



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV INFORMATIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF INFORMATICS

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ ZÁVISLOSTÍ MEZI EKONOMICKÝMI VELIČINAMI

MATHEMATICAL MODELLING OF RELATION BETWEEN ECONOMIC QUANTITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MARTIN ŽIGÁRDY

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. ZUZANA CHVÁTALOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Žigárdy Martin

Manažerská informatika (6209R021)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává bakalářskou práci s názvem:

Matematické modelování závislostí mezi ekonomickými veličinami

v anglickém jazyce:

Mathematical Modelling of Relation between Economic Quantities

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Teoretická východiska práce

Analýza problému a současné situace

Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

HŘEBÍČEK, J. a CHVÁTALOVÁ, Z. Kvantitativní metody v ekonomických výpočtech s využitím Maple. In 5th International Conference APLIMAT 2006. Bratislava: Slovak Investing News, Personal Finance, Stock Market, Mutual Funds, Investments & More | Reuters.com:.[online].c2007. poslední revize:10.11.2007. [cit. 2007-11-10]. dostupné z: <<http://www.reuters.com/investing>>

LAUBER, J. Programy pro matematické modelování. 1. vydání 1993. 316 s. ISBN 80-7079-088-1

MUSÍLEK, P. Trhy cenných papírů. 1. vydání 2002. 459 s. ISBN 8086119556

TONGEREN, F.W. van. Microsimulation modelling of the corporate firm : Exploring micro-macro economic relations. 1st edition. 1995. 275 s. ISBN 3-540-59443-4

ŽÁK, V. Matematické výpočty v systému Maple.[online]. [cit. 2007-11-10]. dostupné z: <http://www.stud.fme.vutbr.cz/~yzakv100/maple/index.html>

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Zuzana Chvátalová, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

L.S.

Ing. Jiří Kříž, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA
Děkan fakulty

V Brně, dne 29.05.2009

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na konstrukci a následnou ekonomickou interpretaci matematických modelů prezentující závislosti kontinuálního vývoje indexu PX (Český akciový index) a kontinuálními vývoji pěti významných světových titulů, kterými jsou cena barelu ropy Západotexaského Standardu, kurzů dolaru a eura vůči české koruně, indexy Dow Jones (Americký akciový index) a DAX (Německý akciový index). Modely jsou konstruovány užitím metod regresní analýzy a počítačového systému Maple.

KLÍČOVÁ SLOVA

Index PX, index DAX, index Dow Jones, cena ropy, směnný kurz eura, směnný kurz dolaru, regresní model, informační kritéria, Maple verze 12.

ABSTRACT

My work is aimed on creating and on subsequent economical interpretation of mathematical models presenting relations of continual development of PX index (Czech stock index) and continual developments of five important world titles, which are price of the West Texas Intermediate Crude Oil barrel, exchange rate between Dollar and Czech Crown as well as Euro and Czech Crown and indexes DAX (German stock index) and Dow Jones (American stock index). The models are create by using regression analysis and by mathematical software Maple version 12.

KEYWORDS

Index PX, index DAX, index Dow Jones, price of crude oil, Dollar exchange rate, Euro exchange rate, regression model, information criterion, Maple version 12.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE MÉ PRÁCE

ŽIGÁRDY, M. *Matematické modelování závislostí mezi ekonomickými veličinami*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2009. 66 s.
Vedoucí bakalářské práce RNDr. Zuzana Chvátalová, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „*Matematické modelování závislosti mezi ekonomickými veličinami*“ jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením vedoucího bakalářské práce. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským ve znění pozdějších předpisů).

V Brně dne 28. 5. 2009

.....

Martin Žigárdy

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce RNDr. Zuzaně Chvátalové, Ph.D. za cenné připomínky, rady a vysoce odborné vedení práce.

OBSAH

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 10 |
| 2 | CÍLE PRÁCE | 11 |
| 3 | TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE | 12 |
| 3.1 | Teoretická východiska pro ekonomickou interpretaci | 12 |
| 3.1.1 | Index PX | 12 |
| 3.1.2 | Index DAX | 12 |
| 3.1.3 | Index Dow Jones | 12 |
| 3.1.4 | Cena barelu ropy Západotexaského standardu | 13 |
| 3.1.5 | Kurz eura a dolaru | 13 |
| 3.2 | Teoretická východiska pro matematickou aplikaci | 13 |
| 3.2.1 | Regresní analýza | 13 |
| 3.2.2 | Metoda nejmenších čtverců | 13 |
| 3.2.3 | Lineární regrese | 14 |
| 3.2.4 | Polynomická regrese | 14 |
| 3.2.5 | Postup výpočtu parametrů | 15 |
| 3.2.6 | Informační kritéria | 15 |
| 3.2.7 | Maple verze 12 | 18 |
| 4 | ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE | 19 |
| 4.1 | Možnosti obchodování s cennými papíry v ČR | 19 |
| 4.1.1 | Burza cenných papírů Praha a.s. (BCPP) | 19 |
| 4.1.2 | RM-SYSTÉM | 20 |
| 4.2 | Analytická podpora pro investory | 21 |
| 4.3 | Současná situace na kapitálových trzích | 22 |
| 4.4 | Vývoj kapitálových trhů v roce 2006 | 22 |
| 4.4.1 | Makroekonomické vlivy v roce 2006 | 22 |
| 4.4.2 | Vývoj sledovaných ukazatelů v roce 2006 | 24 |
| 4.4.3 | Shrnutí vývoje kapitálových trhů v roce 2006 | 25 |
| 4.5 | Vývoj kapitálových trhů v roce 2007 | 26 |
| 4.5.1 | Makroekonomické vlivy v roce 2007 | 26 |
| 4.5.2 | Vývoj sledovaných ukazatelů v roce 2007 | 27 |
| 4.5.3 | Shrnutí vývoje kapitálových trhů v roce 2007 | 29 |
| 5 | VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ | 30 |
| 5.1 | Získání denních hodnot sledovaných ukazatelů | 31 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 5.2 | Očištění těchto hodnot od různých anomálií..... | 31 |
| 5.3 | Volba vhodného matematického respektive statistického aparátu..... | 32 |
| 5.3.1 | Modelování závislostí mezi vývojem indexu PX a vývojem jednotlivých titulů. | 32 |
| 5.3.2 | Modelování závislostí mezi vývojem indexu PX a vývojem ostatních titulů | 36 |
| 5.4 | Vytvoření programu..... | 38 |
| 5.4.1 | Program č. 1 - Knihovna se seznamy hodnot..... | 39 |
| 5.4.2 | Program č. 2 - Knihovna s procedurami | 39 |
| 5.4.3 | Program č. 3 – Výpočet regresních funkcí..... | 43 |
| 5.4.4 | Program č. 4 – Metoda naměřených hodnot | 44 |
| 5.4.5 | Program č. 5 – Metoda funkčních hodnot..... | 44 |
| 5.5 | Vytvoření matematických modelů a jejich matematická a ekonomická interpretace | 45 |
| 5.5.1 | Závislost indexu PX na indexu DAX..... | 46 |
| 5.5.2 | Závislost indexu PX na indexu Dow Jones..... | 47 |
| 5.5.3 | Závislost indexu PX na ceně ropy | 48 |
| 5.5.4 | Závislost indexu PX na směnném kurzu dolaru..... | 49 |
| 5.5.5 | Závislost směnného kurzu dolaru na indexu PX..... | 50 |
| 5.5.6 | Závislost indexu PX na směnném kurzu eura..... | 51 |
| 5.5.7 | Závislost směnného kurzu eura na indexu PX | 52 |
| 5.5.8 | Metoda naměřených hodnot..... | 53 |
| 5.5.9 | Metoda funkčních hodnot | 54 |
| 5.5.10 | Výsledná ekonomická interpretace vypočítaných modelů..... | 55 |
| 6 | ZÁVĚR | 58 |
| 7 | SEZNAM ZKRATEK..... | 61 |
| 8 | SEZNAM DIAGRAMŮ, GRAFŮ A TABULEK | 62 |
| 8.1 | Diagramy | 62 |
| 8.2 | Grafy..... | 62 |
| 8.3 | Tabulky..... | 63 |
| 8.4 | Vzorce | 63 |
| 9 | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY..... | 64 |
| 9.1 | Tištěné zdroje..... | 64 |
| 9.2 | Elektronické zdroje | 65 |
| 10 | SEZNAM PŘÍLOH..... | 66 |

1 ÚVOD

Jako téma své bakalářské práce jsem si zvolil „Matematické modelování závislostí mezi ekonomickými veličinami“. Protože v době, kdy jsem si vybíral téma své práce, jsem byl zaměstnán u společnosti Cyrrus a.s., která obchoduje s cennými papíry, rozhodl jsem se vytvořit modely vztahů mezi kontinuálním vývojem indexu PX (Český akciový index) a kontinuálními vývoji pěti významných světových titulů, kterými jsou cena barelu ropy Západotexaského standardu, kurzů dolaru a eura vůči české koruně, indexy Dow Jones (Americký akciový index) a DAX (Německý akciový index).

Vytvořit matematické modely je obecně obtížný úkol, proto jsem se rozhodl použít softwarové podpory a tyto modely budu vytvářet pomocí počítačového softwaru Maple verze 12 vytvořeného kanadskou společností Maplesoft inc. Tento software je velmi výkonný a obsahuje nástroje pro algoritmizaci a konstrukci programů, proto jsem se rozhodl vytvořit takový projekt, který bude možné využít pro modelování nejen mých dat, ale i pro jakákoli data obdobného charakteru.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem mé práce je ověření pravdivosti této hypotézy:

Existuje nějaká závislost mezi kontinuálním vývojem indexu PX a kontinuálními vývoji pěti světových titulů, kterými jsou: cena barelu ropy Západotexaského standardu, směnných kurzů dolaru a eura vůči české koruně, indexy Dow Jones (Americký akciový index) a DAX (Německý akciový index).

Přitom pokud taková závislost existuje, chci určit, jak ji lze vhodně matematicky modelovat a následně ekonomicky interpretovat.

Tedy pro ověření hypotézy jsem stanovil následující postup, tj. hlavní cíl bude dosažen naplněním těchto *dílčích cílů*:

Abych dosáhl hlavního cíle, musím splnit tyto dílčí cíle:

- 1) Získání denních hodnot sledovaných ukazatelů.
- 2) Očištění těchto hodnot od různých anomálií.
- 3) Volba vhodného matematického, respektive statistického aparátu.
- 4) Vytvoření programu, který bude aplikovat tento aparát.
- 5) Vytvoření matematických modelů, jejich analýza a následná ekonomická interpretace.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

3.1 Teoretická východiska pro ekonomickou interpretaci

3.1.1 Index PX

Je oficiálním indexem Burzy cenných papírů Praha. Vznikl až 20.3.2006, ale přímo navázal na starší index PX 50. Do báze indexu PX 50 bylo zahrnuto padesát titulů nejvýznamnějších tuzemských společností, jejichž akcie byly volně obchodovatelné. Tento index se začal počítat od 5. 4. 1994, kdy mu byla nastavena hodnota 1000 bodů. V dnešní době není báze indexu PX fixní. Tato báze se každého čtvrt roku aktualizuje. V současnosti je v bázi dvanáct titulů, z nichž čtyři společnosti ČEZ, Erste group bank, Telefónica O2 C.R. a Komerční banka mají v tomto indexu dohromady váhu větší než 80%.

3.1.2 Index DAX

Je oficiálním indexem Burzy cenných papírů Frankfurt a zahrnuje třicet titulů největších společností, jejichž akcie jsou volně obchodovatelné na Burze cenných papírů Frankfurt. Největší váhu v tomto indexu mají tyto společnosti E.ON, Siemens, Allianz, Bayer, Deutsche Telekom a SAP, tyto společnosti představují v tomto indexu váhu téměř 40%.

3.1.3 Index Dow Jones

Celým názvem Dow Jones Industrial Average, tento index je jedním z nejstarších ukazatelů vývoje amerického akciového trhu. Stejně jako DAX obsahuje pouze třicet nejobchodovanějších společností na americkém akciovém trhu. Můžeme v jeho bázi nalézt takové společnosti, jako jsou Coca Cola, Microsoft, IBM, McDonald's, Hewlett-Packard, General Electric a další.

3.1.4 Cena barelu ropy Západotexaského standardu

V originále West Texas Intermediate Crude Oil. Je to standard, který částečně určuje složení ropy. Tento standard se využívá převážně na burze v New Yorku.

3.1.5 Kurz eura a dolaru

Jde o devizové kurzy eura a dolaru vůči české koruně podle kurzu stanoveného Českou národní bankou.

3.2 Teoretická východiska pro matematickou aplikaci

3.2.1 Regresní analýza

Je statistickou technikou pro modelování a analýzu vztahu jisté náhodné veličiny, nazývané vysvětlovaná proměnná, a jedné nebo více jiných veličin, které nazýváme vysvětlující proměnné. Vysvětlovaná proměnná je v regresní analýze modelována jako funkce vysvětlujících proměnných a příslušných parametrů. Regresní analýza se často používá pro predikci hodnot vysvětlované proměnné na základě hodnot vysvětlujících proměnných.

3.2.2 Metoda nejmenších čtverců

Metoda nejmenších čtverců je nejužívanější metoda používaná v regresní analýze. Tato metoda pomáhá hledat vhodnou aproximační funkci pro konkrétní empiricky zjištěné hodnoty. Snaží se najít takový model, ve kterém bude suma druhých mocnin (čtverců) odchylek empiricky zjištěných a teoretických hodnot co nejmenší. Přitom odchylkou rozumíme rozdíl mezi empiricky zjištěnou hodnotou a hodnotou zachycenou konstruovaným regresním modelem.

Matematicky jde o minimalizaci výrazu daného touto soustavou tzv. normálních rovnic:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i - \beta_0 - \beta_1 f_1(x_i) - \dots - \beta_p f_p(x_i) \right\}^2,$$

kde β_1, \dots, β_p jsou parametry regresní funkce,
 ε odchylka,
 p počet parametrů regresní funkce,
 n je počet měření,
 x je vysvětlující proměnná a
 y je vysvětlovaná proměnná.

Vzorec č. 1 – Metoda nejmenších čtverců

3.2.3 Lineární regrese

Je taková regrese, kde všechny parametry vystupující v regresním modelu jsou lineární. Přitom výsledná funkce sama o sobě lineární být nemusí. Výsledná regresní funkce může být například i kvadratická (obecně polynomická), exponenciální aj.

3.2.4 Polynomická regrese

Je to taková regrese, kde je vztah mezi vysvětlovanou a vysvětlujícími proměnnými modelován polynomem n -tého stupně:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \dots + \beta_p x^p + \varepsilon,$$

kde β_1, \dots, β_p jsou parametry regresní funkce,
 p počet parametrů,
 ε je odchylka,
 x je vysvětlující proměnná a
 y je vysvětlovaná proměnná.

Vzorec č. 2 – Polynomická regrese

3.2.5 Postup výpočtu parametrů

Matematicky jej lze odvodit řešením tzv. normálních rovnic (další upřesňující vzorce neuvádím, jsou součástí výbavy software Maple, resp. je lze nalézt v řadě monografií (např. Anděl, 2003):

$$\begin{aligned} \sum y_i &= n \cdot b_0 + b_1 \sum x_i + \dots + b_p \sum x_i^p \\ \sum y_i x_i &= b_0 \sum x_i + b_1 \sum x_i^2 + \dots + b_p \sum x_i^{p+1} \\ &\dots\dots\dots \\ \sum y_i x_i^p &= b_0 \sum x_i^p + b_1 \sum x_i^{p+1} + \dots + b_p \sum x_i^{2p} \end{aligned}$$

kde b_i jsou odhady pro β_i a
 p počet parametrů,
 x je vysvětlující proměnná a
 y je vysvětlovaná proměnná.

Vzorec č. 3 – Postup výpočtu parametrů

3.2.6 Informační kritéria

Pro odhadnutí počtu parametrů pro regresní analýzu se využívá tzv. informačních kritérií. U výpočtu jsem narazil na menší problém. V literatuře jsem zjistil, že způsob výpočtu obvyklý v naší republice se neshoduje se způsobem, který využívají v zahraničí. Vzhledem k tomu, že program Maple verze 12 je kanadský a aplikuje předdefinované funkce, které používají zahraniční způsoby výpočtů, jsem se rozhodl použít vzorců dostupných ze zahraniční literatury, neboť výpovědní síla má analogický smysl.

ANDĚLOVO INFORMAČNÍ KRITÉRIUM (A_k)

Toto kritérium navrhl Jiří Anděl (Anděl, 2003). Při jeho výpočtu se přičítá k reziduálnímu rozptylu tzv. penalizační funkce w_n . Toto kritérium je označeno A_k a počítáno vztahem:

$$A_k = \frac{RSS}{n} \left(1 + kw_n \right),$$

kde RSS je reziduální součet čtverců,
 k je počet parametrů,
 n je počet měření,
výraz RSS/n je reziduální rozptyl.

Vzorec č. 4 – Andělovo informační kritérium

Profesor Anděl ve své knize doporučuje dosazovat za w_n hodnotu $n^{-1/4}$. Když jsem toto doporučení aplikoval na svůj příklad, zjistil jsem, že hodnoty tohoto kritéria jsou výrazně odlišné od výsledků ostatních kritérií, proto jsem provedl sérii testů a nejspokojivější výsledky jsem dostal pro hodnotu $n^{-11/20}$.

$$A_k = \frac{RSS}{n} \left(1 + \frac{k}{20\sqrt{n^{11}}} \right)$$

Vzorec č. 5 – Upravené Andělovo informační kritérium

AKAIKEOVO INFORMAČNÍ KRITÉRIUM (AIC)

Toto kritérium vypracoval Hirosugu Akaike v roce 1971. Vliv penalizační složky u tohoto kritéria je nejmenší ze všech jmenovaných kritérií.

$$AIC = n \cdot \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2k,$$

kde RSS je reziduální součet čtverců,
 k je počet parametrů,
 n je počet měření,
a výraz RSS/n je reziduální rozptyl.

Vzorec č. 6 - Akaikeovo informační kritérium

SCHWARZ INFORMAČNÍ KRITÉRIUM, RESP. BAYESOVSKÉ INFORMAČNÍ KRITÉRIUM (BIC)

Jak je patrné z názvu, toto kritérium bylo navrženo Gideon E. Schwarzem v roce 1978. Toto kritérium je příbuzné Akaikovu kritériu, ale míra penalizace přidaného parametru je v něm větší než v *AIC*. Toto kritérium je označeno *BIC* a počítáno vztahem:

$$BIC = n \cdot \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + k \ln n$$

kde *RSS* je reziduální součet čtverců,
k je počet parametrů,
n je počet měření,
a výraz *RSS/n* je reziduální rozptyl.

Vzorec č. 7 – Schwarzovo informační kritérium

HANNAN-QUINNOVO KRITÉRIUM (HQ)

Toto kritérium navrhli E. J. Hannan a B. G. Quinn v roce 1979. Původně bylo určeno pro modely časových řad. V kritériu je přidána konstanta *c*. Ve své práci za tuto konstantu dosazují hodnotu $c = 2$, kterou doporučuje Jiří Anděl (Anděl 2003). Toto kritérium je označeno *HQ* a počítáno vztahem:

$$HQ = n \cdot \ln \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2kc \ln \ln n$$

kde *RSS* je reziduální součet čtverců,
k je počet parametrů,
n je počet měření,
c přidaná konstanta,
a výraz *RSS/n* je reziduální rozptyl.

Vzorec č. 8 - Hannan-Quinnovo kritérium (HQ)

3.2.7 Maple verze 12

Je produktem kanadské společnosti Maplesoft Inc. (<http://www.maplesoft.com/>). Tento program je systémem využívajícím metod matematiky v nejrůznějších oblastech jak ve výuce, tak v praxi. Reaguje na potřeby svých uživatelů častými aktualizacemi. V tomto programu lze provádět matematické výpočty, jejich následnou vizualizaci, prezentaci i dokumentaci. První verze tohoto produktu vznikla více než před třiceti lety, původně na několika vědeckých pracovištích v Evropě, později společností Waterloo Maple Inc., která pak začala používat obchodní jméno Maplesoft Inc.

Jednou z hlavních výhod tohoto softwaru je propojení a interakce s různými formáty a programovacími jazyky (například C, Java, MATLAB, Microsoft Excel a Visual Basic). Dále vstřícnost pracovního prostředí („klikací kalkulus“) a přirozená obslužnost systému (podporující uživatelskou intuici a logiku), přesnost výpočtů (možnost volby libovolného počtu platných cifer) a interaktivní vizualizační možnosti systému (v 2D i 3D interpretaci), stejně jako uživatelská a servisní opora ve výstupech Českého klubu uživatelů Maple (CzMUG) s informačním portálem (<http://www.maplesoft.cz/>). Komplexnost systému podporuje reálnou koexistenci teorie a praxe, a tím jeho zvyšující se oblibu použití jak na akademické půdě, tak ve vědě i výzkumu, ale i v praxi a komerční i státní sféře.

4 ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE

4.1 Možnosti obchodování s cennými papíry v České republice

V České republice (ČR) existují pouze dva organizátoři trhu s cennými papíry, a to Burza cenných papírů Praha a RM-SYSTÉM.

4.1.1 Burza cenných papírů Praha a.s. (BCPP)

Je nejvýznamnějším organizátorem trhu s cennými papíry v ČR a zároveň druhým největším v celém regionu Střední a východní Evropy. Tato burza byla založena v roce 1993, a tím navázala na *Pražskou burzu pro zboží a cenné papíry*, která vznikla ještě za doby Rakouska-Uherska a která byla zrušena po roce 1948.

BCPP je založena na systému členství, tedy právo na přístup do systému burzy a obchodování v něm mají pouze licencovaní obchodníci s cennými papíry, kteří jsou zároveň členy burzy. V současnosti je takových obchodníků jednadvacet. Dále existují dvě státní organizace, které mají právo uzavírat burzovní obchody, a to *ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA* a *Ministerstvo financí ČR*. Pokud tedy někdo chce obchodovat, musí využít některého z těchto obchodníků jako zprostředkovatele.

V rámci BCPP lze obchodovat ve dvou rozdílných systémech obchodování:

Systém pro podporu trhu akcií a dluhopisů (SPAD)

V tomto segmentu se obchoduje pouze s akciemi vybraných a významných podniků. Jedná se nejlíkvinnější a nejobchodovatelnější tituly. V současné době je takových titulů pouze třináct. V tomto systému lze akcie nakupovat a prodávat pouze po tzv. lotech (lot = minimální objem akcií). Na příklad jeden lot akcií společnosti ČEZ je 5000 kusů, což představuje hodnotu více než 4 300 000 Kč. Z této kalkulace je patrné, že systém není vhodný pro drobné a střední investory. Hlavní výhodou tohoto systému je, že se nemusí čekat, až se najde kupec nebo prodejce akceptující aktuální cenu,

protože zde existují tzv. tvůrci trhu, kteří garantují, že v jakémkoli okamžiku nakoupí nebo prodají jakékoli množství .

