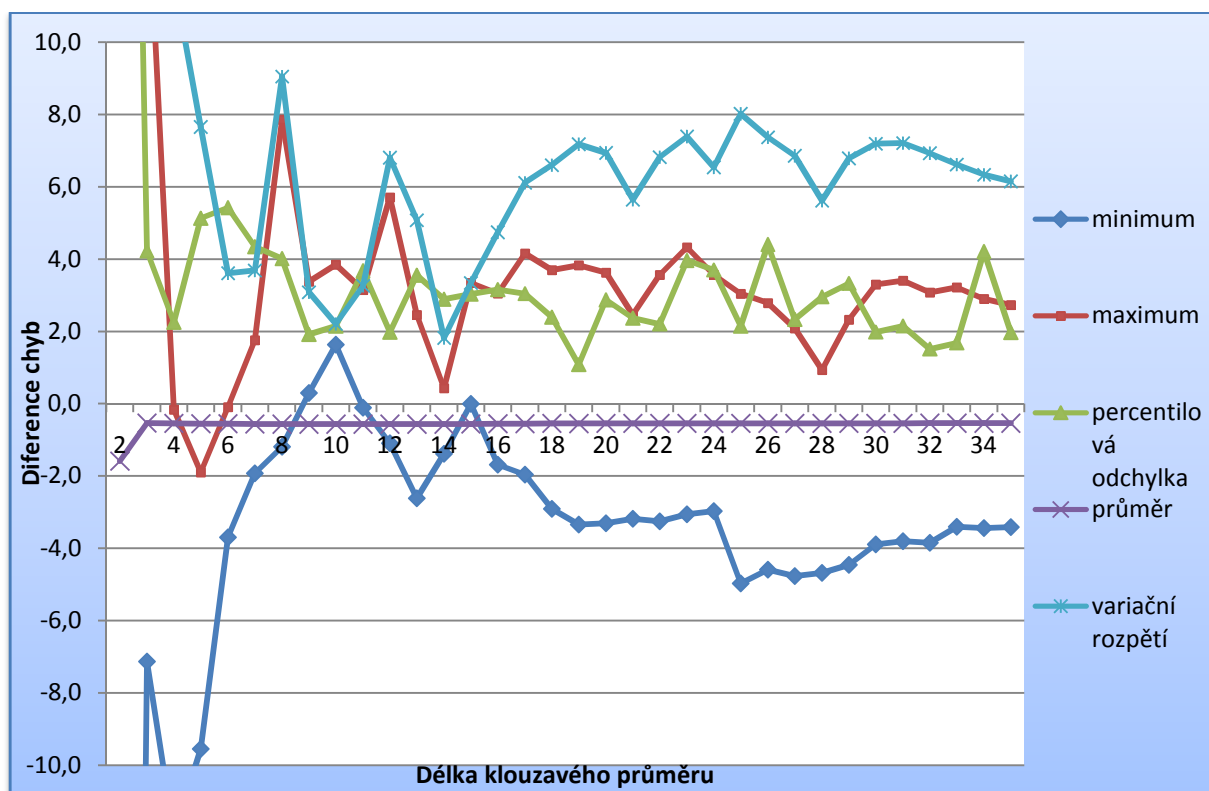
První otázkou je, jakou délku klouzavého průměru zvolit. Pokud zvolíme délku klouzavého průměru malou, zůstane zachována šumová komponenta. Pokud je zvolena příliš velká délka, tak dochází k přehlazení a tím k lokálně konstantnímu posunutí. Proto je důležitá