Kontinuální burzovní obchodní systém (KOBOS)

Je systém zaměřený hlavně na drobné a střední investory, proto je zde možné nakupovat akcie i po jednotlivých kusech. V systému KOBOS je možné obchodovat s většinou volně obchodovatelných titulů v ČR. Systém je založený na průběžném obchodování s proměnlivým kurzem. Nevýhodou tohoto systému je nutnost čekání na kupce či prodejce, který je ochoten akceptovat nabídnout cenu.

Systém KOBOS je sice určen pro drobné a střední investory, ale členové burzy preferují větší klienty a často více zpoplatňují malé obchody, proto asi není BCPP nejvýhodnější pro drobné akcionáře.

4.1.2 RM-SYSTÉM

Celým názvem *RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů a.s.* je organizátor trhu, na kterém lze obchodovat nejen s akciemi největších českých a zahraničních společností, ale i s některými investičními nepákovými certifikáty¹. V rámci této burzy je možné obchodovat i s jednotlivými kusy akcií. RM-SYSTÉM je trhem primárně zaměřeným na drobné a střední investory, kterým vycházejí vstříc tím, že není nutné obchodovat přes zprostředkovatele a od roku 1999 je dokonce možné přímo obchodovat on-line pomocí sítě internet. RM-SYSTÉM je stejně jako systém KOBOS založen na průběžném obchodování s proměnlivým kurzem, proto se i tady musí čekat na kupce či prodejce, který je ochoten akceptovat nabízenou cenu.

¹ Investiční certifikát kopíruje vývoj zvoleného titulu, ale sám není nositelem nároku na daný titul. Jsou vystavovány bankami, které za ně ručí. Nepákové znamená, že kopírují přesně vývoj titulu.

4.2 Analytická podpora pro investory

V současnosti můžeme sledovat trend narůstajícího zájmu o kapitálové trhy a obchodování s cennými papíry. Už dávno pryč je doba, kdy obchodování na kapitálových trzích bylo vyhrazeno bankovním domům a několika zasvěceným majetným lidem, kteří měli přístup k potřebným informacím a analýzám, které přitom nebývaly jednoduše dostupné. V dnešní době rozvinutých informačních a komunikačních technologií a internetových sítí, které boří časoprostorové bariéry a zbavují nutnosti velkých investic a zprostředkovatelů, drobných a středních investorů, každým rokem přibývá.

Z výše uvedeného je vidět, že došlo ke zjednodušení přístupu na kapitálové trhy i pro drobné investory. Samotný přístup však není jediným podpůrným faktorem. Žádný úspěšný investor se nemůže obejít bez zdroje informací a analýz. Tyto zdroje jsou však většinou velmi drahé, a tudíž vesměs nedostupné pro malé investory. V tomto ohledu mají velké makléřské společnosti oproti drobným investorům velikou výhodu, a je to asi ten největší argument, proč obchodovat skrze makléře. Například můj bývalý zaměstnavatel společnost *Cyrrus a.s.* má předplacené kompletní informační kanály *Bloomberg tv* a *Bloomberg on-line*, které poskytují informace dvacet čtyři hodin denně informace ze světových burz a v on-line platformě je možné využívat různé sofistikované analýzy. Tyto informace ve společnosti zpracovávají čtyři analytici, kteří nedělají nic jiného než, že vyhodnocují takto i jinak získané informace.

Malý investor si většinou nemůže dovolit předplatit si obdobný informační kanál a už vůbec si nemůže dovolit strávit celý den analýzou, protože většina malých investorů musí současně pracovat.

Tato skutečnost mě motivovala ke zpracování své práce, ve které chci tento nedostatek relevantních informací a analytických nástrojů alespoň částečně eliminovat, tudíž řešit návrhem a konstrukcí *vlastního* programu a postupu. Je pravda, že pro obdobné analýzy existuje řada statistických programů. Jejich nevýhodou je skutečnost, že jsou vesměs výrazně finančně náročnější, složitější a méně přehledné, než mnou použité prostředky v softwaru Maple verze 12.

4.3 Současná situace na kapitálových trzích

Úvodem je třeba si položit otázku, jaké časové období bude v mé práci analyzováno. Odpověď na otázku ovlivnilo několik faktorů.

Prvním faktorem je, že jsem se rozhodl shromažďovat podklady pro svou práci již začátkem roku 2008, a tudíž jsem mohl získat údaje pouze z let předcházejících roku 2008. Konkrétně se mi podařilo získat denní hodnoty jednotlivých akciových titulů pro období od začátku roku 2002 do konce roku 2007.

Další faktor, který mě ovlivnil, byla existence dvou anomálií, které začaly ovlivňovat kapitálové trhy na konci roku 2007. K těmto anomáliím patří rozvíjející se finanční krize, respektive vysoce nadhodnocená cena ropy. Protože by mohly zkreslit mé výsledky. Proto jsem se rozhodl, že budu zkoumat data pouze do konce prvního pololetí roku 2007.

Avšak i po tomto omezení byl můj soubor dat stále příliš rozsáhlý. Šlo o více než tisíc hodnot pro každý titul, což je pro regresní analýzu ne zcela vyhovující. Takže nakonec jsem se rozhodl, že ve vlastním řešení problému budu analyzovat pouze druhé pololetí roku 2006. Ale abych měl ucelené informace pro následnou ekonomickou aplikaci, tak v této kapitole popíšu vývoj kapitálových trhů pro roky 2006 a 2007.

4.4 Vývoj kapitálových trhů v roce 2006

4.4.1 Makroekonomické vlivy v roce 2006

V tabulce na následující straně je zchycen přehled vývoje makroekonomických ukazatelů v roce 2006 ve Spojených státech amerických (USA), Evropské unii (EU) a v České republice (ČR).

| | | HDP | Inflace | Úroková míra |
|-----|-----------|-------|---------|--------------|
| ČR | I. 2006 | 6.4 % | 2.82 % | 2,00 % |
| | II. 2006 | 6.8 % | 2.9 % | 2,00 % |
| | III. 2006 | 6.7 % | 2.94 % | 2.25 % |
| | IV. 2006 | 6.7 % | 1.53 % | 2.5 % |
| | 2006 | 6.8 % | 2.5 % | 2.5 % |
| USA | I. 2006 | 3.7 % | 3.64 % | 4.6 % |
| | II. 2006 | 3.5 % | 4.01 % | 5.0 % |
| | III. 2006 | 2.4 % | 3.33 % | 5.25 % |
| | IV. 2006 | 2.6 % | 1.93 % | 5.25 % |
| | 2006 | 2.8 % | 3.2 % | 5.24 % |
| EU | I. 2006 | 2.7 % | 2.44 % | 2.5 % |
| | II. 2006 | 2.6 % | 2.73 % | 2.7 % |
| | III. 2006 | 3.1 % | 2.69 % | 3.05 % |
| | IV. 2006 | 3.4 % | 2.45 % | 3.5 % |
| | 2006 | 3.1 % | 2.6 % | 3.5 % |

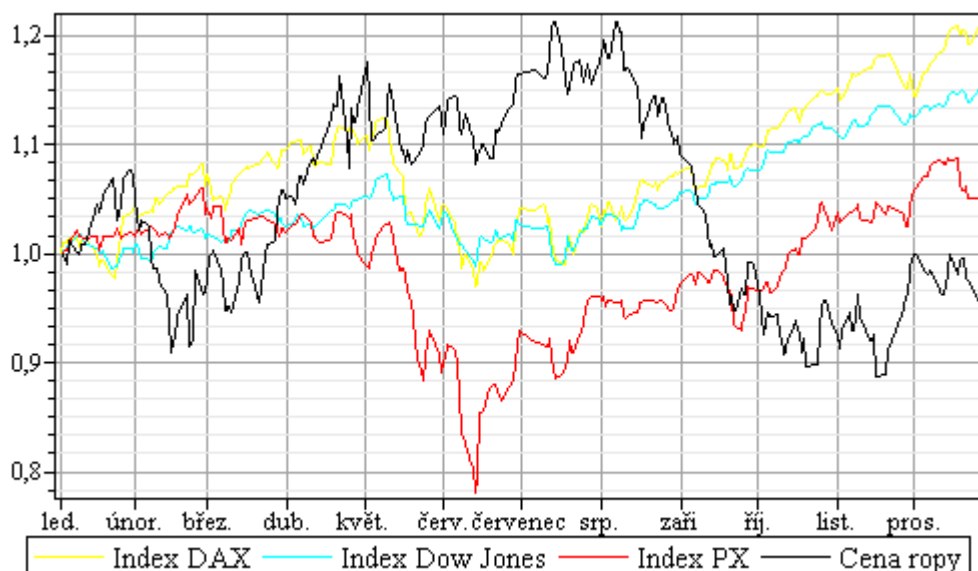
Tabulka č. 1 Makroekonomická data ČR, USA a EU v roce 2006²

Jak můžeme vidět z přiložených tabulek makroekonomické údaje se ve všech regionech vyvíjely vcelku optimisticky. Výjimkou bylo pouze HDP v USA, které mírně klesalo. Na dlouhodobý vývoj kapitálových trhů měl ze všech ukazatelů bezesporu největší vliv vývoj úrokových měr, které z důvodů optimistického sentimentu konstantně rostly. A hlavně v USA se tyto hodnoty dostaly do vysokých čísel, což jak víme, bylo jedním z impulsů, který vyvolal hypotéční a následně globální finanční krizi. V roce 2006 se však následky růstu úrokových měr přímo nijak významně nepromítly. Ale když dvě čtvrtletí po sobě došlo v USA ke zvýšení inflace i přesto, že úrokové míry konstantně stoupaly, došlo k velké korekci amerického kapitálového trhu na začátku měsíce května, což se poté promítlo i na ostatních světových trzích. V druhém pololetí se vývoj inflace v USA obrátil a dvě čtvrtletí po sobě klesla až pod 2%. Tento vývoj vrátil důvěru investorům, kteří začali věřit, že kapitálové trhy dosáhly svého lokálního dna, a začali znovu nakupovat cenné papíry.

² Zdroj <http://www.oecd.org>.

4.4.2 Vývoj sledovaných ukazatelů v roce 2006

VÝVOJ HODNOT INDEXU DAX, INDEXU DOW JONES, INDEXU PX A CENY ROPY V ROCE 2006



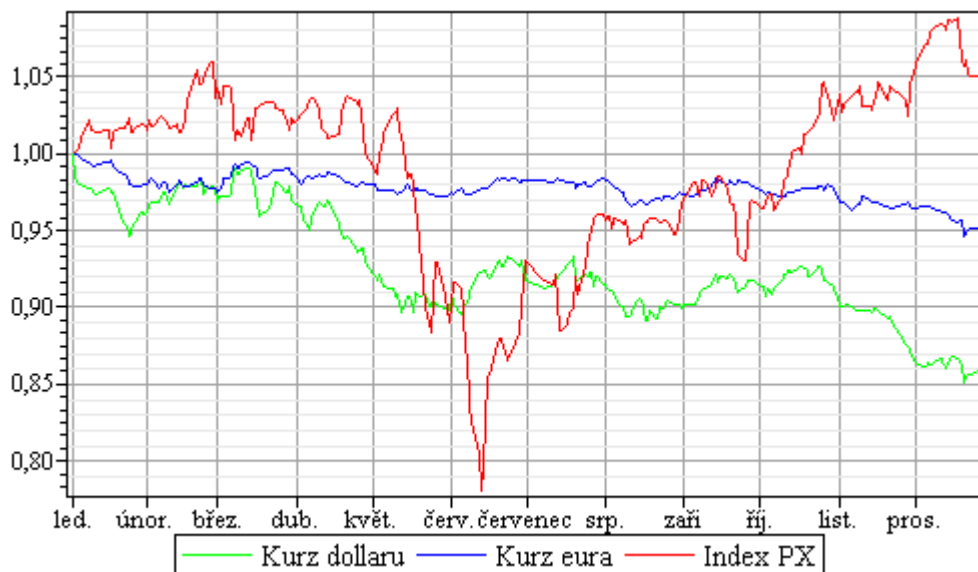
Graf č. 1 - Porovnání vývoje indexů Pražské, Frankfurtské a New Yorkské burzy v porovnání s vývojem ceny ropy v roce 2006.³

Z grafu č. 1 můžeme vyčíst, že vývoj americké inflace nebyl jediným faktorem, který způsobil květnový výrazný pokles akciových trhů. Významným faktorem byla i cena ropy, která ve stejné době dosahovala svých lokálních maximálních hodnot, a až ve chvíli, kdy se vracela na vyrovnanější hodnoty, se začaly světové trhy vracet na své dřívější hodnoty.

V grafu také vidíme, že pražská burza reagovala na tuto krizi výrazněji než ostatní trhy. Důvodem tohoto jevu byly volby, které se uskutečnily na začátku června. Na poklesu před volbami se projevila předvolební nejistota. A pokles po volbách byl způsoben odlivem převážně zahraničních investorů, kteří nevěřili, že pražská burza ustojí globální krizi na kapitálových trzích v kombinaci s patovou vládní situací a trvajícím bezvládním.

³ Grafy použité v podkapitole 4.4 (Vývoj kapitálových trhů v roce 2006) jsou výstupem mnou zkonstruovaných programů.

VÝVOJ HODNOT SMĚNNÝCH KURZŮ DOLARU A EURA V ROCE 2006



Graf č. 2 – Vývoj směnných kurzů eura a dolaru vůči české koruně v roce 2006.

Co se týče měnových kurzů, tak u těch je možné sledovat patrný kontinuální trend poklesu hodnoty eura a dolaru vůči české koruně. Z grafu je možné vyčíst, že kurz dolaru klesá výrazněji než kurz eura. Jako důvod tohoto rozdílného ve vývoje můžeme identifikovat celkové oslabování amerického hrubého domácího produktu (HDP) a tedy celkového poklesu americké ekonomiky.

Zajímavé je srovnání důvěry v českou korunu a důvěry v pražskou burzu. Tady vidíme, že v době tržní korekce a volebního patu, investoři ztratili důvěru v pražskou burzu, naproti tomu české měně důvěřovali stále. Důvěra v českou korunu byla ovlivněna výsledky české ekonomiky a vývojem jejího HDP. Z toho lze usuzovat, že vývoj HDP má větší vliv na měnový kurz než na kapitálové trhy.

4.4.3 Shrnutí vývoje kapitálových trhů v roce 2006

V celkovém pohledu můžeme říct, že v první polovině roku 2006 byl patrný vliv americké inflace, která spolu s růstem ceny ropy vyvolala významnou korekci kapitálových trhů. Na konci prvního pololetí se dostaly cenné papíry na pomyslné dno, od kterého se v druhé polovině roku odrazily, a postupně se vrátily do hodnot, které měly na počátku roku.

4.5 Vývoj kapitálových trhů v roce 2007

4.5.1 Makroekonomické vlivy v roce 2007

V následujících tabulkách je zchycen přehled vývoje makroekonomických ukazatelů v roce 2007.

| | | HDP | Inflace | Úroková míra |
|-----|-----------|-------|---------|--------------|
| ČR | I. 2007 | 6.2 % | 1.66 % | 2.5 % |
| | II. 2007 | 5.9 % | 2.5 % | 2.75 % |
| | III. 2007 | 5.8 % | 2.75 % | 3.25 % |
| | IV. 2007 | 5.9 % | 4.98 % | 3.5 % |
| | 2007 | 6.0 % | 2.8 % | 3.4 % |
| USA | I. 2007 | 1.5 % | 2.42 % | 5.25 % |
| | II. 2007 | 1.9 % | 2.65 % | 5.25 % |
| | III. 2007 | 2.8 % | 2.36 % | 5.0 % |
| | IV. 2007 | 2.3 % | 3.97 % | 4.25 % |
| | 2007 | 2 % | 2.9 % | 4.25 % |
| EU | I. 2007 | 3.5 % | 2.62 % | 3.7 % |
| | II. 2007 | 2.8 % | 2.58 % | 4.0 % |
| | III. 2007 | 2.8 % | 2.31 % | 4.0 % |
| | IV. 2007 | 2.5 % | 3.19 % | 3.9 % |
| | 2007 | 2.9 % | 2.7 % | 3.9 % |

Tabulka č. 2 - Makroekonomická data ČR, USA a v EU v roce 2007

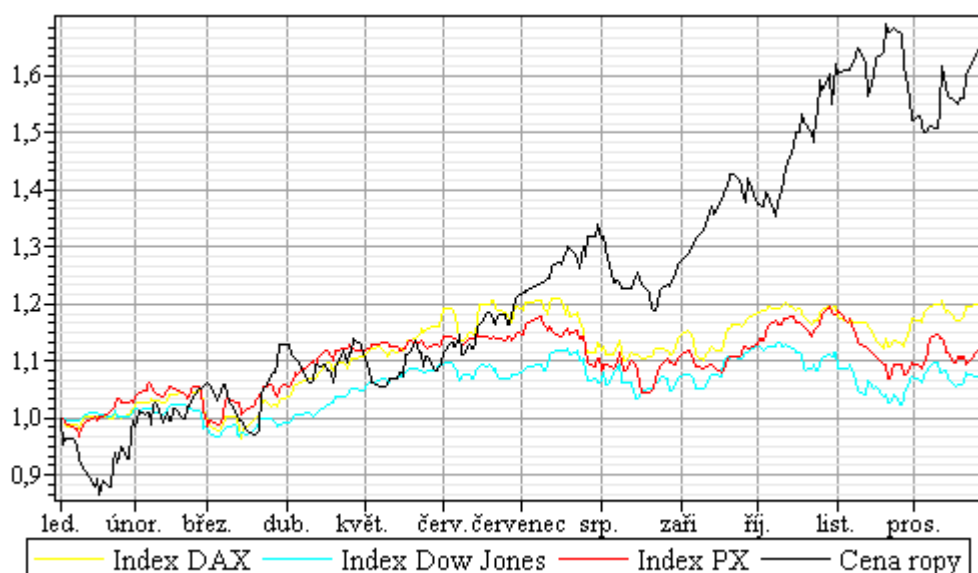
Rok 2007 začal optimisticky. Pokračoval totiž trend z konce roku 2006, kdy většina makroekonomických ukazatelů vykazovala příznivý vývoj, a všichni věřili, že tento trend bude i pokračovat. Avšak v průběhu měsíce února se začaly objevovat první zprávy s finančního sektoru o začínající krizi rizikových hypoték. Na problém s rizikovými hypotékami reagoval americký FED dvojím snížením úrokových měr v 3. a 4. čtvrtletí, což vedlo k nárůstu inflace v USA.

Ale inflace nerostla pouze kvůli klesajícím úrokovým mírám. Důležitým faktorem byla rostoucí cena ropy, což mělo za následek růst cen pohonných hmot, které jsou významnou částí indexu spotřebitelských cen podle, kterých se míra inflace počítá. Proto také došlo k nárůstu inflace i v ČR a v EU.

Je možné si všimnout, že počínající krize neměla významný vliv na výkonnost ekonomik, protože HDP se držel relativně na vyrovnaných hodnotách, pouze v posledním čtvrtletí došlo k mírnému poklesu v USA a v EU. V ČR naproti tomu HDP rostlo, z toho lze vyčíst, že krize se ČR v roce přímo nedotýkala, protože v roce 2007 se krize odehrávala pouze v bankovním sektoru, a ČR není tolik závislá na finančním sektoru a české banky jsou velice konzervativní a výrazně neinvestovaly do rizikových produktů.

4.5.2 Vývoj sledovaných ukazatelů v roce 2007

VÝVOJ HODNOT INDEXU DAX, INDEXU DOW JONES, INDEXU PX A CENY ROPY V ROCE 2007



Graf č. 3 - Porovnání vývoje indexů Pražské, Frankfurtské a New Yorkské burzy v porovnání s vývojem ceny ropy v roce 2007.⁴

Vývoj kapitálových trhů byl v roce 2007 úzce spjat s vyvíjející se krizí finančního sektoru. Z grafu můžeme vyčíst, že po poměrně pozitivním začátku roku došlo v na přelomu února a března k výraznějšímu poklesu na všech sledovaných trzích.

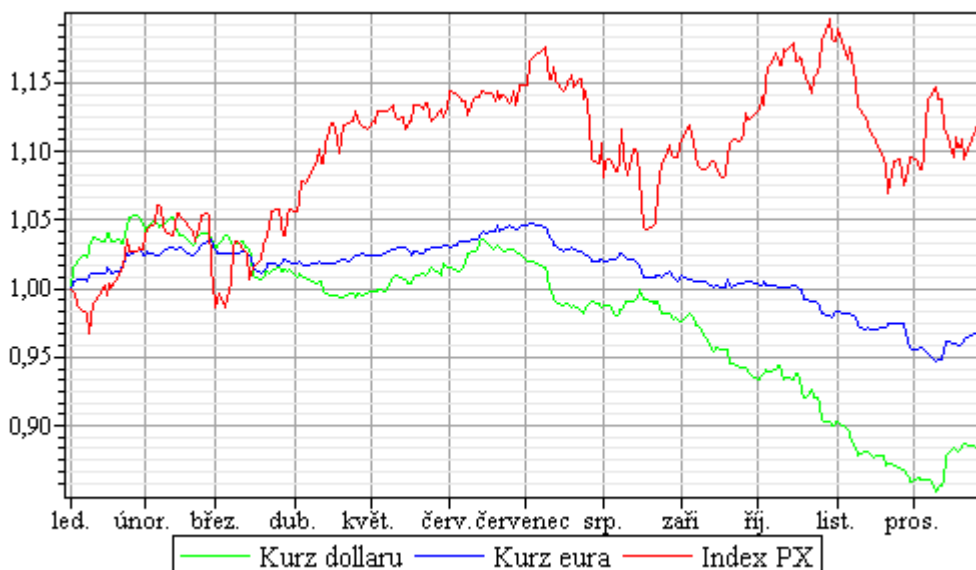
⁴ Grafy použité v podkapitole 4.5 (Vývoj kapitálových trhů v roce 2007) jsou výstupem mnou zkonstruovaných programů.

Tento pokles byl způsoben výše zmiňovanými zprávami o problémech v sektoru rizikových hypoték. Největší světová banka HSBC jako první ohlásila odpis více než deseti miliard amerických dolarů, o které přišla v sektoru rizikových hypoték.

V druhém čtvrtletí se neobjevily žádné významné varovné zprávy z finančního sektoru, takže na trzích převládl znovu optimismus a trhy začaly růst. Zvrat nastal v létě, kdy se začaly zveřejňovat půlroční výsledky velkých bank. Většina velkých amerických bank utrpěla nějaké ztráty ve spojitosti s rizikovými hypotékami. Zatím tyto ztráty nebyly nijak extrémní, ale i tak vyústily v odliv investorů z finančního sektoru. Investoři přestali důvěřovat bankám. Nebyl to zatím žádný panický útěk. Spíše investoři přesunuli část svých prostředků z finančního sektoru do sektoru komodit, u kterých věřili, že nejsou nijak propojeny s bankovníctvím. Díky tomuto faktu začala cena ropy stoupat do velmi vysokých hodnot.