<sup>7</sup> Tato kapitola čerpá z přednášky 4 předmětu KIV/MRF

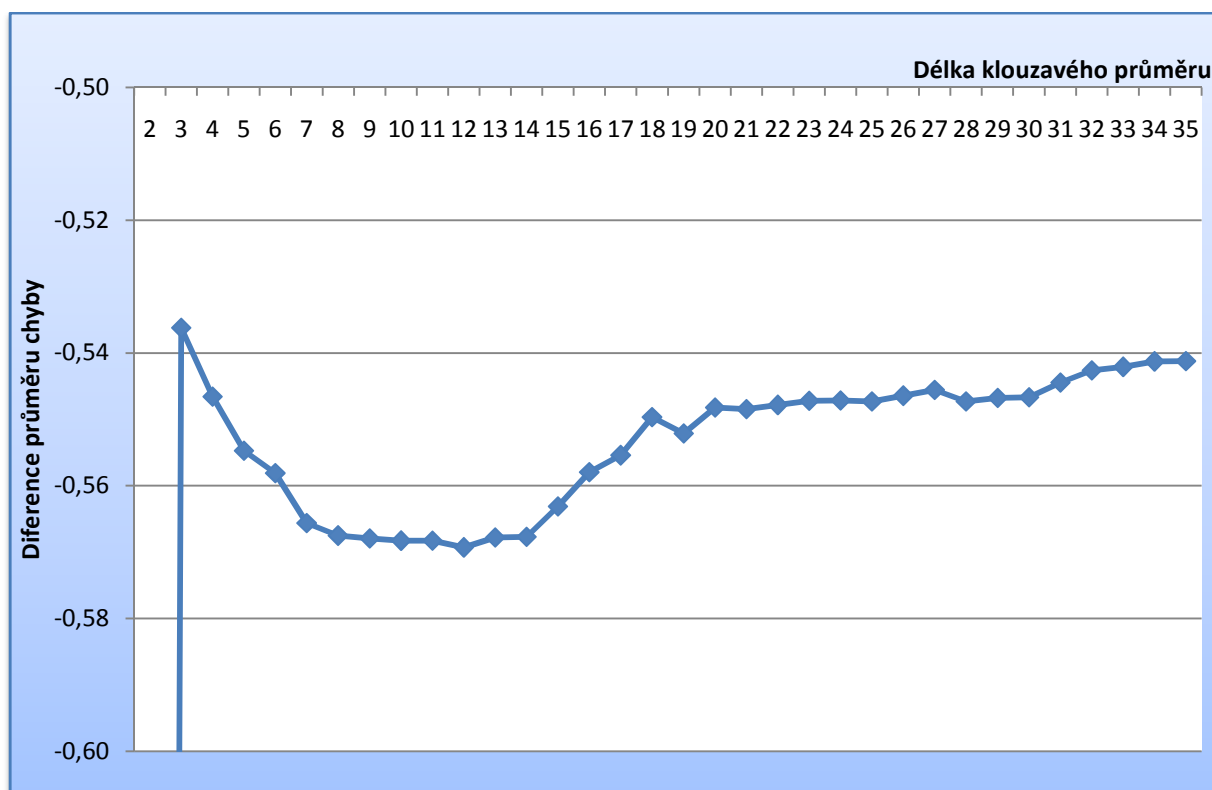
analýza odchylek filtrovaného průběhu od původního. K tomu slouží soubory umístěné v adresáři 3 MA – volba délky na přiloženém CD. Jsou zde spočteny klouzavé průměry o délce 2 až 35. Poté jsou spočteny odchylky od skutečného kurzu. Následně jsou spočteny pro tyto odchylky tyto hodnoty:

- Minimum
- Maximum
- Variační rozpětí (tj. maximum – minimum)
- 5% a 95% percentily (tj. minimální a maximální hodnota s vyloučením 5% nejnižších a nejvyšších hodnot)
- Percentilová odchylka (tj. variační rozpětí 5% a 95% percentilu)
- Průměr