Stejný scénář jako v létě se opakoval i na podzim po zveřejnění výsledků za třetí čtvrtletí. Před těmito výsledky se trhy pomalu vracely na jarní hodnoty, ale po zveřejnění výsledků zase spadly na stejnou úroveň, jakou měly během měsíce srpna.

VÝVOJ HODNOT SMĚNNÝCH KURZŮ DOLARU A EURA V ROCE 2007



Graf č. 4 – Vývoj směnných kurzů eura a dolaru vůči české koruně v roce 2007.

Vývoj směnných kurzů byl v roce 2007 také výrazně ovlivněn začínající finanční krizí. Můžeme zde také sledovat cyklické poklesy, které korespondují s výsledkovými obdobími velkých bank. Avšak u kurzů nedochází mezi těmito obdobími k návratu na původní hodnoty. Kurzy totiž mírně klesají i v těchto relativně optimistických mezidobích. Důvodem je to, že investoři v té době věřili, že česká ekonomika, a tedy měna, nejsou tolik závislé na finančním sektoru, proto jim přišla naše měna jistější investicí.

Z grafu můžeme také vyčíst, že americký dolar klesá rychleji než euro. V tomto období to tak bylo, protože krize vychází z amerického trhu. A investoři přestali jak americkému trhu, tak měně věřit, proto začali prodávat dolary a nakupovat jiné měny např. české koruny.

4.5.3 Shrnutí vývoje kapitálových trhů v roce 2007

Lze se říct, že hlavním hybatelem změn na kapitálových trzích byla v roce 2007 počínající krize, která se začala projevovat většími odpisy, které banky zveřejňovaly ve svých čtvrtletních výsledcích. Proto je zde možné sledovat čtvrtletní cyklus, kdy na začátku cyklu cenné papíry nabírají na ceně a na konci cyklu se vracejí téměř na hodnoty z úplného počátku cyklu.

5 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

Jako *hlavní cíl* své práce jsem si stanovil ověřit a interpretovat následující hypotézu:

Existuje nějaká závislost mezi kontinuálním vývojem indexu PX a kontinuálními vývoji pěti světových titulů, kterými jsou: cena barelu ropy Západotexaského standardu, kurzů dolaru a eura vůči české koruně, indexy Dow Jones (Americký akciový index) a DAX (Německý akciový index).

Přitom pokud taková závislost existuje, chci určit, jak ji lze vhodně matematicky modelovat a následně ekonomicky interpretovat.

K ověření hypotézy je nutné vyjádřit matematické závislosti zmiňovaných ekonomických veličin. Avšak to pomocí pouze vlastních sil a ručních výpočtů je velmi složité, časově náročné, a tedy v praxi neúčelné. Proto jsem se rozhodl užít matematický software Maple, jeho verzi 12 (v době zpracování své bakalářské práce nejaktuálnější). Jde o software, který je pro náročné výpočty a modelování závislostí velmi příhodný, protože podporuje algoritmizaci, a tudíž velké množství netriviálních výpočtů lze provést v rámci několika procedur a funkcí, které si samostatně vytvořím předem.

Tedy pro ověření hypotézy jsem stanovil následující postup, tj. hlavní cíl bude dosažen naplněním těchto *dílčích cílů*:

- 1) Získání denních hodnot sledovaných ukazatelů.
- 2) Očištění těchto hodnot od různých anomálií.
- 3) Volba vhodného matematického, respektive statistického aparátu.
- 4) Vytvoření programu, který bude aplikovat tento aparát.
- 5) Vytvoření matematických modelů, jejich analýza a následná ekonomická interpretace.

5.1 Získání denních hodnot sledovaných ukazatelů

Tento úkol je většinou dosti složitý, protože informace o denních hodnotách v dlouhodobějším časovém horizontu jsou vesměs špatně dostupné a navíc často vysoce zpoplatněny. Avšak já jsem zvolil analýzu ukazatelů kapitálových trhů, protože jsem pracoval pro společnost Cyrrus a.s., která je členem BCPP, a tudíž jsem využil oficiální možnosti taková data získat.

Data mi poskytl firemní analytik společnosti Cyrrus a.s., který vyselekoval z online aplikací společnosti Bloomberg denní hodnoty mnou vybraných ukazatelů, a to za posledních pět let, konkrétně od začátku roku 2002 do konce roku 2007.

5.2 Očištění těchto hodnot od různých anomálií

Jak se ukázalo, nejen získání denních hodnot pro tak dlouhé časové období je obecně problematické.

Bližším prozkoumáním získaných dat jsem zjistil i velké množství neshod určitých datových "charakteristik". To je samozřejmě způsobeno tím, že tituly jsou vázány na burzy cenných papírů v různých státech a každý z těchto států má jiné rozložení státních svátků a dnů pracovního klidu. Například pro datum 28.10 mám k dispozici denní hodnoty pro všechny tituly vyjma PX indexu, neboť BCPP je ve dnech státních svátků zavřená (což je pro ni právě 28.10.). Avšak pro svou analýzu potřebuji konzistentní data, kdy pro každý sledovaný den musím mít k dispozici denní hodnoty všech ukazatelů.

Primárně mi data byla poskytnuta analytikem v tabulkovém programu Excel, odkud je bylo třeba zformátovat pro export do systému Maple. Proto jsem výše zmíněný problém vyřešil v prostředí Excel pomocí aplikace Microsoft Visual Basic, který je integrován v softwaru Microsoft Excel z balíčku Microsoft Office. Nejprve jsem si do nového sešitu v programu Excel vložil data tak, že každý titul byl na novém listě. Poté jsem v programu Visual Basic vytvořil algoritmus, který automaticky vymazal všechny řádky, ve kterých bylo datum, které se nevyskytovalo současně u všech titulů.

Těmito kroky se mi podařilo získat konzistentní a relevantní data v Excelu, která byla připravena pro vytvoření procedury pro jejich export do Maple. K tomu jsem znovu využil Visual Basic a naprogramoval algoritmus, který mi pro daný časový úsek vytvořil z denních hodnot ukazatelů textový řetězec ve tvaru, jakým se deklarují seznamy (lists) v programu Maple (např. `pxi:= [1458,1452...]`).

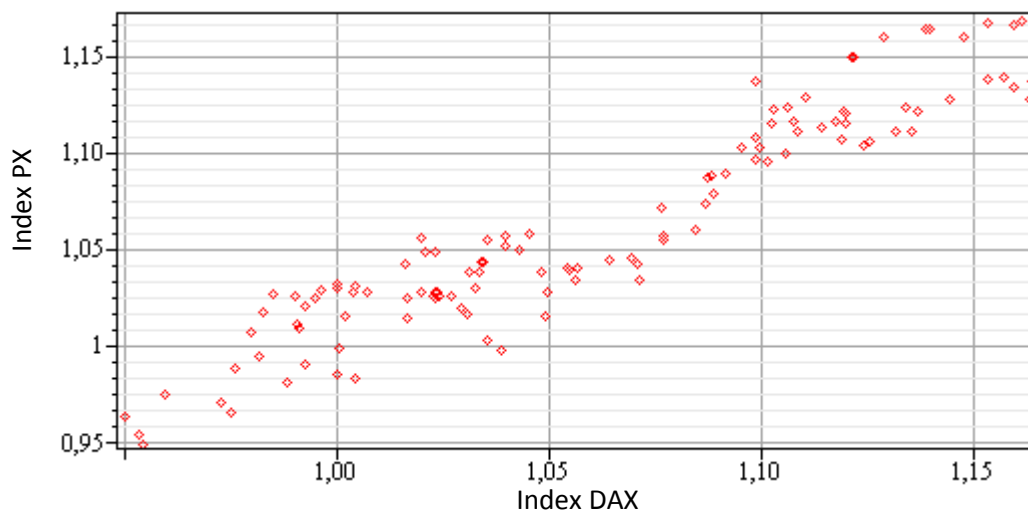
Tím se mi podařilo získat hodnoty pro jakýkoli časový interval, které jsem mohl přímo exportovat pomocí copy paste a aplikoval v mnou vytvořeném programu v Maplu.

5.3 Volba vhodného matematického, respektive statistického aparátu

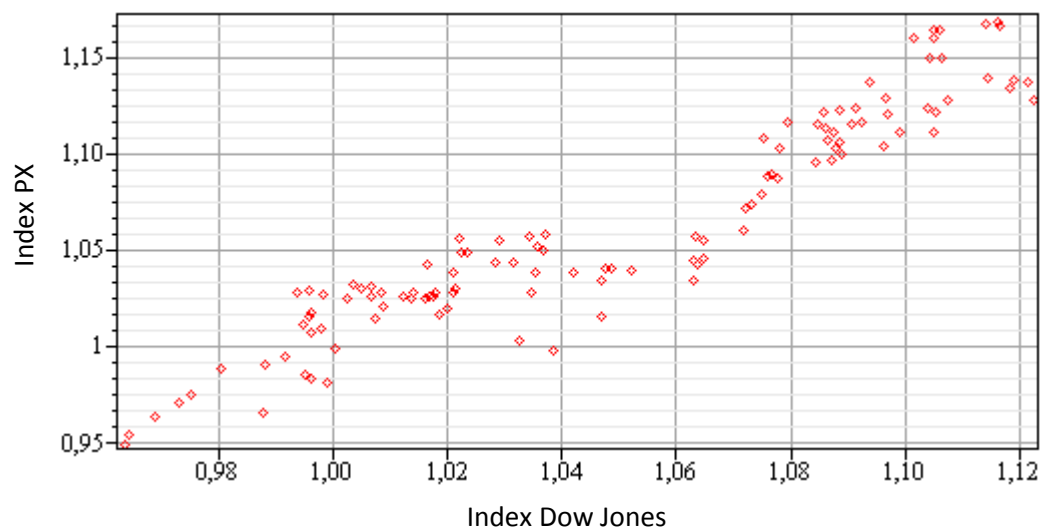
5.3.1 Modelování závislostí mezi vývojem indexu PX a vývojem jednotlivých titulů

Mapováním teoretických prostředků zejména z literatury (Anděl, 2003; Reif, 2002) jsem učinil závěr, že nejvhodnější pro hledání závislostí a vytvoření odpovídajících matematických modelů pro dvě (obecně více) veličiny (obecně veličin), z nichž jedna je závislá na druhé (obecně ostatních), je využití regresní analýzy a její metody nejmenších čtverců.

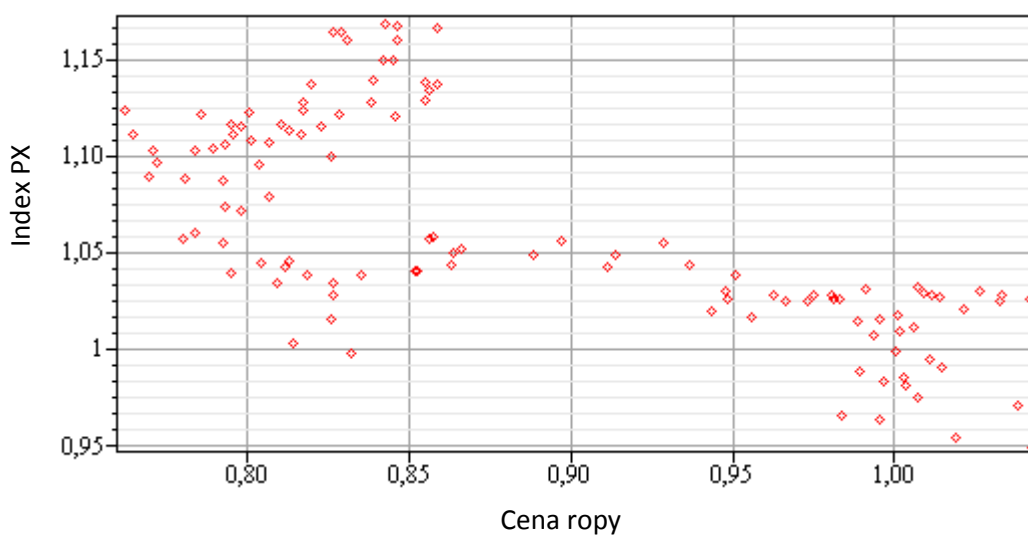
V tomto okamžiku tedy znám metodu, kterou užiji k modelování závislosti. Je však ještě nutno nastavit typ regresního modelu (např. lineární, polynomický apod.), který by co nejvěrohodněji kopíroval danou závislost, a přitom byl v praxi použitelný (tj. nepříliš komplikovaný, a tím byl vhodný pro další aplikace či vizualizace). Za tím účelem, tj. abych mohl zvolit vhodnou regresi, jsem nejprve zkonstruoval bodové grafy pro orientační vizuální vyhodnocení vztahu jednotlivých titulů k indexu PX. Hodnoty v těchto jsou zobrazeny v poměru k počáteční hodnotě. Na vertikální ose jsou vždy zobrazeny hodnoty indexu PX a na horizontální ose vždy hodnoty jednoho titulu z ostatních uvažovaných.



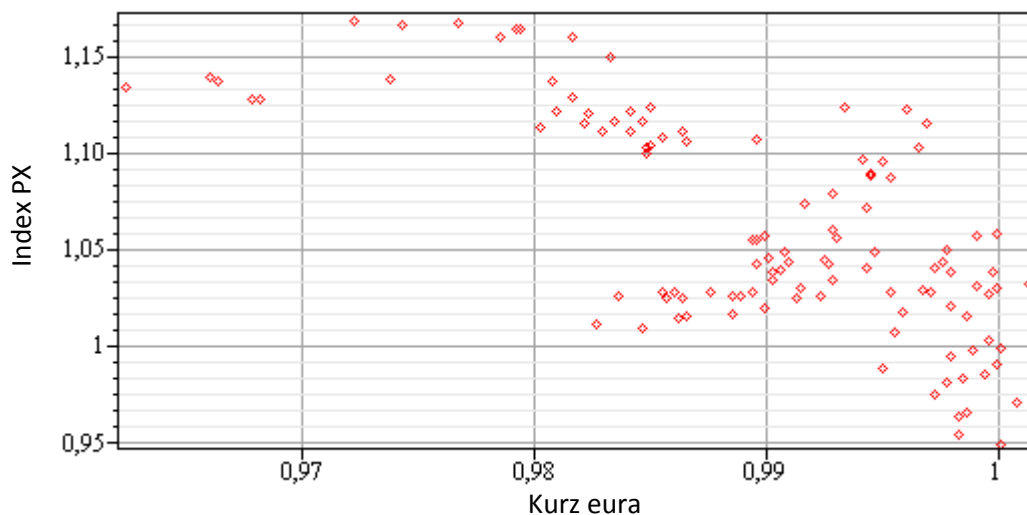
Graf č. 5 – Bodový graf indexu PX (osa y) a indexu DAX (osa x).



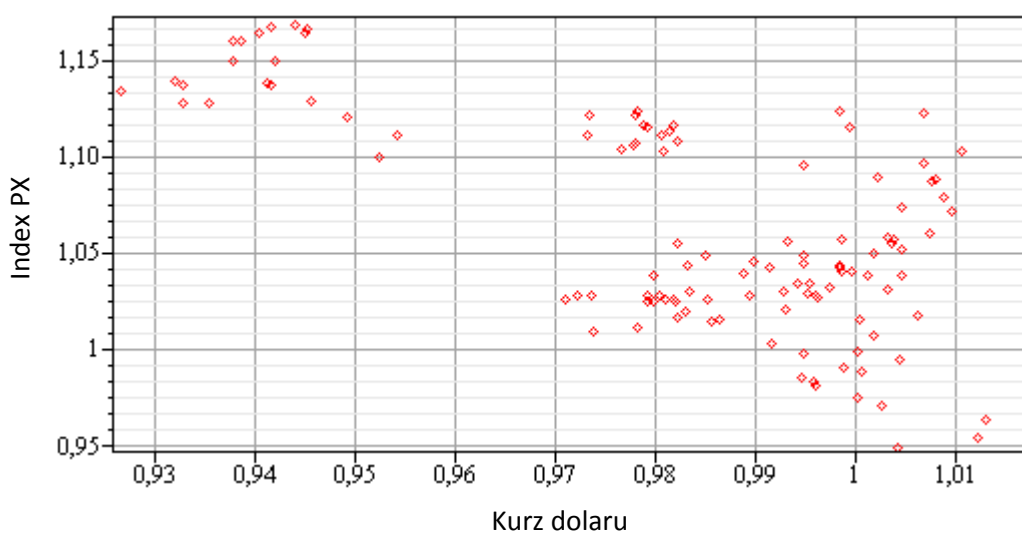
Graf č. 6 – Bodový graf indexu PX (osa y) a indexu Dow Jones (osa x).



Graf č. 7 – Bodový graf indexu PX (osa y) a ceny ropy (osa x).



Graf č. 8 – Bodový graf indexu PX (osa y) a kurzu eura vůči koruně (osa x).



Graf č. 9 – Bodový graf indexu PX (osa y) a kurzu dolaru vůči koruně (osa x).

Po bližší vizuální analýze Grafů 5 až 9 usuzuji, že nejvhodnější bude využít lineární regresi. V některých případech postačí závislosti modelovat regresní funkcí přímky a některé regresní polynomicou funkcí vyššího stupně. Oba typy funkcí jsou v programu Maple předdefinovány ve statistické podsekcí PolynomialFit. Pro volbu konkrétního typu stačí pouze jednoduchou manipulací v příkazu nastavit žádaný počet parametrů, a tím i stupeň požadovaného polynomu.

Volba vhodného počtu parametrů pro regresi (a tím i stupně regresního polynomu) rovněž není triviální záležitostí. K tomu je dobré využít tzv. informačních kritérií. Ve své práci jsem použil čtyři z těchto kritérií, a to Akaikeovo, Andělovo,

Schwarz-Rissanenovo a Hannan-Quinnovo informační kritérium. Pro každou regresi jsem spočítal všechna čtyři kritéria s předpokladem zvolit takový počet parametrů, který mi doporučila většina z těchto kritérií.

Po aplikaci tohoto postupu jsem však zjistil častou odlišnou výpověď kritérií, a tím turbulenci jejich doporučení. Zejména Akaikeova a Andělova kritéria tuto skutečnost zejména prokazovala. Akaikeovo informační kritérium bylo ve většině případů výrazně vyšší než ostatní kritéria a Andělovo informační kritérium bylo naopak převážně nižší než ostatní kritéria.

Proto jsem podrobně analyzoval vzorce pro výpočty těchto dvou kritérií.

U Andělova informačního kritéria, které má tento předpis:

$$A_k = \frac{RSS}{n} (1 + kw_n)$$

kde A_k je andělovo kritérium,
 RSS je reziduální součet čtverců,
 n je počet měření,
 k je počet parametrů,
a w_n je penalizační funkce.

Vzorec č 4. – Andělovo kritérium

Namísto penalizační funkce kw_n doporučuje profesor Anděl dosadit výraz $n^{-1/4}$. Avšak v literatuře (Anděl, 2003) jsem také zjistil, že exponent: $-1/4$ lze měnit v závislosti na množství parametrů. Protože čím vyšší je počet měření, tím příhodnější je použít polynomu vyššího stupně, tj. tím menší vliv by měla mít penalizační funkce. Po sérii testů jsem zjistil, že nejvyrovnanějších výsledků jsem získal dosazením hodnoty: $-11/20$ za uvažovaný exponent. Při použití této konstanty jsem v převážné většině případů skutečně obdržel stejnou hodnotu, a tedy stejné doporučení Andělova kritéria jako u Schwarz-Rissanenova a Hannan-Quinnova kritéria.

Bohužel u Akaikeova kritéria není nijak možné ovlivnit výpočet, takže zde nebylo možno provést žádné jeho upřesňující modifikace a ve většině případů počet parametrů, který mi doporučuje, neakceptuji, protože všechna ostatní kritéria doporučují a shodují se na jiném počet parametrů.

5.3.2 Modelování závislosti mezi vývojem indexu PX a vývojem ostatních titulů

Pro nalezení této závislosti se nabízí použít regresní analýzu respektující více vysvětlujících proměnných. Rozhodl jsem se však tento problém vyřešit dvěma jinými metodami, které jsem sám zkonstruoval. Navržené metody samozřejmě nejsou dostatečně prověřeny praxí, proto v jejich výpovědní síle tato skutečnost musí být respektována a metody dále prověřovány. Jde o Metodu naměřených hodnot a o Metodu funkčních hodnot.

Obě tyto metody jsou založeny na analogickém principu. Tímto principem je vytvoření vážených průměru a následné regresní analýze závislosti indexu PX na těchto průměrech.

Metoda naměřených hodnot.

V této metodě se počítá vážený průměr hodnot jednotlivých titulů podle následujícího vzorce:

$$\frac{1}{a} \cdot \left(\frac{dol[i]}{dol[mi]} \cdot dolc + \frac{dow[i]}{dow[mi]} \cdot dowc + \frac{dax[i]}{dax[mi]} \cdot daxc + \frac{eur[i]}{eur[mi]} \cdot eurc + \frac{rop[i]}{rop[mi]} \cdot ropc \right),$$

kde $fceI$ je vážený průměr,

$dol[i]$, $dow[i]$, $dax[i]$, $eur[i]$, $rop[i]$ jsou hodnoty jednotlivých titulů pro datum i ,
 $dol[mi]$, $dow[mi]$, $dax[mi]$, $eur[mi]$, $rop[mi]$ jsou počáteční hodnoty pro jednotlivé tituly,

$dolc$, $dowc$, $daxc$, $eurc$, $ropc$ jsou koeficienty váženého průměru pro jednotlivé tituly,

$a = dolc + dowc + daxc + eurc + ropc$.

Vzorec č. 9 – Výpočet váženého průměru pomocí Metody naměřených hodnot.⁵

V tomto výpočtu známe všechny proměnné až na hodnoty koeficientů, které je nutno vypočítat. Získají se pomocí algoritmu, který provede regresní analýzu pro všechny potenciační kombinace těchto koeficientů a porovná výsledný reziduální

⁵ Tento vzorec jsem zkonstruoval podle svého vlastního návrhu.

součet čtverců jejich regresní funkcí. Přitom kombinace s nejnižší hodnotou reziduálního součtu čtverců bude tyto koeficienty reprezentovat.

Metoda funkčních hodnot.

Druhá moje metoda počítá vážený průměr analogicky jako první metoda pouze, namísto hodnot jednotlivých titulů používá funkční hodnoty jejich regresních funkcí. Tedy vážený průměr pro tuto metodu vypočítáme pomocí tohoto předpisu:

$$f_{ce2}[j] = \frac{1}{a} \cdot \left(daxf \left(\frac{dax[j]}{dax[mi]} \right) daxc + dowf \left(\frac{dow[j]}{dow[mi]} \right) dowc + \right. \\ \left. + dolf \left(\frac{dol[j]}{dol[mi]} \right) dolc + ropf \left(\frac{rop[j]}{rop[mi]} \right) ropc + \right. \\ \left. + eurf \left(\frac{eur[j]}{eur[mi]} \right) eurc \right),$$

kde f_{ce1} je vážený průměr,

$dol[j]$, $dow[j]$, $dax[j]$, $eur[j]$, $rop[j]$ jsou hodnoty jednotlivých titulů pro datum i ,
 $dol[mi]$, $dow[mi]$, $dax[mi]$, $eur[mi]$, $rop[mi]$ jsou počáteční hodnoty pro jednotlivé tituly,
 $dolc$, $dowc$, $daxc$, $eurc$, $ropc$ jsou koeficienty váženého průměru pro jednotlivé tituly,
 $dolf$, $dowf$, $daxf$, $eurf$, $ropf$ jsou regresní funkce jednotlivých titulů,
 $a = dolc + dowc + daxc + eurc + ropc$.

Vzorec č. 10 – Výpočet váženého průměru pomocí Metody funkčních hodnot.⁶

Stejně jako u Metody naměřených hodnot jedinými neznámými jsou hodnoty jednotlivých koeficientů. Jejichž hodnoty získáme naprosto stejným postupem jako u první metody.

⁶ Tento vzorec jsem zkonstruoval podle svého vlastního návrhu.

5.4 Vytvoření programu

Jak už jsem výše zmiňoval, rozhodl jsem se vytvořit pomocí softwaru Maple verze 12 takové programy, které budou využitelné pro jakoukoli kolekci dat obdobného charakteru. Pro provedení všech výpočtů mi stačí pět programů. Které je potřeba spustit v pořadí jako v diagramu na následující straně.

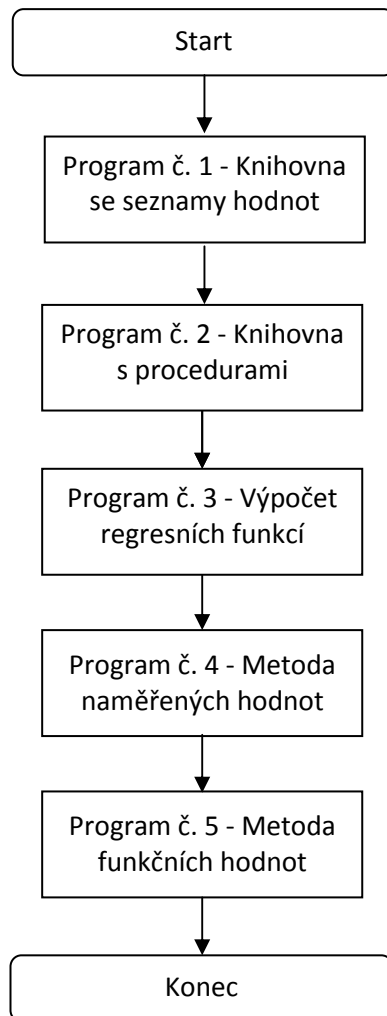


Diagram č. 1 – Postup spouštění programů.

5.4.1 Program č. 1 - Knihovna se seznamy hodnot

Po spuštění tento program uloží do externího souboru (knihovny) seznamy (lists) s různými hodnotami. Hodnoty se vkládají do této knihovny, aby se nemusely zadávat v každém programu zvlášť. Do těchto seznamů se vkládají hodnoty dvěma způsoby.

Prvním způsobem vkládání je vkládání všech hodnot daného seznamu současně (například *pxi*:=**[1502,1498,...,1565]**).

Takto se do seznamu vkládají denní hodnoty jednotlivých titulů (jsou to tyto seznamy: *pxi* – index PX, *dax* – index DAX, *eur* – kurz eura, *dol* – kurz dolaru, *dow* – index Dow Jones a *rop* – cena opy) a data (*datum*), která jsou však zadána v uvozovkách, tedy jako textový řetězec (string), aby bylo možné aplikovat funkce pracující s daty (např. *ParseTime*).

Druhým způsobem vkládání je vkládání hodnot po jedné pro specifické indexy. Tento způsob je využit v případech, kdy není index v číselné podobě, ale jedná se o textový řetězec (například *Nazev[dax]*:=**"Index DAX"**).

Vkládání hodnot do seznamů pro indexy složené z textových řetězců se využívá pro názvy křivek (*nazev*) a barvy jednotlivých titulů (*colour*). Podle hodnot těchto seznamů se v následujících programech vybírá barva pro křivky jednotlivých titulů.

5.4.2 Program č. 2 - Knihovna s procedurami

Pomocí tohoto programu se ukládají do téže knihovny procedury pro nalezení počátečního a koncového data, výpočet regresní funkce a pro vytvoření grafů.

NALEZENÍ POČÁTEČNÍHO A KONCOVÉHO DATA

Tuto proceduru voláme příkazem *Datum(poc, kon)* a pro nalezení počátečního a koncového data porovnává hodnoty počátečních (*poc*) a koncových (*kon*) dat s daty uloženými v seznamu *datum* (*datum[i]*). Nalezená data se ukládají do proměnných

pocatek, *konec* a hodnoty indexu *i* se ukládají do proměnných *mi* pro počátek a *ma* pro konec. Následující diagram popisuje postup pro porovnávání počátečního data. Pro koncové datum je postup stejný.

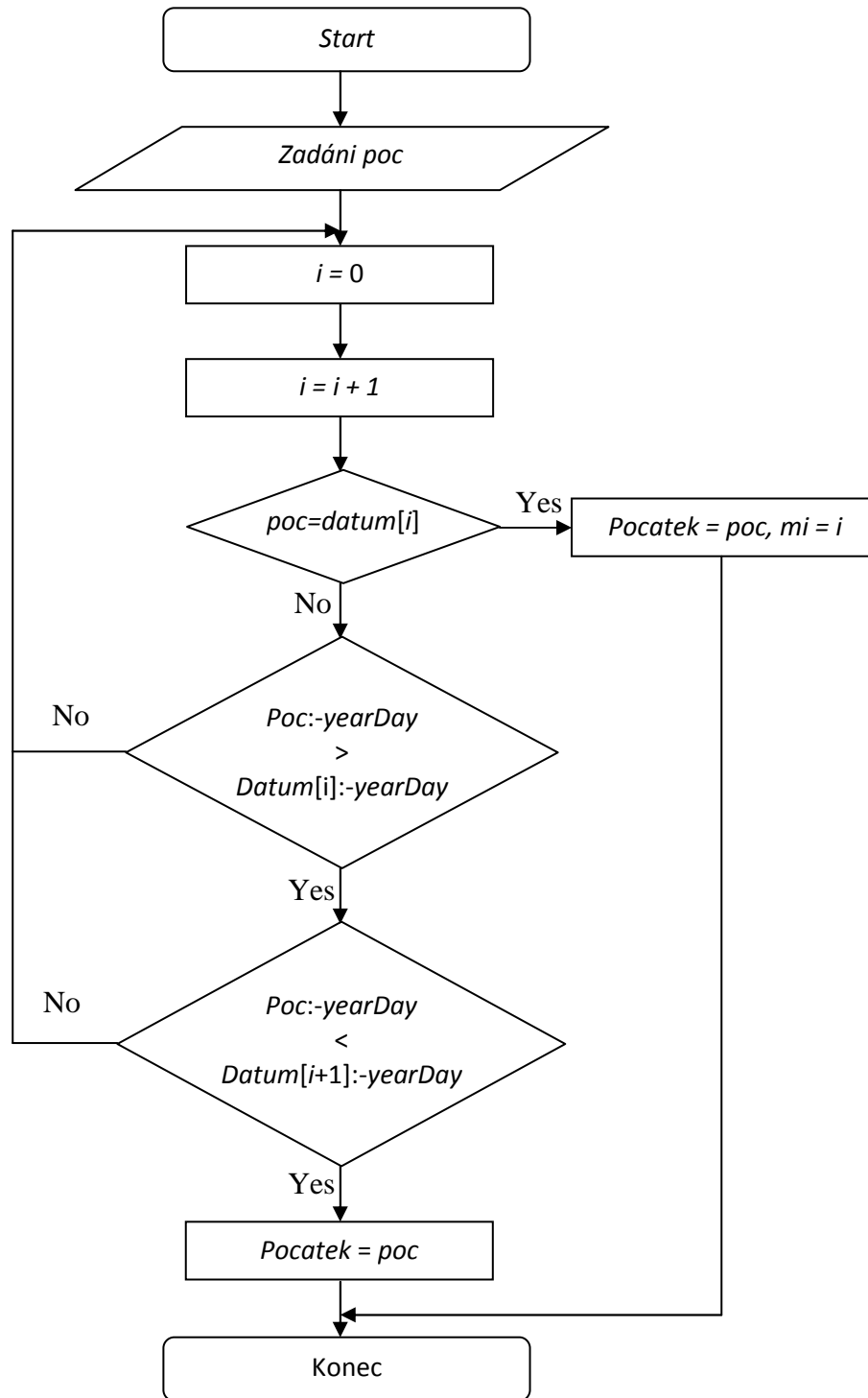


Diagram č. 2 – Hledání počátečního a koncového data.

VÝPOČTY REGRESNÍCH FUNKCÍ

Volá se pomocí příkazu *Polynomy(vector1,vector2,mini,maxi,z)*, kde *vector1* a *vector2* jsou seznamy s hodnotami vysvětlující respektive vysvětlované proměnné, *mini* a *maxi* indexy počátečního respektive koncového data a hodnota *z* udává maximální množství parametrů. Postup výpočtu probíhá následovně.

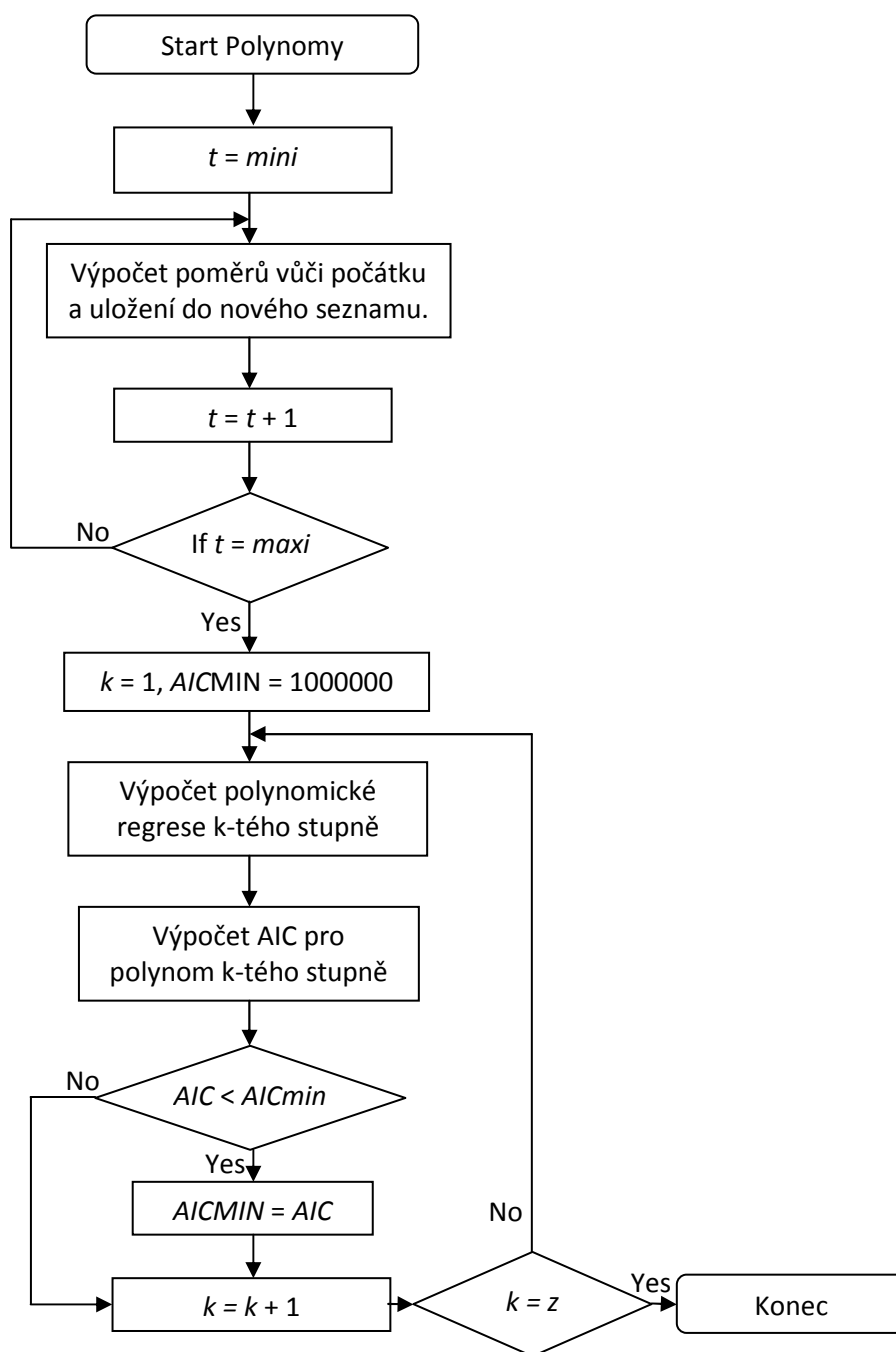


Diagram č. 3 – Výpočty regresních funkcí

Tento diagram je zjednodušený a je v něm zobrazeno vypočítání a hledání minimální hodnoty pouze Akaikeova informačního kritéria (AIC). Po vypočítání AIC a nalezení minimální hodnoty probíhá analogický postup pro ostatní kritéria. Tato procedura ukládá všechny vypočítané funkce a hodnoty (regresní funkce, RSS, počet parametrů doporučených jednotlivými kritérii a jejich minimální hodnoty) do seznamů, pro indexy nabývající hodnot 1 až z.

VYTVOŘENÍ GRAFŮ

Tato procedura se volá příkazem **Grafs(vector1,vector2,mini,maxi,lf)**, kde *lf* je nalezená regresní funkce.

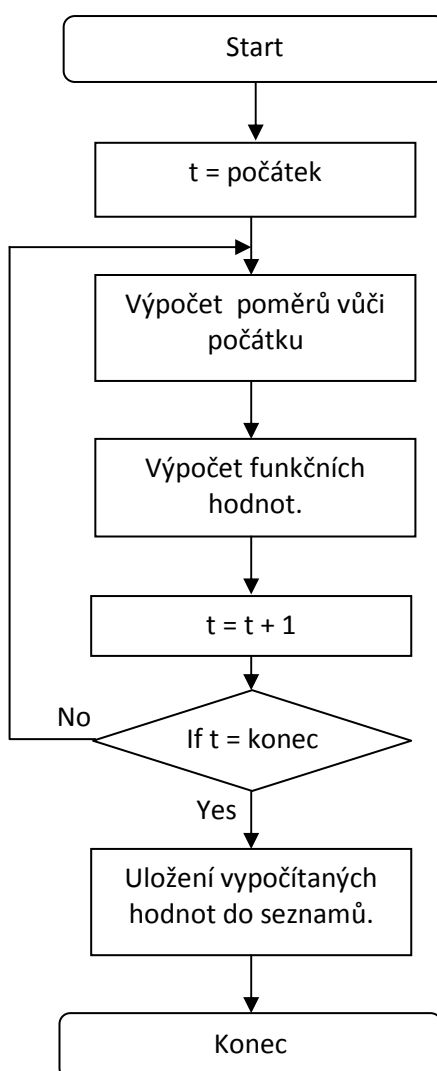


Diagram č. 4 – Procedura grafy

Tato procedura výše uvedeným postupem vytvoří seznamy s poměry vůči počátku vysvětlujících (*aa*) a vysvětlovaných (*bb*) proměnných, s pořadím dne v roce exportovaným ze seznamu *datum* (*cc*) a s funkčními hodnotami regresní funkce (*dd*). Tyto seznamy se v dalších programech využívají k vytvoření předpisů pro grafy.

5.4.3 Program č. 3 – Výpočet regresních funkcí.

Program č. 3 je nejdůležitějším programem, protože provádí a graficky interpretuje samotné regresní funkce pro jednotlivé tituly. Před spuštěním tohoto programu je třeba vložit hodnoty do tří seznamů, tj. do seznamu analyzovaných titulů (*yvectors*) a seznamů počátků (*poc*) a konců (*kon*) analyzovaných časových intervalů. Program poté provede pro všechny kombinace časových intervalů a titulů následující posloupnost kroků:

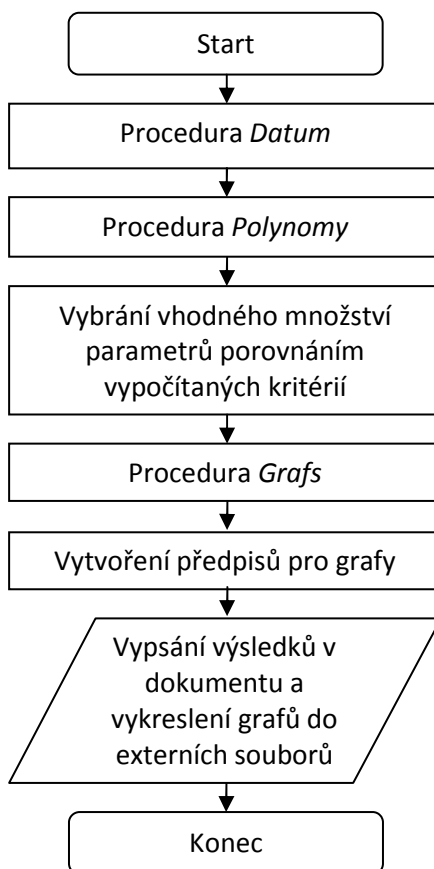


Diagram č. 5 – Výpočty regresních funkcí.

5.4.4 Program č. 4 – Metoda naměřených hodnot

Tento program je založen na stejném principu, na němž je založen program č. 3. Jsou zde přidány pouze dva prvky. Prvním je výpočet váženého průměru podle vzorce č. 9. a druhým rozdílem je vložení pěti cyklů, které vytvářejí různé kombinace hodnot jednotlivých koeficientů a vybírají kombinaci s nejnižší hodnotou reziduálního součtu čtverců. Po volbě nejvýhodnější kombinace program:

- a) vypíše tuto kombinaci,
- b) vypíše hodnoty kritérií,
- c) vypíše hodnoty reziduálního součtu čtverců,
- d) do externího souboru vykreslí grafy.

Z důvodu nedostačujícího počítačového vybavení nabývají koeficienty pouze hodnot od jedné do šesti. A koeficienty jednotlivých titulů mají přiřazeny obory hodnot podle grafických znázornění a podle naměřených reziduálních součtů čtverců.

5.4.5 Program č. 5 – Metoda funkčních hodnot

Program č. 5 je analogickou obdobou programu č. 4, postup je naprosto totožný pouze namísto vzorce č. 9 se aplikuje vzorec č. 10.

5.5 Vytvoření matematických modelů a jejich matematická a ekonomická interpretace

V této kapitole jsou zobrazeny a následně matematicky i ekonomicky interpretovány jednotlivé výsledné regresní modely, které byly zkonstruovány užitím výše uvedených mnou navržených programů. Pro lepší přehlednost je kapitola rozdělena na několik podkapitol.

Původní předpoklad jejich počtu byl osm. A to v tomto rozvržení:

- pět z nich mělo matematicky analyzovat vliv jednotlivých titulů na index PX,
- dvě pro mnou navržené metody řešení (Metodu naměřených hodnot a Metodu funkčních hodnot),
- poslední podkapitola měla být věnována výsledným ekonomickým interpretacím těchto modelů.

Avšak po příslušných výpočtech a následném vykreslení regresních funkcí pro směnné kurzy eura a dolar jsem zjistil, že závislost indexu PX na těchto dvou kurzech je velmi malá až žádná. *Protože ověřuji hypotézu, zda existuje mezi těmito tituly závislost, nikoli zda existuje závislost indexu PX na těchto kurzech, rozhodl jsem se provést i analýzu inverzní závislosti. Tedy zda a jak závisejí směnné kurzy eura a dolaru na indexu PX.*

- Těmto dvěma analýzám jsem věnoval dodatečné dvě podkapitoly.

Tedy ve finální verzi má poslední tato kapitola deset podkapitol.

U každé matematické interpretace v této kapitole jsou dvě grafické vizualizace:

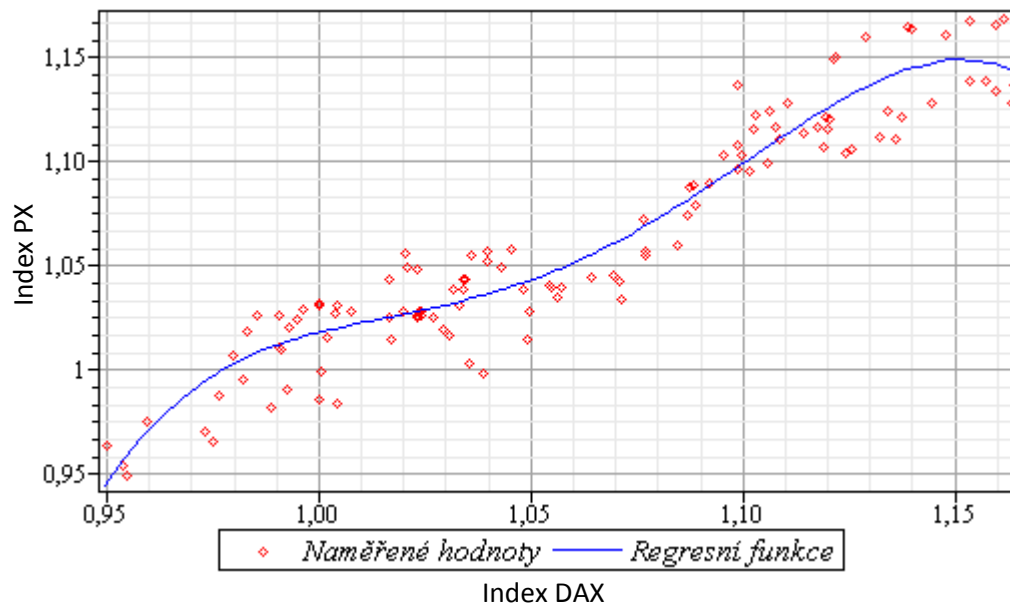
- V prvním grafu jsou zobrazeny naměřené hodnoty a vykreslen graf regresní funkce.
- V následujícím grafu jsou v korespondenci s časovou osou vyneseny naměřené hodnoty jednotlivých titulů a proložen bodový graf izolovaných hodnot získaných z příslušné regresní funkce pro dané datum.