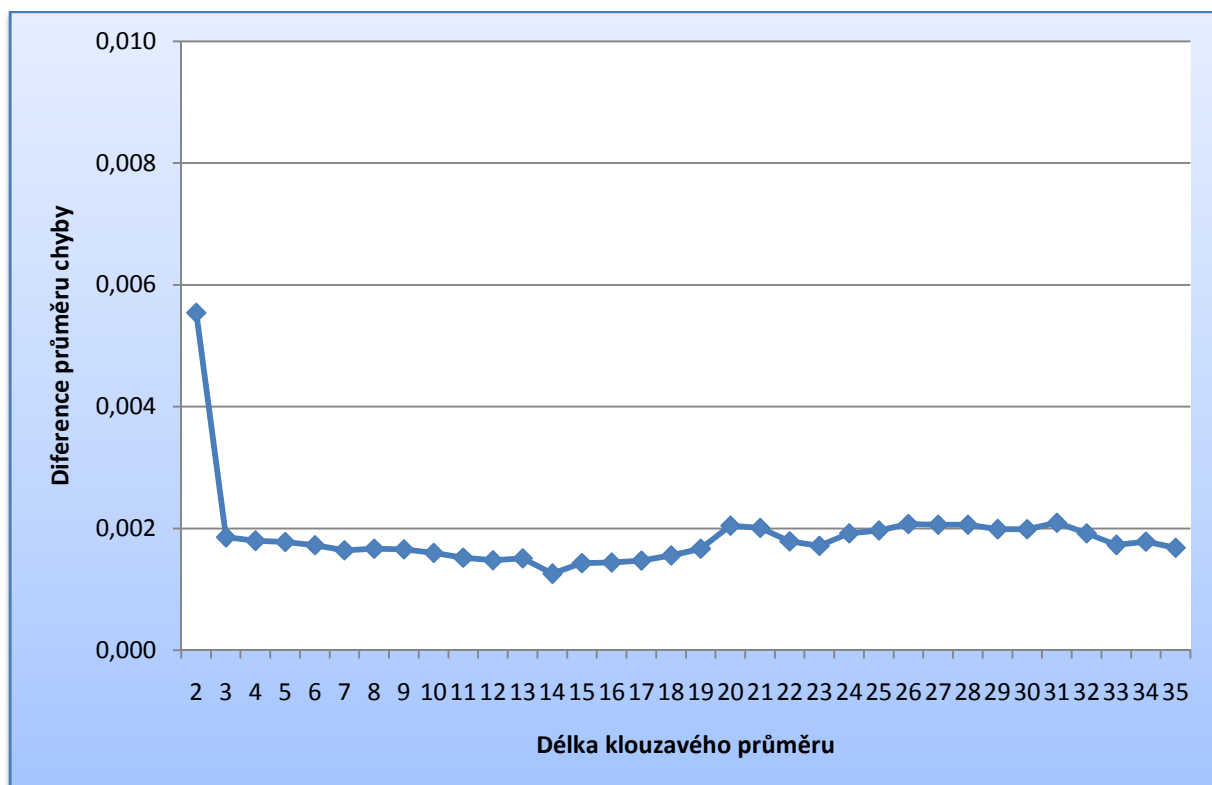
S těmito hodnotami je pracováno dále a jsou počítány difference v případě, kdy je použit klouzavý průměr s délkou o jednotku vyšší než předcházející. Jako délku klouzavého průměru budeme volit tu, od které jsou difference již přibližně konstantní, protože jak již bylo zmíněno, poté v případě volby delšího klouzavého průměru je již přidáváno pouze lokální konstantní posunutí. Na následujícím grafu jsou zachyceny difference v případě ČEZu:



Jako nejvhodnější způsob ke stanovení délky je zvolen průměr chyb (není citlivý na extrémní hodnoty). Na následujícím obrázku je detailní průběh pouze pro difference průměru odchylek v závislosti na délce klouzavého průměru:



Za konstantní lze požadovat odchylky od klouzavého průměru o délce 20. Tato délka se shoduje s nejčastěji používaným klouzavým průměrem při technické analýze akcií. V případě USD a EUR je volena délka klouzavého průměru 3, v případě indexu PX je zvolena délka 10. Na následujícím obrázku je zobrazena závislost difference chyby na délce klouzavého průměru pro EUR:

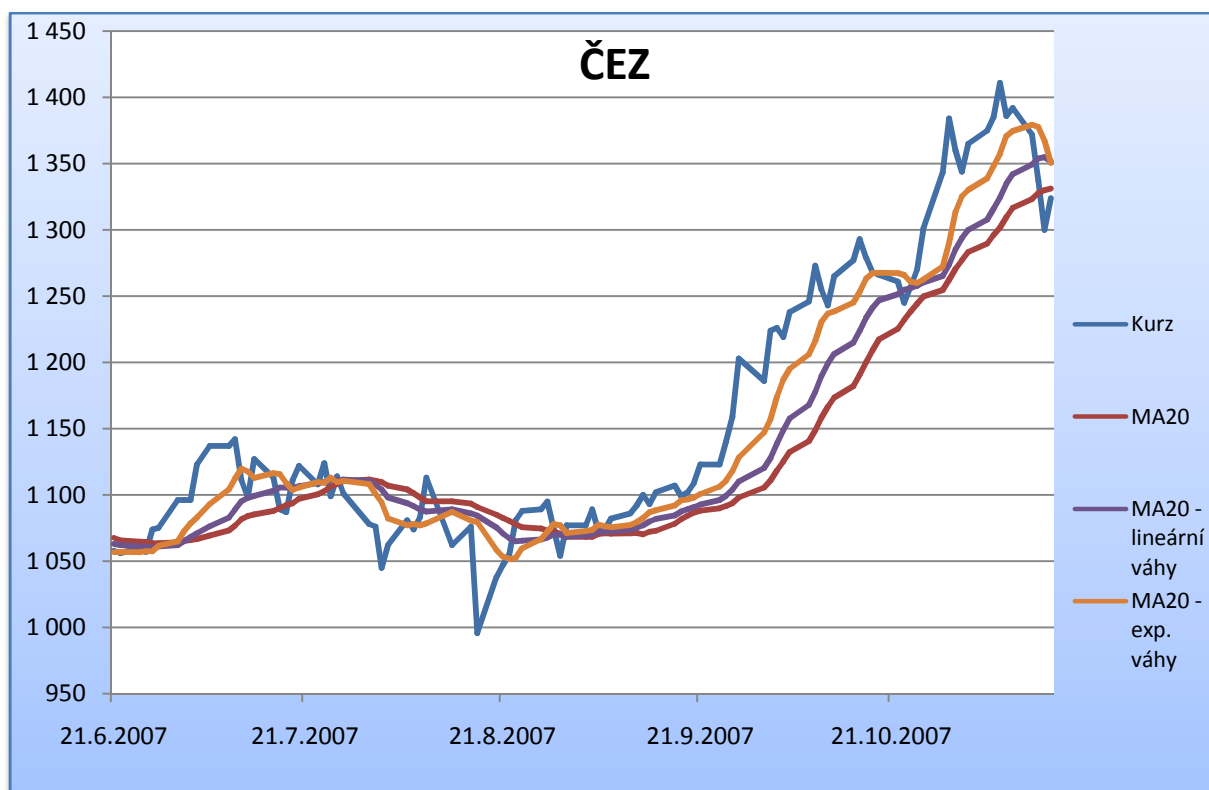


Pro zvolené délky klouzavých průměrů jsou následně spočteny vyrovnané hodnoty. Jelikož by se kurz neměl příliš vzdalovat od vyrovnané hodnoty, tak jako předpověď na další den je volena vyrovnaná hodnota v minulém dnu. V adresáři 4 MA – Předpovědi jsou tyto výpočty prováděny. Jsou zde vypočteny kromě klasického klouzavého průměru i další dva vážené průměry. Jsou zde tedy vypočteny:

- Klasicky klouzavý průměr
- Vážený klouzavý průměr, kde nejaktuálnější hodnota má váhu 20, resp. 10, resp. 3 a lineárně se snižuje směrem do minulosti až k jedničce.
- Vážený klouzavý průměr, kde nejaktuálnější hodnota má váhu 1 a váhy hodnot směrem do minulosti se exponenciálně snižují. V této práci je volen pokles následující váhy na 75% předchozí váhy.

Na následujících obrázcích jsou zobrazeny skutečné hodnoty a jejich klouzavé průměry pro ČEZ a USD.





K předpovědím jsou následně vypočteny kvadráty chyb a reziduální součet čtverců (RSS). Nejnižší chyby jsou zaznamenány v případě použití exponenciálních vah. Ještě nižší chyba byla dosažena v případě, kdy byl použit vážený klouzavý průměr s poklesem váhy minulých pozorování na 0%, tj. cenu pro další den stanovíme jako cenu, která je dnes. V následující tabulce jsou zaznamenány RSS předpovědí. Předpovědi se týkaly celého intervalu dostupných historických hodnot, tj. počet předpovědí je v řádu stovek.

	MA	MA – lineární váhy	MA – exp. váhy
ČEZ	1 216 237	750 901	357 044
PX	1 272 568	875 671	708 431
EUR	8	7	7
USD	19	16	17

Chyby v případě ČEZu a indexu PX jsou vysoké z dvou důvodů:

- Oproti měnám jsou mezidenní pohyby kurzů vyšší.
- Použité klouzavé průměry jsou delší, mají tedy větší „setrvačnost“.

V technické analýze akcií se uplatňuje následující přístup:

- V případě, že skutečný kurz protne plovoucí průměr délky 20 směrem dolů, měl by investor aktivum prodat.
- V případě, že skutečný kurz protne plovoucí průměr délky 20 směrem vzhůru, měl by investor aktivum koupit.

Tento přístup vychází z předpokladu, že se kurz bude nějakou dobu pohybovat na jedné, nebo druhé straně plovoucího průměru, než jeho vývoj něco pozmění. Pokud si tuto teorii ověříme na akciích ČEZu (viz předchozí obrázek), je zřejmé, že ve většině případů by tento postup vedl k zisku. Jedená se ale pouze o krátký časový interval, proto nelze vyvozovat závěry o celé této teorii. Ověření této teorie není cílem této práce, proto nebude dále tato teorie testována.