5.5.1 Závislost indexu PX na indexu DAX

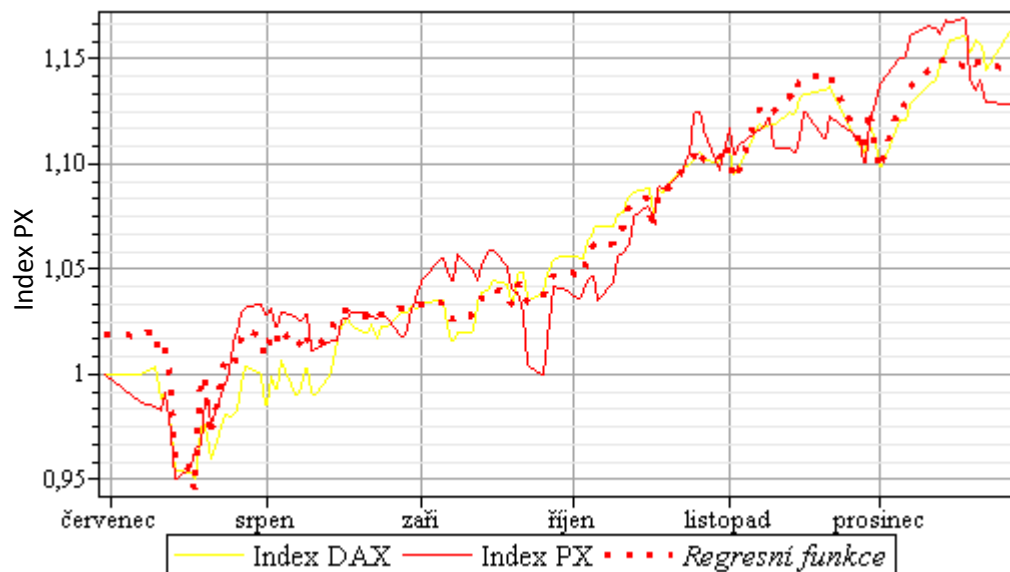
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = -965.670266016566870 + 3667.39529313775984 v - 5211.19019912334625 v^2 + 3286.43118344756158 v^3 - 775.947699009662870 v^4$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0300817520968079191$



Graf č. 10 – Regresní funkce pro index PX a DAX.



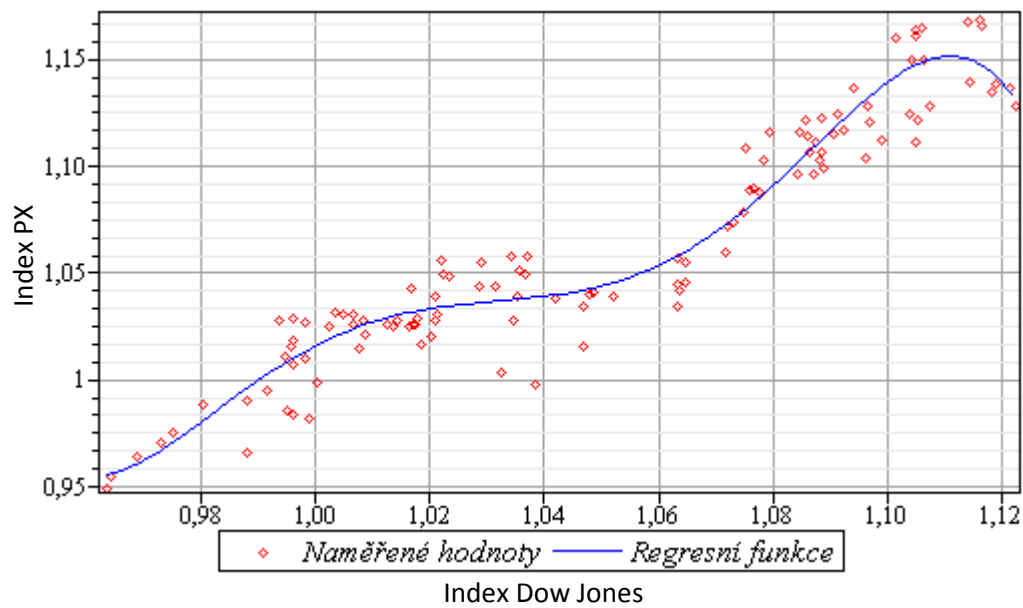
Graf č. 11 – Časová řada pro indexy PX a DAX a jejich regresní funkci.

5.5.2 Závislost indexu PX na indexu Dow Jones

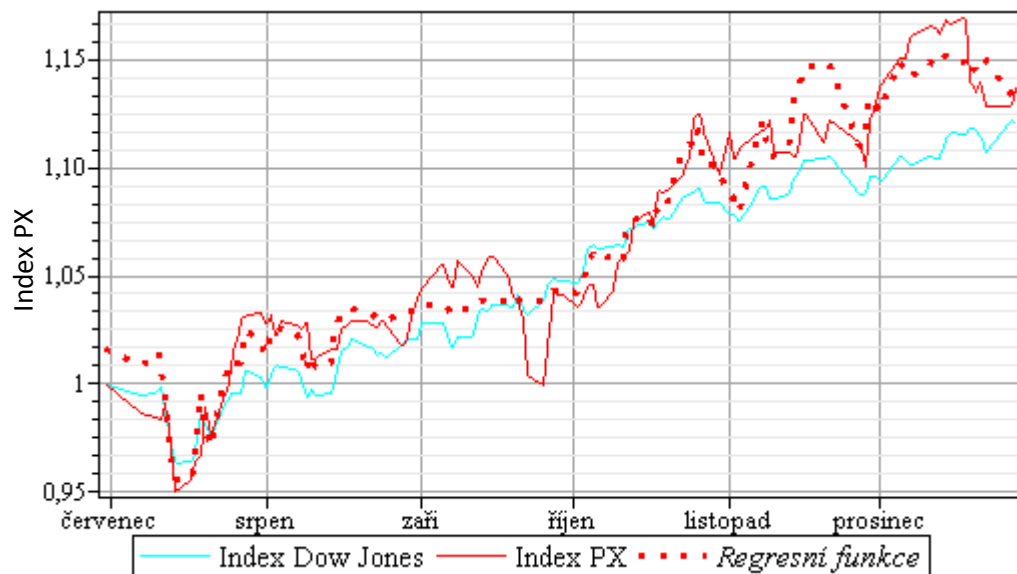
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = 61296.330068576099 - 2.9748316141198366 \cdot 10^5 v + 5.770051479561 \cdot 10^5 v^2 - 5.59101439646135666 \cdot 10^5 v^3 + 2.706421335432016 \cdot 10^5 v^4 - 52357.9944925273 v^5$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0234131895809666161$



Graf č. 12 – Regresní funkce pro index PX a Dow Jones.



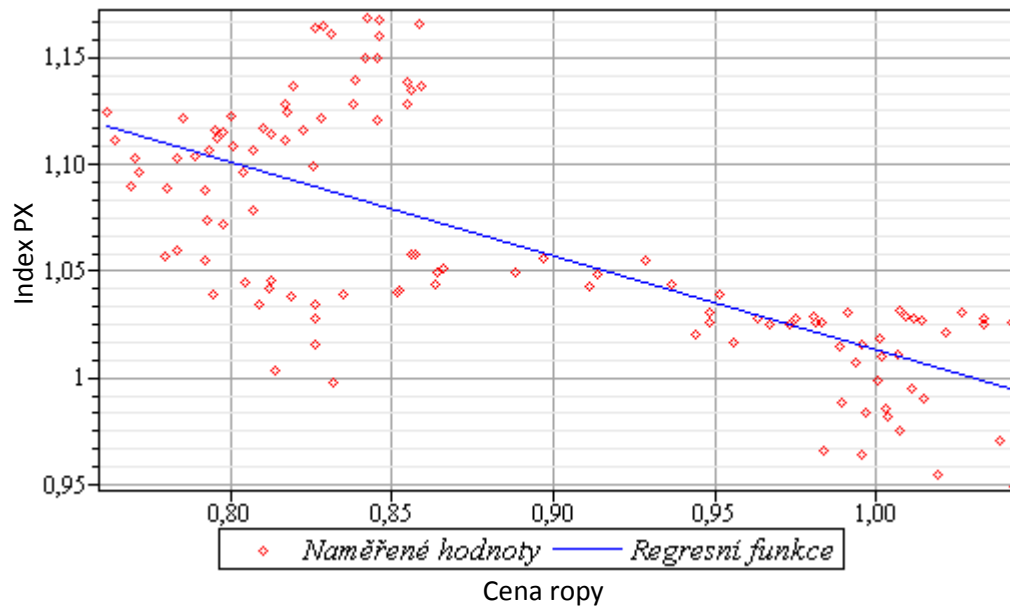
Graf č. 13 – Časová řada pro indexy PX a Dow Jones a jejich regresní funkci.

5.5.3 Závislost indexu PX na ceně ropy

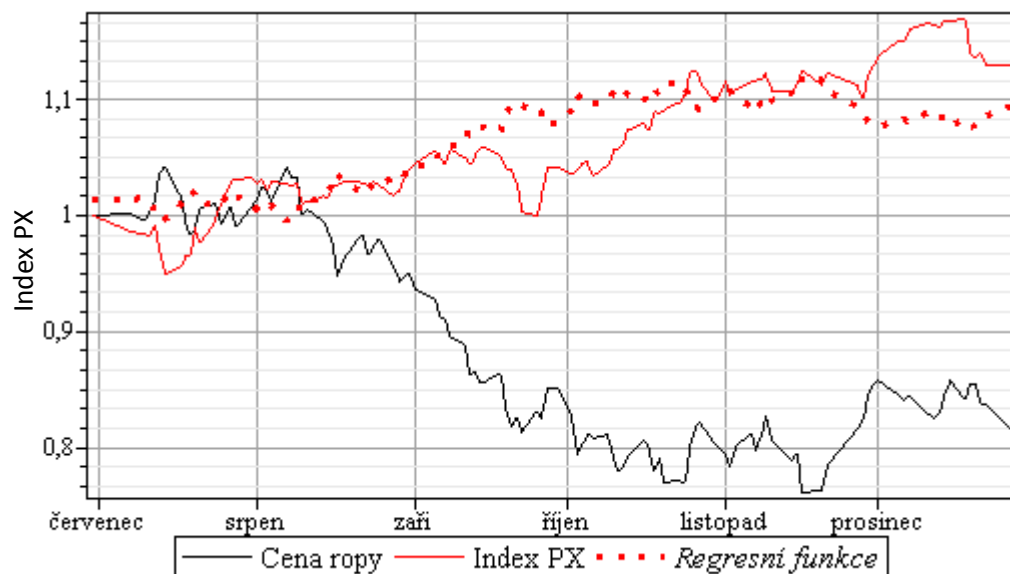
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = 1.45248805257570624 - 0.439722719766770076 v$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.173868644976360204$



Graf č. 14 – Regresní funkce pro index PX a cenu ropy.



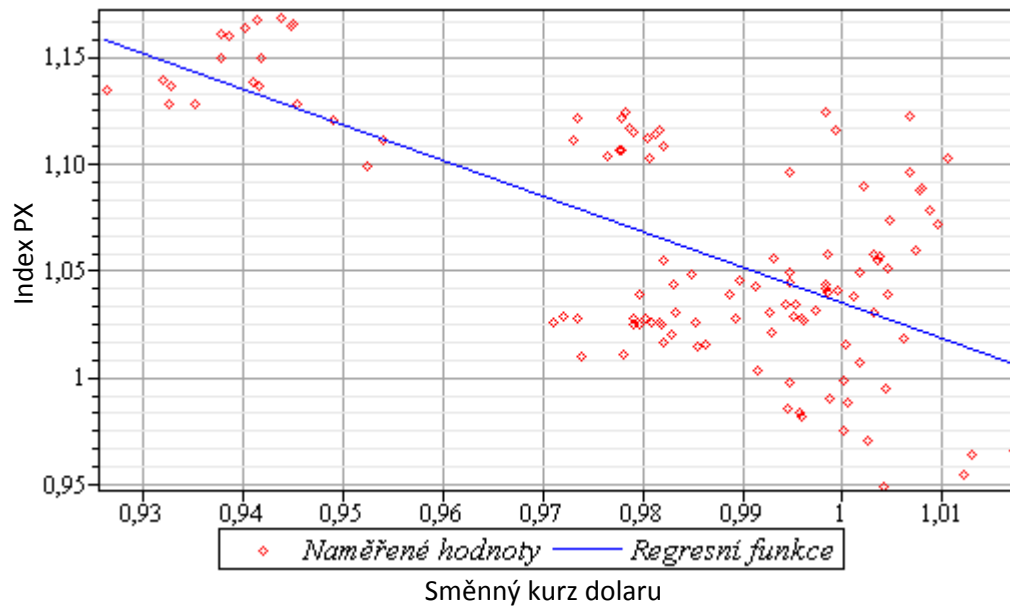
Graf č. 15 – Časová řada pro index PX, cenu ropy a jejich regresní funkci.

5.5.4 Závislost indexu PX na směnném kurzu dolaru

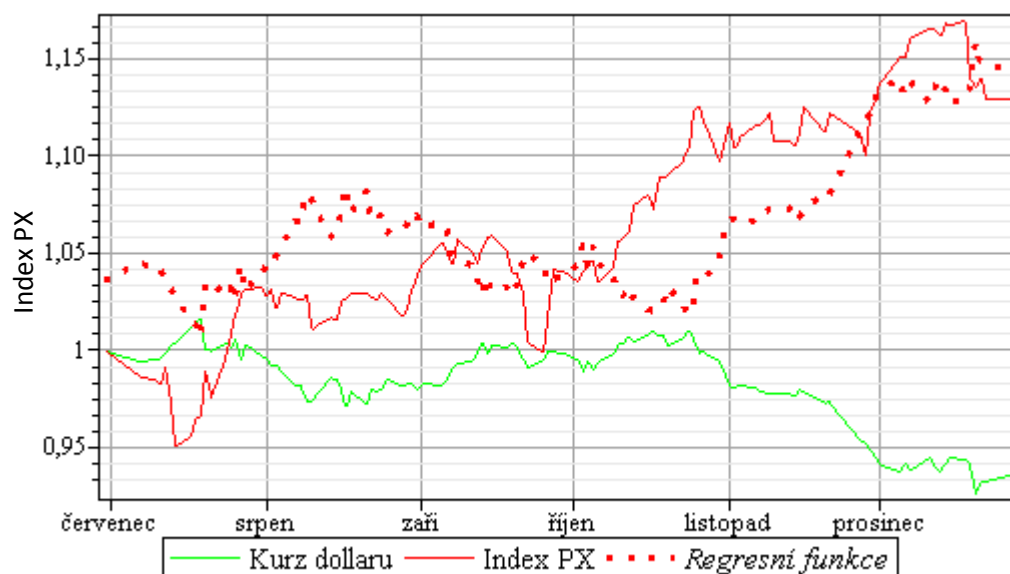
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = 2.70950187968829770 - 1.67457786046235290 v$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.186920186611598870$



Graf č. 16 – Regresní funkce pro index PX a směnný kurz dolaru.



Graf č. 17 – Časová řada pro index PX, směnný kurz dolaru a jejich regresní funkce.

5.5.5 Závislost směnného kurzu dolaru na indexu PX

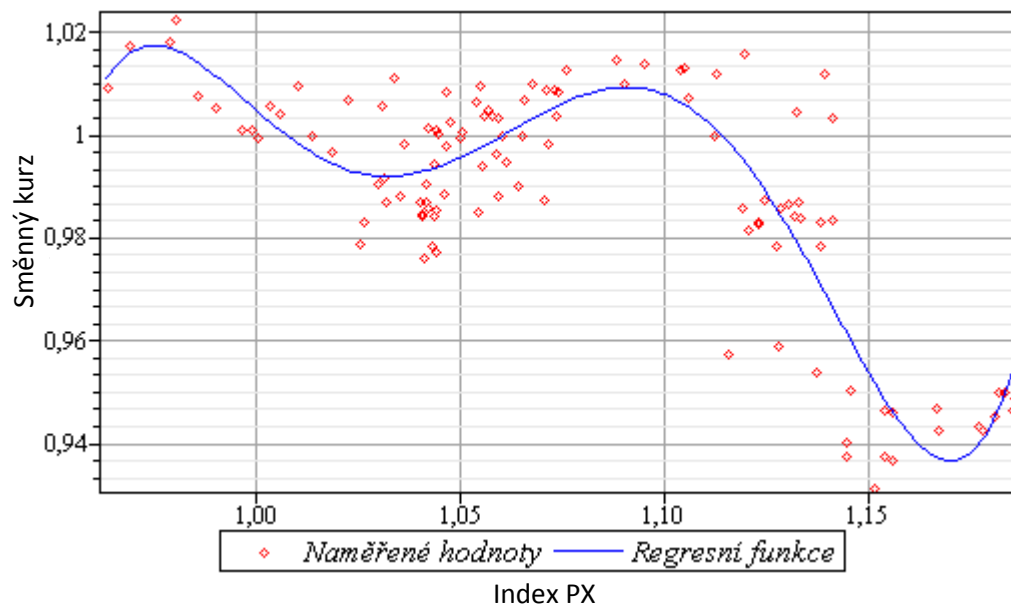
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = -15121.5169434073487 + 71292.2880381300784$

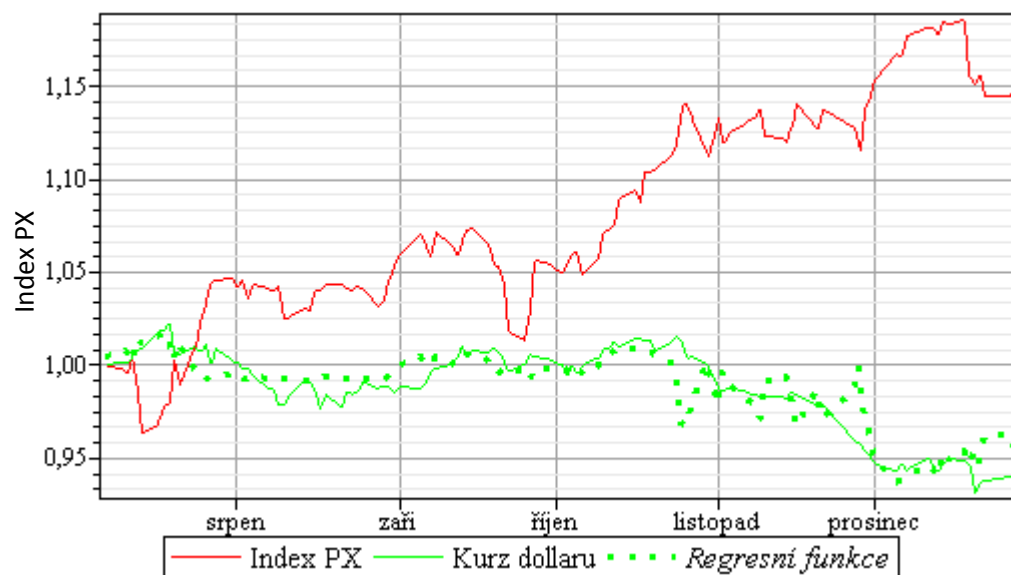
$v - 1.34236582077023865 \cdot 10^5 v^2 + 1.26186821143963070 \cdot 10^5 v^3 -$

$-59219.7488272666378 v^4 + 11099.7433914471676 v^5$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0147361661858140936$



Graf č. 18 – Regresní funkce pro směnný kurz dolaru a index PX.



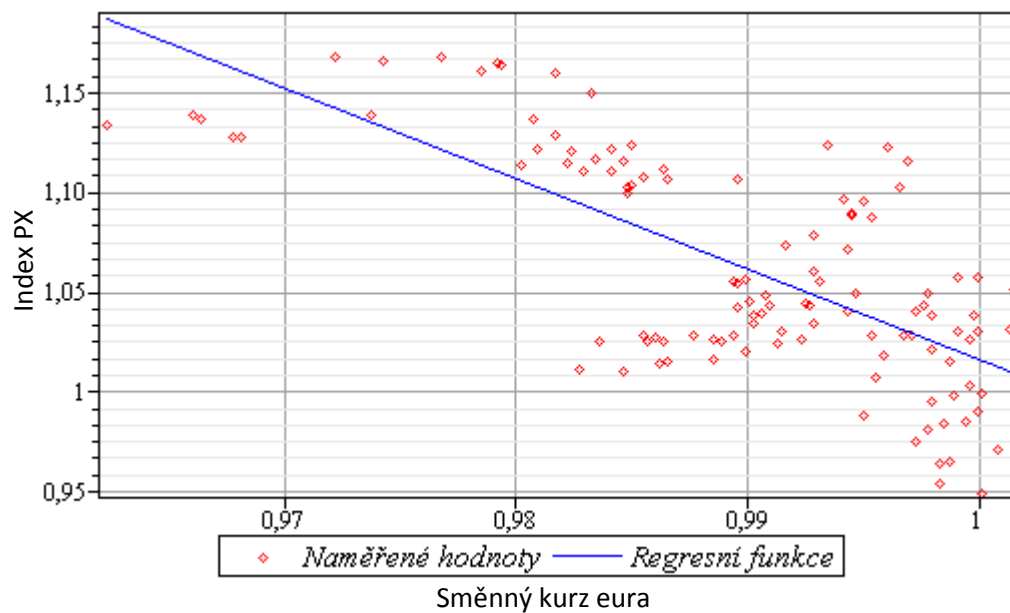
Graf č. 19 – Časová řada pro směnný kurz dolaru, index PX a jejich regresní funkci.

5.5.6 Závislost indexu PX na směnném kurzu eura

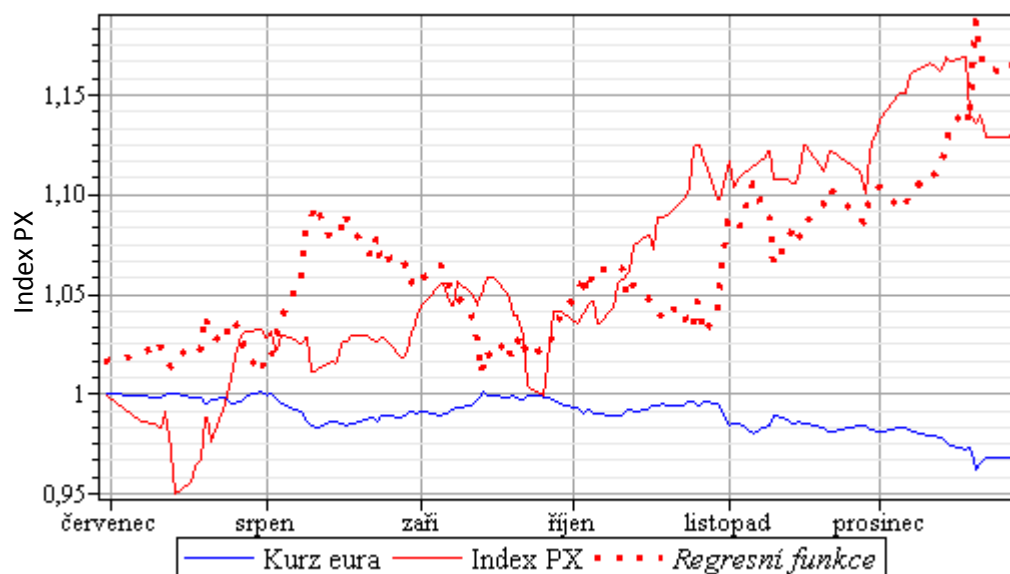
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regressní funkce: $y = 5.55219197668526388 - 4.53609942066132632 v$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.176942022543696314$



Graf č. 20 – Regresní funkce pro index PX a směnný kurz eura.



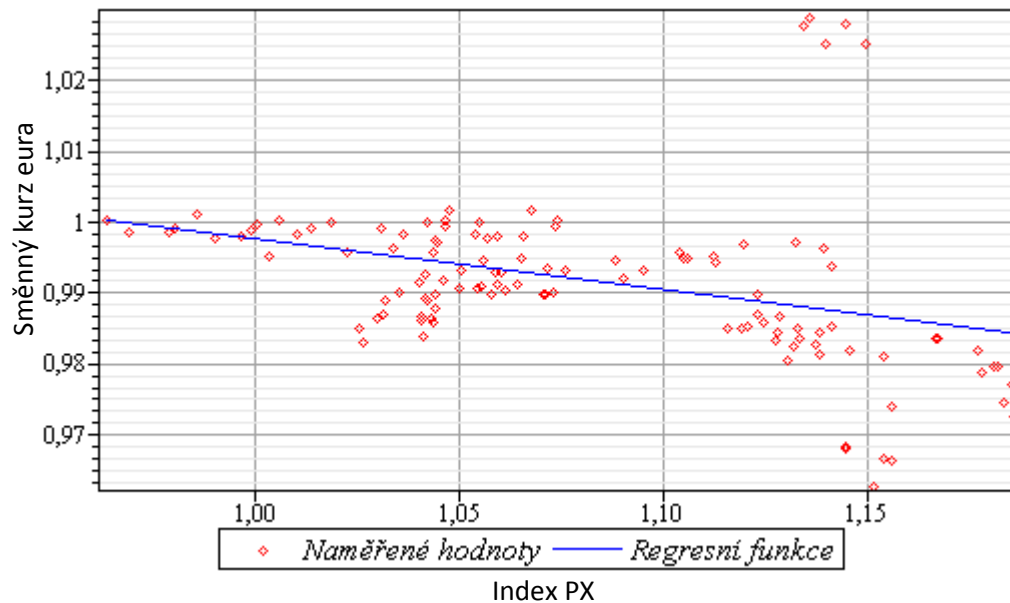
Graf č. 21 – Časová řada pro index PX, směnný kurz eura a jejich regresní funkce.

5.5.7 Závislost směnného kurzu eura na indexu PX

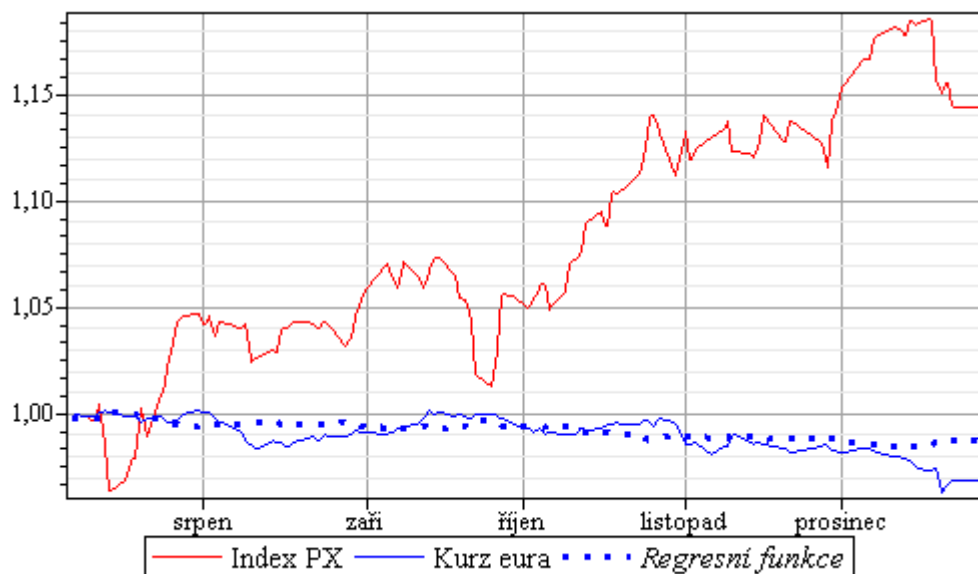
MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

Regresní funkce: $y = 1.06897212276638288 - 0.0713870310015935900 v$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0128626455628157270$



Graf č. 22 – Regresní funkce pro směnný kurz eura a index PX.



Graf č. 23 – Časová řada pro směnný kurz eura, index PX a jejich regresní funkci.

5.5.8 Metoda naměřených hodnot

MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

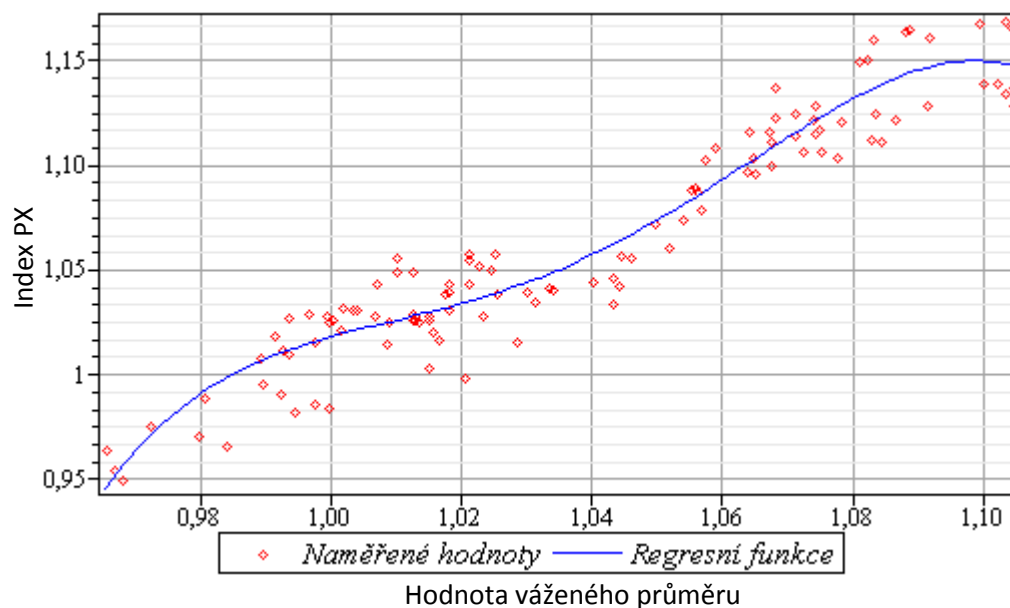
Pro metodu naměřených hodnot i pro metodu funkčních hodnot jsem podle předešlých modelů stanovil tyto obory hodnot pro jednotlivé koeficienty.

$dolc = 0..2$, $eurc = 0..2$, $daxc = 5..6$, $dowc = 5..6$, $ropc = 2..4$.

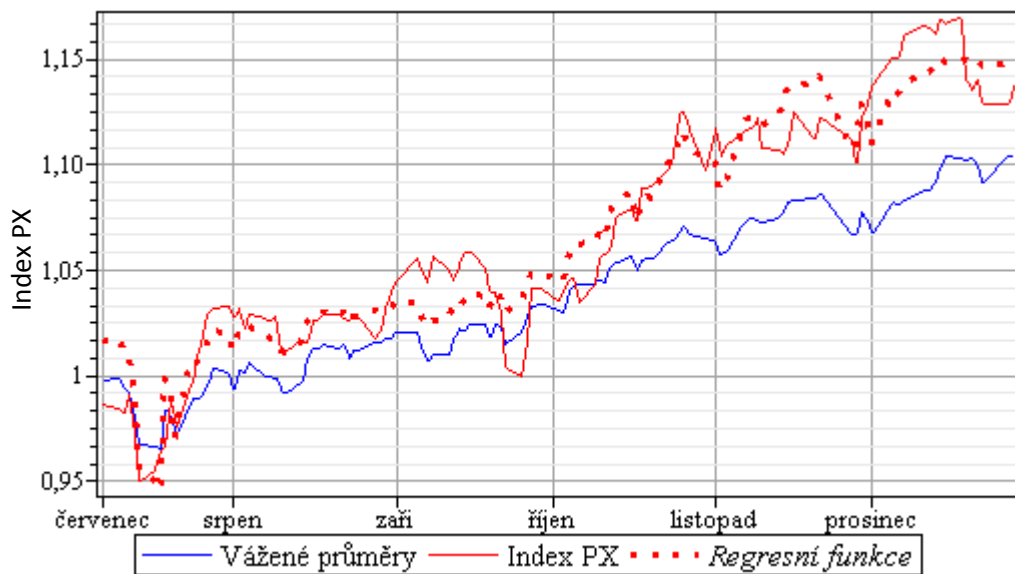
Vypočtené koeficienty: $dolc = 1$, $eurc = 0$, $dowc = 6$, $daxc = 6$, $ropc = 1$;

Regresní funkce: $y = -4258.32677916999728 + 16465.2637878388668v - 23855.0541567794462 v^2 + 15350.8399424630698 v^3 - 3701.70460791043615 v^4$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0259186237957872504$



Graf č. 24 – Regresní funkce pro index PX a vážený průměr metody naměřených hodnot.



Graf č. 25 – Časová řada pro index PX, vážené průměry a jejich regresní funkci.

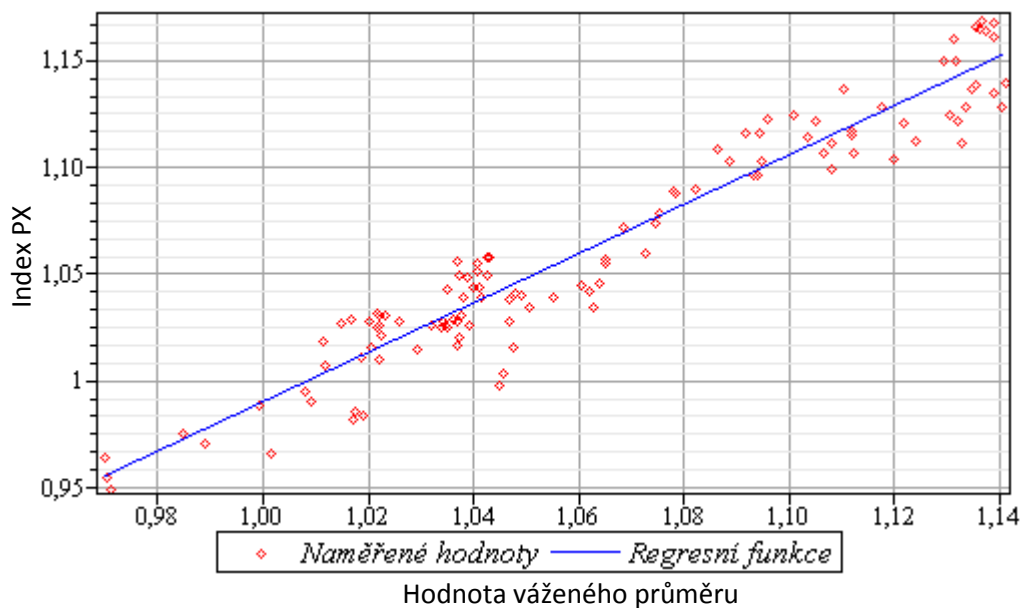
5.5.9 Metoda funkčních hodnot

MATEMATICKÝ MODEL DANÉ ZÁVISLOSTI:

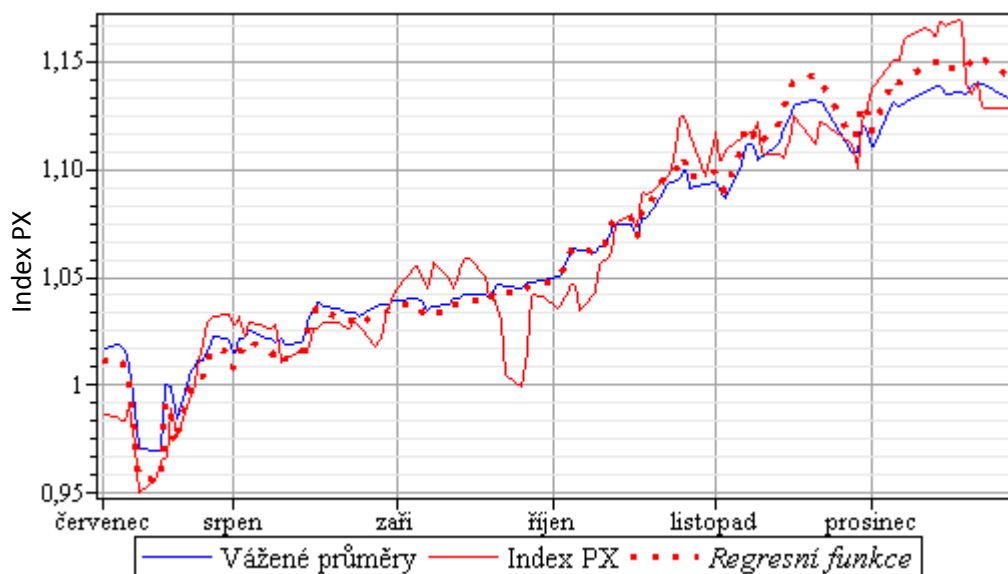
Vypočtené koeficienty: $dolc = 2$, $eurc = 0$, $dowc = 6$, $daxc = 5$, $ropc = 2$;

Regresní funkce: $y = -0.160570020407213771 + 1.15102232057073640x$

Reziduální součet čtverců: $RSS = 0.0255069729349719186$



Graf č. 26 – Regresní funkce pro index PX a vážený průměr metody funkčních hodnot.



Graf č. 27 – Časová řada pro index PX, vážené průměry a jejich regresní funkci.

5.5.10 Výsledná ekonomická interpretace vypočítaných modelů

Z výše zkonstruovaných a vizualizovaných modelů je zřejmé:

1. Nejtěsněji, a tedy nejvíce ze sledovaných titulů závisí index PX na indexu DAX a hned po něm na indexu Dow Jones.
2. Na ceně ropy není index PX nijak výrazně závislý.
3. Na směnných kurzech dolaru a eura nezávisí index PX téměř vůbec.
4. Na výběrových průměrech zkonstruovaných pomocí dvou mnou navržených metod závisí index PX minimálně stejně těsně jako na indexech Dow Jones a DAX.

Diskuse:

Jaký je vliv indexů DAX a Dow Jones na index PX?

Indexy DAX a Dow Jones mají za všech sledovaných titulů největší vliv na index PX. Když se nad tím zamyslíme z ekonomického hlediska, tak je odpověď nasnadě. Hlavním důvodem je to, že se jedná podobné tituly. Ve všech třech případech jde o indexy některé ze světových burz.

Dříve, například v meziválečném období, nebyly tyto závislosti pravděpodobně tak výrazné, protože zde hrály roli faktory času a prostoru. Hlavně v souvislosti s informacemi. V té době také nebyla dostatečná provázanost mezi jednotlivými podniky. Proto například burza v Praze reagovala na velkou hospodářskou krizi v roce 1929 výrazně později, než byla identifikována v New Yorku.

V současnosti je vše jinak. Na každé burze jsou dostupné informace ze všech ostatních burz v „reálném“ čase, podniky jsou často současně obchodovány na více burzách a mnoho podniků na různých burzách je propojeno prostřednictvím společného majitele. Proto jsou závislosti indexu PX na indexech DAX a Dow Jones tak silné. Závislost na indexu DAX je o něco těsnější, než je na indexu Dow Jones z důvodu geografické a ekonomické blízkosti. Německý trh je naším nejbližším západním trhem a současně i největším odběratelem českého exportu.

Jaký je vliv ceny ropy na index PX?

Index PX podle výsledků mé analýzy není nijak výrazně závislý na ceně ropy. Ekonomicky to lze vysvětlit tím, že pouze jediná firma, která je zalistována v indexu PX, je přímo závislá na ropě. Touto firmou je společnost Unipetrol, avšak její akcie představují jen váhu 3 % v tomto indexu. Takže je vidět, že přímá závislost zde téměř neexistuje. Lze však identifikovat zprostředkovanou závislost, protože roste-li cena ropy, znamená to, že ji investoři kupují ve velkém množství. A v důsledku toho prodávají ostatní akcie. To se většinou děje v době korekcí kapitálových trhů. Po skončení korekcí se tento trend zase obrací.

Jaký je vliv směnných kurzů eura a dolaru na index PX?

V mých výše uvedených analýzách se neprokázala závislost indexu PX na směnných kurzech eura a dolaru. Proto jsem provedl analýzy v opačném smyslu, tj. určil jsem regresi pro inverzní závislost těchto titulů, tedy závislost těchto směnných kurzů na indexu PX. Po provedení této analýzy jsem zjistil, že taková závislost existuje. Tedy, že směnné kurzy eura a dolaru závisejí na indexu PX, potažmo na vývoji pražské burzy.

Z ekonomického hlediska mohu tento fakt vysvětlit tím, že růst síly české koruny závisí na vývoji české ekonomiky. Investoři nakupují české koruny, pokud věří v sílu české ekonomiky, přitom v indexu PX je zohledněna většina tuzemských nejvýznamnějších firem, proto index PX z části prezentuje sílu české ekonomiky.

Jaká je závislost indexu PX na hodnotách vypočítaných mnou navrženými metodami?

Závislost indexu PX na vážených průměrech, které jsem získal užitím mnou navržených metod (Metoda naměřených hodnot a Metoda funkční hodnot), je relativně těsná. Regresní funkce pro tyto průměry však nenalezla nijak výrazně těsnější závislost než regresní funkce pro indexy DAX a Dow Jones. Pro zpřesnění těchto výsledků bude zřejmě příhodnější zahrnout do výpočtů větší počet titulů, a současně eliminovat tituly, na nichž index PX závisí jen minimálně (např. směnné kurzy eura a dolaru).

6 ZÁVĚR

Hlavním cílem mé práce bylo ověřit pravdivost následující hypotézy.

Existuje nějaká závislost mezi kontinuálním vývojem indexu PX a kontinuálními vývoji pěti světových titulů, kterými jsou cena barelu ropy Západotexaského standardu, kurzů dolaru a eura vůči české koruně, indexy Dow Jones (Americký akciový index) a DAX (Německý akciový index).

V průběhu mé práce se mi podařilo zjistit, že mnou formulovanou hypotézu lze potvrdit. Lze prokázat určité závislosti několika výše uvedených titulů.

Takové závislosti existují v těchto případech:

- 1) Vývoj indexu PX je velmi těsně závislý na vývoji indexů DAX a Dow Jones. Důvodem je blízká příbuznost a provázanost všech těchto tří titulů.
- 2) Vývoj ceny ropy má jen nepřímý vliv na vývoj indexu PX, tudíž zde není závislost tak těsná jako u předešlých indexů.
- 3) Vývoj indexu PX není téměř nijak závislý na vývoji kurzů dolaru a eura vůči české koruně. Přitom obrácená závislost, tedy závislost těchto kurzů na indexu PX, je prokazatelná.
- 4) Intenzita závislosti indexu PX na vážených průměrech vypočítaných užitím mnou navržených metod (Metody naměřených hodnot a Metody funkčních hodnot) je srovnatelná se závislostí na indexech DAX a Dow Jones, protože tyto indexy v nich mají největší váhu.

Zjištění v bodech 1-4 jsem dosáhl splněním těchto dílčích cílů:

- a) Získáním denních hodnot sledovaných ukazatelů.
- b) Očištěním těchto hodnot od různých zjištěných anomálií.
- c) Výběrem vhodného matematického, respektive statistického aparátu.
- d) Vytvořením vlastních programů v systému Maplu 12, které jsem aplikoval v celém příslušném výpočtovém a vizualizačním procesu.
- e) Konstrkcí matematických modelů, jejich matematickou a ekonomickou interpretací.

ad a), ad b) Denní hodnoty sledovaných ukazatelů jsem získal od svého bývalého zaměstnavatele společnosti Cyrrus a.s. Tyto hodnoty bylo třeba očistit od mnoha anomálií (například informace v neshodných datech aj.) K tomu jsem zkonstruoval vlastní program v softwaru Microsoft Visual Basic, který je integrován v programu Microsoft Excel.

ad c) Protože cílem mé práce byla identifikace závislostí jednotlivých titulů z empiricky zjištěných hodnot užitím matematického modelování, bylo třeba účelně zvolit vhodný matematický, respektive statistický aparát. Prostudoval jsem informace z mnoha teoretických zdrojů. Přitom nejvíce jsem čerpal ze dvou monografií renomovaných autorů, a to od *Jiřího Reifa: Metody matematické statistiky*⁷ a *Jiřího Anděla: Statistické metody*⁸, a to pro určení závislostí vysvětlované proměnné na jediné vysvětlující proměnné. Avšak pro hledání závislosti vysvětlované proměnné na více vysvětlujících proměnných jsem navrhl a zkonstruoval dvě vlastní metody.

ad d) Pro užití pokročilých matematických metod bylo třeba zvolit vhodný výpočetní software, rozhodl jsem se pro aktuální verzi 12 systému Maple. Důvodem bylo vstřícné pracovní prostředí, logická obslužnost a vyvinuté prostředky pro algoritmizaci úloh. V tomto prostředí jsem vytvořil pět vlastních programů, které jsou univerzálně aplikovatelné na kolekci dat obdobného charakteru, jaká analyzuji ve své

^{1,2} Celé znění bibliografické citace lze najít v použité literatuře.

práci. Tyto programy prezentují analyticky i graficky zjištěné závislosti využitím prostředků regresní analýzy

ad e) Pro každou ze závislostí mezi sledovanými tituly jsem užitím těchto programů získal předpisy regresních funkcí tyto závislosti popisující včetně výpočtů reziduální součtu čtverců (jde o polynomickou lineární regresi⁹, přitom jeden z mnou vytvořených programů doporučuje volbu stupně polynomu jako optimální). Dále jsem obdržel dva grafické výstupy, které popisované závislosti vizualizují. Na jednom jsou zachyceny naměřené hodnoty a jim odpovídající vypočtená regresní funkce. Na druhém jsou v korespondenci s časovou osou vyneseny naměřené hodnoty jednotlivých titulů a proložen bodový graf izolovaných hodnot získaných z příslušné regresní funkce pro dané datum, jak je podrobně zachyceno v odstavci 5.5 (*Vytvoření matematických modelů a jejich matematická a ekonomická interpretace*). Pomocí těchto finálních výstupů a poznatků z kapitoly 4 (*Analýza problému a současné situace*) už nebylo nijak složité provést ekonomickou interpretaci dosažených výsledků viz. odstavec 5.5.10 (*Výsledná ekonomická interpretace vypočítaných modelů*).

NÁVRHY PRO MOŽNÁ BUDOUCÍ VYLEPŠENÍ

V průběhu řešení své bakalářské práce se mi otevřelo mnoho dalších souvisejících témat s touto problematikou spojených, kterými jsem se však z důvodu rozsahu bakalářské práce nemohu zabývat. Neboť jejich řešení zahrnuje další rozsáhlé a pokročilé metody, empirická šetření, což převyšuje rámec účelnosti bakalářské práce. Je však pobídkou pro následné rozvinutí úvah, například v rámci zpracování diplomové práce. Jde zejména o provedení těchto analýz pro více (nejlépe klouzavých) časových intervalů, o vzájemné porovnání takových měření a o rozšíření mnou zkonstruovaných metod o více titulů.

⁹ Závislosti jsou modelovány polynomickou funkcí při lineárních parametrech funkce (v Maple předefinována funkce PolynomialFit).