## 7.1 Klouzavé průměry – poklesy a růsty

Výsledky předchozí části, tj. klouzavé průměry, lze použít i k odhadům poklesů a růstů. Opět bude uvažováno se třemi pásmy, stejně jako v části 6:

- Následující den kurz poklesne o  $p$  % a více
- Následující den kurz vzroste o  $p$  % a více
- Následující den se bude kurz pohybovat v tolerančním pásmu ( $-p$  %,  $p$  %)

Lze očekávat, že by se měl kurz držet blízko svého klouzavého průměru. Proto:

- Pokud je kurz o  $p$  % vyšší než vyrovnaná hodnota, bude předpokládán pokles o  $p$  %.
- Pokud je rozdíl kurzu a vyrovnané hodnoty menší než  $p$  %, bude předpokládán pohyb v rámci tohoto pásma.
- Pokud je kurz o  $p$  % nižší než vyrovnaná hodnota, bude předpokládán nárůst o  $p$  %.

Výpočty týkající se této části se nacházejí v adresáři 5 *MA poklesy a růsty*. Jsou zde automaticky počítány poklesy, růsty a setrvání kurzu v tolerančním pásmu. Opět jsou rozlišovány dva druhy chyb:

- Chyba A: kdy se předpověď a skutečnost liší pouze v jednom stavu (např. je předpovězen pokles, ale ve skutečnosti se kurz pohybuje v tolerančním pásmu).
- Chyba B: kdy je vývoj kurzu opačný, než bylo předpověženo (např. je předpovězen pokles, ale ve skutečnosti kurz vzroste).

Dosažené výsledky jsou shrnuty v následující tabulce:

	Klasický MA	MA s lineárními váhami	MA s exponenciálními váhami
ČEZ	35:51:14	37:50:13	45:45:10
PX	57:36: 7	60:37: 3	65:34: 1
EUR	91: 9 :0	92: 8: 0	92: 8: 0
USD	70:29: 1	74:26: 0	75:25: 0

Předpovědi v případě USD a EUR jsou na první pohled velmi dobré, ale stejně jako v kapitole 5 dochází většinou k předpovědi, že kurz bude v tolerančním pásmu. To je způsobeno tím, že kurzy mají malé mezidenní změny. V případě ČEZu a indexu PX jsou sice předpovídaný i změny mimo interval, ale dochází velmi často k chybě.

## 7.2 Zhodnocení

Klouzavé průměry slouží spíše jako doplněk při stanovení investiční strategie. Při odhadech poklesů a růstu z klouzavých průměrů nejsou výsledky příliš dobré. Je to tím, že pokud se kurz pohybuje daleko od svého klouzavého průměru, tak mu ve většině případů bude trvat delší dobu, než svůj klouzavý průměr protne. Z tohoto důvodu není příliš vhodné používat tento postup pro stanovení změn v následujícím dnu.

## 8. Závěr

Dílčí závěry jsou vyvozovány již v každé části. Celkově lze říct, že odhad trendů lze použít pro delší časové období, koeficienty musí být ovšem odhadovány metodou maximální věrohodnosti, protože v případě odhadů MNČ jsou odhady vychýlené. Pro kratší časové období lze použít předpovědi založených na klouzavém průměru, ty se ale opět nehodí na mezidenní předpovědi. Pro předpovědi mezidenních změn bylo v této práci použito trinomické rozdělení a předpovědi změn založené na klouzavých průměrech. V obou případech se ale nedá mluvit o velké spolehlivosti.

V případě reálné studie by muselo být provedeno mnohem více testů. Závěry by ovšem velmi pravděpodobně byly stejné. Předpovídat pohyby akcií lze jen velmi těžko, jelikož na jejich kurz působí velké množství vnějších vlivů.

## **Použitá literatura**

**[1] Reif, Jiří:** *Metody matematické statistiky*, Západočeská univerzita v Plzni, 2002

**[2] Cipra, Tomáš:** Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha 1986

**[3] Arlt Josef:** Moderní metody modelování ekonomických časových řad, Grada Publishing, Praha 1999

**[4]** Přednášky z předmětu KIV/MRF – Modely řízení ve firmě

**[5]** Přednášky z předmětu KMA/SA2 – Statistická analýza 2