7 SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-------------------------|---|
| Index DAX | Deutscher Aktienindex (Německý akciový index) |
| ČR | Česká republika |
| EU | Evropská únie |
| USA | United States of America (Spojené státy americké) |
| A_k | Andělovo informační kritérium |
| AIC | Aaike's information criterion (Akaikeho informační kritérium) |
| BIC | Bayesian information criterion (Schwarzovo informační kritérium) |
| HQ | Hannan-Quinn information criterion (Hannan-Quinovo informační kritérium) |

8 SEZNAM DIAGRAMŮ, GRAFŮ A TABULEK

8.1 Diagramy

| | |
|---|----|
| Diagram č.1 – Postup spouštění programů..... | 36 |
| Diagram č. 2 – Hledání počátečního a koncového data..... | 38 |
| Diagram č. 3 – Výpočty regresních funkcí..... | 39 |
| Diagram č. 4 – Procedura grafy..... | 40 |
| Diagram č. 5 – Výpočty regresních funkcí..... | 41 |

8.2 Grafy

| | |
|--|----|
| Graf č.1 - Porovnání vývoje indexů Pražské, Frankfurtské a New Yorské burzy v porovnání s vývojem ceny ropy v roce 2006..... | 22 |
| Graf č. 2 – Vývoj směnných kurzů eura a dolaru vůči české koruně v roce 2006. | 23 |
| Graf č. 3 - Porovnání vývoje indexů Pražské, Frankfurtské a New Yorské burzy v porovnání s vývojem ceny ropy v roce 2007..... | 25 |
| Graf č. 4 – Vývoj směnných kurzů eura a dolaru vůči české koruně v roce 2007. | 26 |
| Graf č. 5 – Bodový graf indexu PX (osa y) a indexu DAX (osa x)..... | 31 |
| Graf č. 6 – Bodový graf indexu PX (osa y) a indexu Dow Jones (osa x)..... | 31 |
| Graf č. 7 – Bodový graf indexu PX (osa y) a ceny ropy (osa x)..... | 31 |
| Graf č. 8 – Bodový graf indexu PX (osa y) a kurzu eura vůči koruně (osa x)..... | 32 |
| Graf č. 9 – Bodový graf indexu PX (osa y) a kurzu dolaru vůči koruně (osa x). | 32 |
| Graf č. 10 – Regresní funkce pro index PX a DAX..... | 44 |
| Graf č. 11 – Časová řada pro indexy PX a DAX a jejich regresní funkci. | 44 |
| Graf č. 12 – Regresní funkce pro index PX a Dow Jones..... | 45 |
| Graf č. 13 – Časová řada pro indexy PX a Dow Jones a jejich regresní funkci. | 45 |
| Graf č. 14 – Regresní funkce pro index PX a cenu ropy. | 46 |
| Graf č. 15 – Časová řada pro index PX, cenu ropy a jejich regresní funkci..... | 46 |
| Graf č. 16 – Regresní funkce pro index PX a směnný kurz dolaru. | 47 |
| Graf č. 17 – Časová řada pro index PX, směnný kurz dolaru a jejich regresní funkci.. | 47 |
| Graf č. 18 – Regresní funkce pro směnný kurz dolaru a index PX. | 48 |

| | |
|---|----|
| Graf č. 19 – Časová řada pro směnný kurz dolaru, index PX a jejich regresní funkci. | 48 |
| Graf č. 20 – Regresní funkce pro index PX a směnný kurz eura. | 49 |
| Graf č. 21 – Časová řada pro index PX, směnný kurz eura a jejich regresní funkci. | 49 |
| Graf č. 22 – Regresní funkce pro směnný kurz eura a index PX. | 50 |
| Graf č. 23 – Časová řada pro směnný kurz eura, index PX a jejich regresní funkci. ... | 50 |
| Graf č. 24 – Regresní funkce pro index PX a vážený průměr metody naměřených hodnot. | 51 |
| Graf č. 25 – Časová řada pro index PX, vážené průměry a jejich regresní funkci. | 52 |
| Graf č. 26 – Regresní funkce pro index PX a vážený průměr metody funkčních hodnot. | 52 |
| Graf č. 27 – Časová řada pro index PX, vážené průměry a jejich regresní funkci. | 53 |

8.3 Tabulky

| | |
|---|----|
| Tabulka č. 1 Makroekonomická data ČR, USA a EU v roce 2006. | 21 |
| Tabulka č. 2 - Makroekonomická data ČR, USA a v EU v roce 2007. | 24 |

8.4 Vzorce

| | |
|---|----|
| Vzorec č. 1 – Metoda nejmenších čtverců. | 13 |
| Vzorec č. 2 – Polynomická regrese. | 13 |
| Vzorec č. 3 – Postup výpočtu parametrů. | 14 |
| Vzorec č. 4 – Andělovo informační kritérium. | 14 |
| Vzorec č. 5 – Upravené Andělovo informační kritérium. | 15 |
| Vzorec č. 6 – Akaikeovo informační kritérium. | 15 |
| Vzorec č. 7 – Schwarzovo informační kritérium. | 15 |
| Vzorec č. 8 – Hannan-Quinnovo kritérium (HQ). | 16 |
| Vzorec č. 9 – Výpočet váženého průměru pomocí Metody naměřených hodnot. | 34 |
| Vzorec č. 10 – Výpočet váženého průměru pomocí Metody funkčních hodnot. | 35 |

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ A LITERATURY

9.1 Tištěné zdroje

- 1) ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. 3. vyd. Praha : MATFYZPRESS, 2003. 299 s. ISBN 80-86732-08-8.
- 2) HINDLS, Richard, HRONOVÁ , Stanislava, SEGER, Jan. *Statistika pro ekonomy*. 5. vyd. Praha : Professional Publishing, 2004. 422 s. ISBN 80-86419-59-2.
- 3) HŘEBÍČEK, Jiří, KOHOUT, Jan, MEZNÍK, Ivan, Zuzana, CHVÁTALOVÁ. *Využití e-learningových nástrojů Maple při výuce matematického modelování*. In Zborník 28. konference VŠTEP. Žilina : EDIS, 2004. od s. 107-118. ISBN 80-8070-287-X.
- 4) HUŠEK, Roman. *Ekonometrická analýza*. 1. vyd. Praha : EKOPRESS, s.r.o., 1999. 306 s. ISBN 80-86119-19-X.
- 5) KAŇOK, Miloslav. *Statistické metody v managementu*. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. 242 s. ISBN 80-01-02539-X.
- 6) KROPÁČ, Jiří. *Statistika B : Jednorozměrné a dvourozměrné datové soubory, Regresní analýza, Časové řady*. 1. vyd. Brno : RNDr. Jiří Kropáč, 2007. 155 s. ISBN 80-214-3295-0.
- 7) LAUBER , Josef. *Programy pro matematické modelování*. 1. vyd. Praha : Vys. škola ekonom., 1993. 316 s. ISBN 80-7079-088-1.
- 8) MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. 1. vyd. Praha : Ekopress, 2002. 459 s. ISBN 8086119556.
- 9) MINAŘÍK, Bohumil. *Statistika III - pro ekonomy a manažery : Statistické srovnávání, Časové řady, Dodatek*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. 156 s. ISBN 80-7157-189-X.

- 10) REIF, Jiří. *Metody matematické statistiky*. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2002. 286 s. ISBN 80-7082-593-6.

9.2 Elektronické zdroje

- 1) *Akcie online*:.[online].c2009. [cit. 2009-02-03]. dostupné z: <<http://www.akcie.cz/>>
- 2) *BBC NEWS / Business*:.[online].c2009. [cit. 2009-04-10].
dostupné z: < <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/default.stm>>
- 3) *Bloomberg.com*:.[online].c2009. [cit. 2009-05-15].
dostupné z: < <http://www.bloomberg.com/index.html?Intro=intro3>>
- 4) *Business News, Top Stories, International Business, Financial News & More / Reuters.com*:.[online].c2007. [cit. 2009-05-04]. dostupné z:
<<http://www.reuters.com/business>>
- 5) CHVÁTALOVÁ, Zuzana. *Malý Maple manuál*.[online].[cit. 2009-05-11]. dostupné z: < http://www.maplesoft.cz/sites/default/files/img/manual_chvatalova.pdf >
- 6) ŽÁK, Vladimír. *Matematické výpočty v systému Maple*.[online]. [cit. 2009-05-13].
dostupné z: <<http://www.stud.fme.vutbr.cz/~yzakv100/maple/index.html>>

10 SEZNAM PŘÍLOH

- 1) **Program č. 1** - Knihovna se seznamy hodnot
- 2) **Program č. 2** - Knihovna s procedurami
- 3) **Program č. 3** - Výpočet regresních funkcí
- 4) **Program č. 4** - Metoda naměřených hodnot
- 5) **Program č. 5** - Metoda funkčních hodnot

> Program č. 1 – Knihovna se seznamy hodnot

```
with(plots) : with(plottools) : with(stats) : with(Statistics) :
```

```
> march('open', "C:\\Program Files\\Maple 12\\lib\\2007.mla") :
```

```
vectors := proc( )
```

```
global dol, dow, dax, eur, pxi, rop, datum, colour, nazev, po, ko;
```

```
po := ["30.06.06", "03.01.07"] :
```

```
ko := ["28.12.06", "30.06.07"] :
```

```
nazev[dol] := "Kurz dolaru"; nazev[eur] := "Kurz eura"; nazev[dax] := "Index DAX"; nazev[rop]  
:= "Cena ropy"; nazev[dow] := "Index Dow Jones";
```

```
nazev[pxi] := "Index PX";
```

```
colour[dol] := "green" : colour[eur] := "blue" : colour[dax] := "yellow" : colour[rop] := "black" :  
colour[dow] := "cyan" : colour[pxi] := "red" :
```

```
datum := ["29.12.05", "30.12.05", "03.01.06", "04.01.06", "05.01.06", "06.01.06", "09.01.06",  
"10.01.06", "11.01.06", "12.01.06", "17.01.06", "18.01.06", "19.01.06", "23.01.06", "24.01.06",  
"25.01.06", "26.01.06", "27.01.06", "30.01.06", "31.01.06", "01.02.06", "02.02.06", "03.02.06",  
"06.02.06", "07.02.06", "08.02.06", "09.02.06", "10.02.06", "13.02.06", "14.02.06", "15.02.06",  
"16.02.06", "17.02.06", "21.02.06", "22.02.06", "23.02.06", "24.02.06", "27.02.06", "28.02.06",  
"01.03.06", "02.03.06", "03.03.06", "06.03.06", "07.03.06", "08.03.06", "09.03.06", "10.03.06",  
"13.03.06", "14.03.06", "16.03.06", "17.03.06", "21.03.06", "23.03.06", "24.03.06", "27.03.06",  
"28.03.06", "29.03.06", "30.03.06", "31.03.06", "03.04.06", "04.04.06", "05.04.06", "06.04.06",  
"07.04.06", "10.04.06", "11.04.06", "12.04.06", "13.04.06", "18.04.06", "19.04.06", "20.04.06",  
"21.04.06", "24.04.06", "25.04.06", "26.04.06", "27.04.06", "28.04.06", "02.05.06", "03.05.06",  
"04.05.06", "05.05.06", "09.05.06", "10.05.06", "11.05.06", "12.05.06", "15.05.06", "16.05.06",  
"17.05.06", "18.05.06", "19.05.06", "22.05.06", "24.05.06", "25.05.06", "26.05.06", "30.05.06",  
"31.05.06", "01.06.06", "02.06.06", "05.06.06", "06.06.06", "07.06.06", "08.06.06", "09.06.06",  
"12.06.06", "13.06.06", "14.06.06", "15.06.06", "16.06.06", "19.06.06", "20.06.06", "21.06.06",  
"22.06.06", "23.06.06", "26.06.06", "28.06.06", "29.06.06", "30.06.06", "07.07.06", "10.07.06",  
"11.07.06", "12.07.06", "13.07.06", "14.07.06", "17.07.06", "18.07.06", "19.07.06", "20.07.06",  
"21.07.06", "24.07.06", "25.07.06", "26.07.06", "27.07.06", "28.07.06", "31.07.06", "01.08.06",  
"02.08.06", "03.08.06", "04.08.06", "07.08.06", "08.08.06", "09.08.06", "10.08.06", "11.08.06",  
"14.08.06", "15.08.06", "16.08.06", "17.08.06", "18.08.06", "21.08.06", "22.08.06", "23.08.06",  
"24.08.06", "25.08.06", "28.08.06", "29.08.06", "30.08.06", "31.08.06", "01.09.06", "05.09.06",  
"06.09.06", "07.09.06", "08.09.06", "11.09.06", "12.09.06", "13.09.06", "14.09.06", "15.09.06",  
"18.09.06", "19.09.06", "20.09.06", "21.09.06", "22.09.06", "25.09.06", "26.09.06", "27.09.06",  
"29.09.06", "02.10.06", "03.10.06", "04.10.06", "05.10.06", "06.10.06", "09.10.06", "10.10.06",  
"11.10.06", "12.10.06", "13.10.06", "16.10.06", "17.10.06", "18.10.06", "19.10.06", "20.10.06",  
"23.10.06", "24.10.06", "25.10.06", "26.10.06", "27.10.06", "30.10.06", "01.11.06", "02.11.06",  
"03.11.06", "06.11.06", "07.11.06", "08.11.06", "09.11.06", "10.11.06", "13.11.06", "14.11.06",  
"15.11.06", "16.11.06", "20.11.06", "21.11.06", "27.11.06", "28.11.06", "29.11.06", "30.11.06",  
"01.12.06", "05.12.06", "06.12.06", "07.12.06", "11.12.06", "12.12.06", "13.12.06", "14.12.06",  
"15.12.06", "18.12.06", "19.12.06", "20.12.06", "21.12.06", "22.12.06", "27.12.06", "28.12.06",  
"29.12.06", "03.01.07", "04.01.07", "05.01.07", "08.01.07", "09.01.07", "10.01.07", "12.01.07",  
"16.01.07", "17.01.07", "18.01.07", "19.01.07", "22.01.07", "23.01.07", "24.01.07", "25.01.07",  
"26.01.07", "29.01.07", "30.01.07", "31.01.07", "01.02.07", "02.02.07", "05.02.07", "06.02.07",
```

"07.02.07", "08.02.07", "09.02.07", "12.02.07", "13.02.07", "14.02.07", "15.02.07", "16.02.07",
"20.02.07", "21.02.07", "22.02.07", "23.02.07", "26.02.07", "27.02.07", "28.02.07", "01.03.07",
"02.03.07", "05.03.07", "07.03.07", "08.03.07", "09.03.07", "12.03.07", "13.03.07", "14.03.07",
"15.03.07", "16.03.07", "19.03.07", "20.03.07", "21.03.07", "22.03.07", "23.03.07", "26.03.07",
"27.03.07", "28.03.07", "29.03.07", "30.03.07", "02.04.07", "03.04.07", "04.04.07", "05.04.07",
"10.04.07", "11.04.07", "12.04.07", "13.04.07", "16.04.07", "17.04.07", "18.04.07", "19.04.07",
"20.04.07", "23.04.07", "24.04.07", "25.04.07", "26.04.07", "27.04.07", "30.04.07", "02.05.07",
"03.05.07", "04.05.07", "07.05.07", "09.05.07", "10.05.07", "11.05.07", "14.05.07", "15.05.07",
"16.05.07", "17.05.07", "18.05.07", "21.05.07", "22.05.07", "23.05.07", "24.05.07", "25.05.07",
"29.05.07", "30.05.07", "31.05.07", "01.06.07", "04.06.07", "05.06.07", "06.06.07", "07.06.07",
"08.06.07", "11.06.07", "12.06.07", "13.06.07", "14.06.07", "15.06.07", "18.06.07", "19.06.07",
"20.06.07", "21.06.07", "22.06.07", "25.06.07", "26.06.07", "27.06.07", "28.06.07", "29.06.07",
"02.07.07", "03.07.07", "09.07.07", "10.07.07", "11.07.07", "12.07.07", "13.07.07", "16.07.07",
"17.07.07", "18.07.07", "19.07.07", "20.07.07", "23.07.07", "24.07.07", "25.07.07", "26.07.07",
"27.07.07", "30.07.07", "31.07.07", "01.08.07", "02.08.07", "03.08.07", "06.08.07", "07.08.07",
"08.08.07", "09.08.07", "10.08.07", "13.08.07", "14.08.07", "15.08.07", "17.08.07", "20.08.07",
"21.08.07", "22.08.07", "23.08.07", "24.08.07", "27.08.07", "28.08.07", "30.08.07", "31.08.07",
"04.09.07", "06.09.07", "07.09.07", "10.09.07", "13.09.07", "14.09.07", "17.09.07", "18.09.07",
"19.09.07", "20.09.07", "21.09.07", "24.09.07", "25.09.07", "26.09.07", "27.09.07", "01.10.07",
"02.10.07", "03.10.07", "04.10.07", "05.10.07", "08.10.07", "09.10.07", "10.10.07", "11.10.07",
"12.10.07", "15.10.07", "16.10.07", "17.10.07", "18.10.07", "19.10.07", "22.10.07", "23.10.07",
"24.10.07", "25.10.07", "26.10.07", "29.10.07", "30.10.07", "31.10.07", "01.11.07", "05.11.07",
"06.11.07", "08.11.07", "09.11.07", "12.11.07", "13.11.07", "15.11.07", "16.11.07", "19.11.07",
"20.11.07", "21.11.07", "23.11.07", "26.11.07", "27.11.07", "29.11.07", "30.11.07", "03.12.07",
"04.12.07", "05.12.07", "07.12.07", "10.12.07", "11.12.07", "12.12.07", "13.12.07", "14.12.07",
"17.12.07", "18.12.07", "19.12.07", "20.12.07", "21.12.07", "27.12.07", "28.12.07"]:

dol := [25, 24.588, 24.412, 24.002, 23.943, 23.916, 23.86, 23.87, 23.777, 23.768, 23.869, 23.805, 23.8,
23.297, 23.287, 23.102, 23.177, 23.321, 23.5, 23.445, 23.471, 23.634, 23.637, 23.655, 23.745,
23.829, 23.688, 23.605, 23.905, 23.952, 23.86, 23.912, 23.907, 23.911, 24.043, 23.756, 23.845,
23.909, 23.85, 23.637, 23.761, 23.719, 23.751, 24.152, 24.175, 24.069, 24.143, 24.191, 24.101,
23.819, 23.422, 23.526, 23.796, 23.976, 23.841, 23.773, 23.907, 23.656, 23.623, 23.569, 23.339,
23.296, 23.184, 23.403, 23.646, 23.585, 23.558, 23.686, 23.316, 23.104, 23.056, 23.089, 22.953,
22.853, 22.866, 22.921, 22.678, 22.475, 22.391, 22.496, 22.294, 22.278, 22.127, 22.201, 21.884,
22.156, 22.089, 21.886, 22.221, 22.157, 22.184, 21.955, 22.135, 22.011, 21.963, 21.913, 22.183,
22.03, 21.868, 22.012, 22.046, 22.179, 22.296, 22.515, 22.538, 22.572, 22.456, 22.436, 22.657,
22.705, 22.61, 22.67, 22.799, 22.708, 22.618, 22.748, 22.413, 22.284, 22.313, 22.316, 22.381,
22.464, 22.5, 22.678, 22.7, 22.792, 22.422, 22.41, 22.507, 22.448, 22.544, 22.3, 22.478, 22.348,
22.322, 22.246, 22.25, 22.169, 22, 22.002, 21.815, 21.822, 21.918, 22.103, 22.083, 21.954, 21.759,
21.94, 21.784, 21.98, 21.939, 21.969, 22.077, 22.006, 22.026, 22.033, 21.955, 22.031, 22.009,
22.069, 22.213, 22.256, 22.291, 22.369, 22.51, 22.376, 22.477, 22.445, 22.508, 22.433, 22.315,
22.218, 22.291, 22.416, 22.399, 22.375, 22.302, 22.156, 22.291, 22.177, 22.279, 22.372, 22.486,
22.49, 22.573, 22.512, 22.602, 22.621, 22.586, 22.579, 22.454, 22.559, 22.643, 22.557, 22.37,
22.395, 22.291, 22, 21.976, 22.009, 21.99, 21.939, 21.933, 21.912, 21.914, 21.908, 21.882, 21.972,
21.92, 21.807, 21.813, 21.381, 21.342, 21.267, 21.186, 21.1, 21.015, 21.107, 21.033, 21.174,
21.072, 21.015, 21.098, 21.179, 21.151, 21.088, 20.761, 20.885, 20.9, 20.96, 20.902, 20.876,
20.733, 21.064, 21.12, 21.256, 21.202, 21.35, 21.53, 21.434, 21.587, 21.554, 21.424, 21.495,
21.402, 21.579, 21.687, 21.811, 21.836, 21.814, 21.737, 21.573, 21.657, 21.77, 21.709, 21.66,
21.718, 21.714, 21.836, 21.68, 21.605, 21.529, 21.534, 21.382, 21.427, 21.544, 21.565, 21.582,
21.514, 21.422, 21.344, 21.392, 21.546, 21.43, 21.394, 21.416, 21.465, 21.339, 21.352, 21.213,
20.92, 20.883, 20.914, 21.016, 20.959, 20.991, 21.058, 20.975, 21.034, 20.994, 21.023, 20.904,
20.966, 20.917, 20.898, 20.818, 20.865, 20.765, 20.666, 20.641, 20.641, 20.623, 20.602, 20.606,

20.673, 20.664, 20.597, 20.677, 20.639, 20.673, 20.709, 20.672, 20.737, 20.686, 20.858, 20.891, 20.963, 20.88, 20.882, 20.798, 20.801, 20.921, 20.95, 20.95, 20.941, 21.007, 21.059, 20.942, 21.12, 21.052, 21.052, 21.004, 20.99, 21.038, 21.092, 21.277, 21.299, 21.326, 21.466, 21.5, 21.467, 21.33, 21.336, 21.397, 21.35, 21.3, 21.337, 21.32, 21.312, 21.258, 21.258, 21.148, 21.153, 21.051, 20.948, 20.703, 20.56, 20.544, 20.463, 20.533, 20.498, 20.462, 20.469, 20.397, 20.372, 20.457, 20.498, 20.534, 20.511, 20.452, 20.482, 20.499, 20.477, 20.308, 20.408, 20.429, 20.476, 20.552, 20.538, 20.583, 20.721, 20.563, 20.552, 20.486, 20.563, 20.427, 20.342, 20.357, 20.281, 20.284, 20.228, 20.356, 20.19, 20.169, 20.001, 19.772, 19.846, 19.818, 19.826, 19.803, 19.59, 19.589, 19.537, 19.535, 19.533, 19.472, 19.353, 19.413, 19.442, 19.512, 19.479, 19.527, 19.58, 19.425, 19.348, 19.39, 19.348, 19.453, 19.337, 19.201, 19.064, 19.213, 19.075, 19.106, 18.959, 18.743, 18.715, 18.652, 18.669, 18.738, 18.616, 18.527, 18.338, 18.207, 18.279, 18.269, 18.182, 18.197, 18.214, 18.051, 18.074, 18.072, 18.026, 17.991, 17.897, 17.788, 17.886, 17.832, 17.828, 17.858, 17.662, 17.747, 17.749, 17.873, 18.201, 18.324, 18.277, 18.284, 18.368, 18.391, 18.327, 18.096]:

dow := [10785, 10717.5, 10847.41, 10880.15, 10882.15, 10959.31, 11011.9, 11011.58, 11043.44, 10962.36, 10896.32, 10854.86, 10880.71, 10688.77, 10712.22, 10709.74, 10809.47, 10907.21, 10899.92, 10864.86, 10953.95, 10851.98, 10793.62, 10798.27, 10749.76, 10858.62, 10883.35, 10919.05, 10892.32, 11028.39, 11058.97, 11120.68, 11115.32, 11069.06, 11137.17, 11069.22, 11061.85, 11097.55, 10993.41, 11053.53, 11025.51, 11021.59, 10958.59, 10980.69, 11005.74, 10972.28, 11076.34, 11076.02, 11151.34, 11253.24, 11279.65, 11235.47, 11270.29, 11279.97, 11250.11, 11154.54, 11215.7, 11150.7, 11109.32, 11144.94, 11203.85, 11239.55, 11216.5, 11120.04, 11141.33, 11089.63, 11129.97, 11137.65, 11268.77, 11278.77, 11342.89, 11347.45, 11336.32, 11283.25, 11354.49, 11382.51, 11367.14, 11416.45, 11400.28, 11438.86, 11577.74, 11639.77, 11642.65, 11500.73, 11380.99, 11428.77, 11419.89, 11205.61, 11128.29, 11144.06, 11125.33, 11117.32, 11211.05, 11278.61, 11094.43, 11168.31, 11260.28, 11247.87, 11048.72, 11002.14, 10930.9, 10938.82, 10891.92, 10792.58, 10706.14, 10816.92, 11015.19, 11014.54, 10942.11, 10974.84, 11079.46, 11019.11, 10989.09, 11045.28, 10973.56, 11190.8, 11150.22, 11090.67, 11103.55, 11134.77, 11013.18, 10846.29, 10739.35, 10747.36, 10799.23, 11011.42, 10928.1, 10868.38, 11051.05, 11103.71, 11102.51, 11100.43, 11219.7, 11185.68, 11125.73, 11199.93, 11242.59, 11240.35, 11219.38, 11173.59, 11076.18, 11124.37, 11088.02, 11097.87, 11230.26, 11327.12, 11334.96, 11381.47, 11345.04, 11339.84, 11297.9, 11304.46, 11284.05, 11352.01, 11369.94, 11382.91, 11381.15, 11464.15, 11469.28, 11406.2, 11331.44, 11392.11, 11396.84, 11498.09, 11543.32, 11527.39, 11560.77, 11555, 11540.91, 11613.19, 11533.23, 11508.1, 11575.81, 11669.39, 11689.24, 11679.07, 11670.35, 11727.34, 11850.61, 11866.69, 11850.21, 11857.81, 11867.17, 11852.13, 11947.7, 11960.51, 11980.6, 11950.02, 11992.68, 12011.73, 12002.37, 12116.91, 12127.88, 12134.68, 12163.66, 12090.26, 12086.5, 12031.02, 12018.54, 11986.04, 12105.55, 12156.77, 12176.54, 12103.3, 12108.43, 12131.88, 12218.01, 12251.71, 12305.82, 12316.54, 12321.59, 12121.71, 12136.45, 12226.73, 12221.93, 12194.13, 12331.6, 12309.25, 12278.41, 12328.48, 12315.58, 12317.5, 12416.76, 12445.52, 12441.27, 12471.32, 12463.87, 12421.25, 12343.21, 12510.57, 12501.52, 12463.15, 12474.52, 12480.69, 12398.01, 12423.49, 12416.6, 12442.16, 12556.08, 12582.59, 12577.15, 12567.93, 12565.53, 12477.16, 12533.8, 12621.77, 12502.56, 12487.02, 12490.78, 12523.31, 12621.69, 12673.68, 12653.49, 12661.74, 12666.31, 12666.87, 12637.63, 12580.83, 12552.55, 12654.85, 12741.86, 12765.01, 12752.35, 12786.64, 12738.41, 12686.5, 12647.48, 12632.26, 12216.24, 12268.63, 12234.34, 12114.1, 12050.41, 12192.45, 12260.7, 12276.32, 12318.62, 12075.96, 12133.4, 12159.68, 12110.41, 12226.17, 12288.1, 12447.52, 12461.14, 12481.01, 12469.07, 12397.29, 12300.36, 12348.75, 12354.35, 12382.3, 12510.3, 12530.05, 12560.2, 12573.85, 12484.62, 12552.96, 12612.13, 12720.46, 12773.04, 12803.84, 12808.63, 12961.98, 12919.4, 12953.94, 13089.89, 13105.5, 13120.94, 13062.91, 13211.88, 13241.38, 13264.62, 13312.97, 13362.87, 13215.13, 13326.22, 13346.78, 13383.84, 13487.53, 13476.72, 13556.53, 13542.88, 13539.95, 13525.65, 13441.13, 13507.28, 13521.34, 13633.08, 13627.64, 13668.11, 13676.32, 13595.46, 13465.67, 13266.73, 13424.39, 13424.96, 13295.01, 13482.35, 13553.72, 13639.48, 13612.98,

13635.42, 13489.42, 13545.84, 13360.26, 13352.05, 13337.66, 13427.73, 13422.28, 13408.62, 13535.43, 13577.3, 13649.97, 13501.7, 13577.87, 13861.73, 13907.25, 13950.98, 13971.55, 13918.22, 14000.41, 13851.08, 13943.42, 13716.95, 13785.07, 13473.57, 13265.47, 13358.31, 13211.99, 13362.37, 13463.33, 13181.91, 13468.78, 13504.3, 13657.86, 13270.68, 13239.54, 13236.53, 13028.92, 12861.47, 13079.08, 13121.35, 13090.86, 13236.13, 13235.88, 13378.87, 13322.13, 13041.85, 13238.73, 13357.74, 13448.86, 13363.35, 13113.38, 13127.85, 13424.88, 13442.52, 13403.42, 13739.39, 13815.56, 13766.7, 13820.19, 13759.06, 13778.65, 13878.15, 13912.94, 14087.55, 14047.31, 13968.05, 13974.31, 14066.01, 14043.73, 14164.53, 14078.69, 14015.12, 14093.08, 13984.8, 13912.94, 13892.54, 13888.96, 13522.02, 13566.97, 13676.23, 13498.69, 13671.92, 13806.7, 13870.26, 13792.47, 13930.01, 13567.87, 13543.4, 13660.94, 13266.29, 13042.74, 12987.55, 13307.09, 13110.05, 13176.79, 12958.44, 13010.14, 12799.04, 12980.88, 12743.44, 12958.44, 13311.73, 13371.72, 13314.57, 13248.73, 13444.96, 13625.58, 13727.03, 13432.77, 13473.9, 13517.96, 13339.85, 13167.2, 13232.47, 13207.27, 13245.64, 13450.65, 13359.61, 13365.87]:

dax := [5459, 5408.26, 5460.68, 5523.62, 5516.53, 5536.32, 5537.11, 5494.71, 5532.89, 5542.13, 5460.16, 5395.61, 5430.84, 5348.72, 5334.3, 5427.09, 5548.91, 5647.42, 5660.03, 5674.15, 5726.53, 5649.6, 5657.12, 5666.78, 5672.92, 5666.41, 5743.68, 5701.47, 5756.33, 5763.4, 5764.37, 5789.25, 5795.48, 5801.04, 5862.06, 5857.88, 5870.79, 5915.15, 5796.04, 5866.61, 5783.49, 5721.46, 5754.06, 5739.28, 5673.36, 5732.22, 5804.92, 5855.16, 5870.88, 5897.79, 5882.38, 5911.86, 5947.11, 5973.14, 5912.26, 5890.63, 5914.78, 5984.19, 5970.08, 6024.05, 6013.85, 6029.2, 6031.39, 5952.92, 6003.4, 5908.47, 5901.25, 5918.57, 5902.58, 5993.76, 6063.28, 6094.75, 6079.09, 6078.8, 6107.12, 6067.74, 6009.89, 6051.29, 5968.96, 6039.32, 6113.29, 6140.72, 6118.38, 6054.72, 5916.28, 5857.03, 5851.92, 5652.72, 5666.07, 5672.28, 5546.24, 5587.23, 5706.06, 5788.36, 5622.43, 5692.86, 5707.59, 5687.04, 5621.19, 5502.81, 5543.93, 5383.28, 5464.08, 5395.55, 5292.14, 5305.99, 5422.22, 5376.01, 5439.23, 5493.61, 5503.41, 5533.42, 5529.74, 5514.63, 5456.87, 5581.67, 5683.31, 5681.85, 5706.32, 5616.04, 5637.82, 5527.29, 5422.22, 5416.96, 5396.85, 5539.29, 5545.82, 5451.01, 5578.05, 5565.76, 5583.1, 5659.07, 5705.42, 5681.97, 5596.74, 5680.82, 5640.03, 5723.03, 5626.67, 5651.92, 5702.81, 5630.96, 5628.37, 5692, 5776.8, 5812.94, 5833.51, 5817.02, 5794.83, 5818.41, 5775.54, 5814.08, 5811.47, 5854.99, 5847.02, 5867.53, 5859.57, 5876.54, 5884.07, 5813.06, 5773.72, 5795.26, 5798.46, 5873.85, 5906.12, 5907.37, 5937.87, 5926.33, 5873.46, 5954.38, 5962.03, 5883.32, 5901.66, 5960.63, 5989.71, 6004.33, 5999.46, 5992.22, 6046.37, 6075.28, 6085.82, 6084.4, 6117.71, 6119.45, 6160.28, 6173.68, 6186.54, 6115.1, 6182.78, 6177.42, 6202.82, 6242.91, 6247.52, 6264.92, 6284.19, 6262.54, 6258.19, 6291.9, 6223.33, 6241.15, 6330.65, 6361.96, 6349.26, 6358.68, 6357.77, 6393.73, 6387.38, 6430.89, 6443.02, 6452.33, 6460.39, 6298.17, 6281.68, 6363.8, 6309.19, 6241.13, 6372.8, 6369.51, 6413.03, 6469.42, 6476.17, 6520.77, 6552.58, 6588.83, 6597.25, 6553.51, 6586.91, 6573.96, 6503.13, 6608.86, 6611.81, 6596.92, 6691.32, 6674.4, 6593.09, 6607.59, 6614.37, 6566.56, 6705.17, 6716.82, 6701.7, 6689.62, 6747.17, 6687.31, 6678.93, 6748.37, 6719.58, 6690.34, 6726.01, 6788.23, 6789.11, 6851.28, 6885.76, 6874.06, 6875.7, 6915.56, 6876.73, 6911.11, 6859.45, 6895.34, 6961.18, 6958.62, 6957.07, 6982.91, 6941.66, 6973.73, 6992.58, 7027.59, 6819.65, 6715.44, 6640.24, 6603.32, 6534.57, 6617.75, 6713.23, 6716.52, 6715.49, 6623.99, 6447.7, 6585.47, 6579.87, 6671.41, 6700.29, 6712.06, 6856.96, 6899.06, 6828.82, 6858.34, 6816.89, 6897.08, 6917.03, 6937.17, 7045.56, 7073.91, 7099.91, 7166.67, 7152.83, 7142.95, 7212.07, 7338.06, 7348.83, 7282.34, 7242.73, 7342.54, 7335.62, 7270.32, 7343.08, 7387.02, 7378.12, 7408.87, 7455.93, 7476.69, 7516.76, 7525.69, 7475.99, 7415.33, 7479.34, 7459.61, 7505.35, 7481.25, 7499.5, 7607.54, 7619.31, 7659.39, 7735.88, 7697.38, 7739.2, 7781.04, 7764.97, 7883.04, 7987.85, 7976.79, 7919.83, 7730.05, 7618.61, 7590.5, 7706.1, 7678.26, 7680.76, 7849.16, 8030.64, 8036.12, 8033.52, 8090.49, 7964.71, 7949.63, 7930.61, 7860.52, 7801.23, 7921.36, 8007.32, 7958.24, 8050.68, 8077.39, 7964.76, 7898.54, 8053.43, 8092.77, 8105.69, 8038.21, 7893.61, 7991.21, 7874.85, 7944.21, 7806.79, 7692.55, 7508.96, 7451.68, 7456.31, 7584.14, 7473.93, 7534.13, 7435.67, 7444.45, 7513.66,

7605.94, 7453.59, 7343.26, 7474.33, 7425.07, 7445.9, 7378.29, 7407.53, 7424.75, 7500.48, 7511.96, 7507.27, 7485.99, 7430.24, 7519.94, 7638.17, 7721.77, 7621.72, 7436.63, 7375.44, 7535.97, 7497.74, 7479.85, 7575.21, 7750.84, 7735.09, 7794.43, 7787.92, 7769.44, 7804.15, 7853.79, 7922.42, 7946.79, 7955.3, 7944.99, 8002.18, 7974.37, 7980.44, 7986.57, 8033.69, 8041.26, 7969.47, 7962.64, 7985.41, 7921.4, 7884.12, 7794.94, 7842.79, 7828.96, 7932.44, 7949.17, 8009.67, 7977.94, 8019.22, 7880.85, 7807.55, 7827.19, 7819.47, 7812.4, 7806.84, 7777.56, 7667.03, 7612.26, 7511.97, 7630.31, 7518.42, 7608.96, 7567.36, 7531.35, 7765.19, 7870.52, 7837.26, 7808.94, 7944.77, 7994.07, 8033.36, 8009.42, 8076.12, 7928.31, 7948.36, 7825.44, 7850.74, 7837.32, 7869.19, 8002.67, 8038.6, 8067.32];

eur := [29, 29.005, 28.99, 29, 28.945, 28.925, 28.825, 28.8, 28.75, 28.785, 28.825, 28.86, 28.735, 28.605, 28.575, 28.41, 28.395, 28.385, 28.39, 28.41, 28.385, 28.515, 28.51, 28.34, 28.43, 28.475, 28.36, 28.26, 28.42, 28.5, 28.405, 28.36, 28.365, 28.46, 28.55, 28.405, 28.36, 28.34, 28.325, 28.265, 28.33, 28.515, 28.545, 28.77, 28.805, 28.695, 28.78, 28.84, 28.8, 28.75, 28.54, 28.575, 28.685, 28.7, 28.67, 28.73, 28.72, 28.615, 28.595, 28.425, 28.515, 28.565, 28.55, 28.51, 28.615, 28.55, 28.565, 28.645, 28.565, 28.525, 28.46, 28.44, 28.385, 28.39, 28.415, 28.455, 28.43, 28.415, 28.275, 28.335, 28.29, 28.29, 28.275, 28.23, 28.26, 28.42, 28.31, 28.195, 28.375, 28.285, 28.29, 28.215, 28.23, 28.175, 28.2, 28.205, 28.255, 28.235, 28.34, 28.28, 28.195, 28.24, 28.225, 28.305, 28.335, 28.36, 28.32, 28.39, 28.525, 28.48, 28.56, 28.525, 28.5, 28.525, 28.43, 28.5, 28.495, 28.475, 28.45, 28.43, 28.49, 28.515, 28.495, 28.445, 28.445, 28.455, 28.35, 28.415, 28.435, 28.365, 28.375, 28.4, 28.465, 28.53, 28.48, 28.49, 28.435, 28.36, 28.275, 28.245, 28.095, 28.055, 28, 28.11, 28.1, 28.085, 28.025, 28.08, 28.14, 28.165, 28.105, 28.19, 28.175, 28.165, 28.205, 28.25, 28.215, 28.235, 28.195, 28.23, 28.285, 28.295, 28.34, 28.425, 28.535, 28.465, 28.49, 28.43, 28.485, 28.435, 28.41, 28.48, 28.46, 28.455, 28.415, 28.33, 28.29, 28.225, 28.28, 28.21, 28.215, 28.195, 28.19, 28.205, 28.29, 28.255, 28.29, 28.33, 28.335, 28.36, 28.335, 28.325, 28.395, 28.38, 28.305, 28.405, 28.35, 28.055, 28.06, 28.08, 27.93, 27.985, 28.02, 28.04, 28.195, 28.11, 28.065, 28.105, 28.065, 28.005, 27.95, 28.04, 28.06, 27.99, 27.97, 27.945, 28.015, 28.015, 27.97, 27.9, 27.905, 27.88, 27.83, 27.76, 27.7, 27.745, 27.42, 27.525, 27.575, 27.585, 27.535, 27.495, 27.46, 27.605, 27.635, 27.65, 27.6, 27.73, 27.755, 27.765, 27.87, 27.855, 27.765, 27.805, 27.905, 28.065, 28.15, 28.14, 28.215, 28.3, 28.16, 28.095, 28.2, 28.135, 28.125, 28.13, 28.21, 28.245, 28.3, 28.235, 28.265, 28.28, 28.25, 28.105, 28.165, 28.235, 28.325, 28.4, 28.46, 28.3, 28.225, 28.16, 28.185, 28.15, 28.14, 28.17, 28.225, 28.2, 28.15, 28.06, 27.865, 27.78, 27.81, 27.935, 27.985, 27.98, 27.935, 27.985, 28.075, 28.03, 28, 27.94, 28.01, 27.93, 27.945, 27.955, 28, 27.965, 27.965, 27.965, 27.965, 27.995, 28.02, 28.035, 28.025, 28.065, 28.11, 28.115, 28.16, 28.125, 28.13, 28.14, 28.12, 28.165, 28.235, 28.255, 28.27, 28.29, 28.27, 28.235, 28.115, 28.2, 28.165, 28.185, 28.25, 28.25, 28.305, 28.29, 28.34, 28.325, 28.285, 28.315, 28.4, 28.43, 28.41, 28.42, 28.445, 28.46, 28.52, 28.6, 28.585, 28.6, 28.595, 28.73, 28.605, 28.65, 28.72, 28.695, 28.64, 28.63, 28.715, 28.74, 28.775, 28.675, 28.63, 28.475, 28.35, 28.315, 28.2, 28.275, 28.245, 28.275, 28.255, 28.19, 28.18, 28.115, 28.125, 28.025, 28.025, 28.035, 28, 28.01, 28.04, 28.065, 28.145, 28.18, 28.11, 28.05, 28.04, 27.975, 27.925, 27.665, 27.7, 27.67, 27.745, 27.73, 27.695, 27.805, 27.715, 27.6, 27.725, 27.645, 27.6, 27.625, 27.595, 27.48, 27.51, 27.5, 27.495, 27.675, 27.485, 27.52, 27.57, 27.555, 27.59, 27.605, 27.54, 27.495, 27.59, 27.53, 27.53, 27.515, 27.485, 27.48, 27.47, 27.48, 27.52, 27.525, 27.45, 27.455, 27.24, 27.21, 27.19, 27.185, 27.115, 26.96, 26.93, 26.865, 26.97, 27.025, 26.97, 26.95, 26.895, 26.73, 26.645, 26.69, 26.62, 26.66, 26.695, 26.69, 26.775, 26.755, 26.76, 26.76, 26.38, 26.26, 26.24, 26.29, 26.23, 26.16, 26, 26.04, 26.04, 26.245, 26.41, 26.37, 26.35, 26.3, 26.36, 26.445, 26.605, 26.58]:

rop := [60, 61.04, 63.45, 63.43, 62.8, 64.21, 63.51, 63.38, 63.95, 63.95, 66.32, 65.74, 66.84, 67.86, 66.75, 65.36, 66.24, 67.76, 68.36, 67.93, 66.57, 64.69, 65.37, 65.13, 63.1, 62.56, 62.63, 61.85, 61.05, 59.58, 57.66, 58.47, 59.88, 61.13, 58.02, 58.33, 62.52, 61.01, 61.42, 61.98, 63.37, 63.67, 62.41, 61.59, 60.03, 60.48, 59.96, 61.78, 63.11, 63.58, 62.78, 60.58, 63.42, 63.96, 64.17, 66.08, 66.46, 67.21, 66.63, 66.75, 66.24, 67.08, 67.95, 67.4, 68.75, 68.99, 68.63, 69.32, 71.36, 72.18,

71.96, 73.83, 70.09, 68.38, 71.94, 70.98, 71.89, 74.62, 72.29, 69.95, 70.19, 70.7, 72.14, 73.33, 72.04, 69.42, 69.52, 68.7, 69.46, 68.54, 69.23, 69.71, 71.12, 71.37, 72.03, 71.29, 70.34, 72.33, 72.6, 72.5, 70.82, 70.35, 71.63, 70.36, 68.56, 69.14, 69.5, 69.88, 68.98, 68.94, 70.7, 70.49, 70.87, 71.8, 72.19, 73.52, 73.93, 74.09, 73.63, 74.16, 74.95, 76.7, 77.03, 75.31, 73.55, 72.67, 73.09, 74.43, 74.71, 73.41, 73.95, 74.55, 73.24, 74.41, 74.92, 75.82, 75.47, 74.76, 76.99, 76.32, 76.36, 74.01, 74.35, 73.56, 73.06, 71.9, 70.07, 71.14, 72.46, 72.64, 71.42, 72.02, 72.51, 70.62, 69.72, 70.04, 70.27, 69.19, 68.61, 67.51, 67.33, 66.26, 65.62, 63.77, 63.98, 63.23, 63.33, 63.81, 61.67, 60.47, 61.05, 60.11, 61.46, 61.02, 62.97, 62.92, 61.04, 58.69, 59.42, 60.04, 59.77, 59.97, 58.53, 57.6, 57.87, 58.58, 59.59, 58.94, 57.66, 58.51, 56.83, 57.02, 56.91, 59.11, 60.37, 60.76, 59.37, 58.72, 57.89, 59.15, 60.03, 58.94, 59.84, 61.17, 59.6, 58.59, 58.29, 58.77, 56.27, 56.46, 58.03, 60.33, 61, 62.47, 63.14, 63.44, 62.44, 62.2, 62.5, 61.23, 61.03, 61.38, 62.52, 63.43, 62.22, 63.16, 63.23, 61.97, 61.92, 60.35, 60.54, 61.06, 58.33, 55.6, 56.32, 56.1, 55.65, 54.03, 53, 51.22, 52.25, 50.49, 52, 51.14, 53.9, 54.73, 53.59, 55.43, 54.02, 56.98, 58.15, 57.31, 59.03, 58.75, 58.89, 57.72, 59.72, 59.9, 57.82, 59.06, 58, 58, 59.41, 58.08, 59.53, 59.56, 60.53, 61.4, 61.47, 61.8, 62.01, 61.65, 60.08, 61.83, 61.65, 60.06, 58.92, 57.94, 58.17, 57.56, 57.12, 56.6, 56.74, 57.37, 60.65, 61.49, 62.92, 62.94, 64.09, 66.04, 65.88, 65.95, 64.65, 64.39, 64.29, 61.9, 62.02, 63.86, 63.64, 63.85, 63.11, 63.14, 61.84, 63.39, 65.35, 63.91, 65.12, 65.07, 66.47, 65.71, 63.68, 63.2, 61.94, 61.48, 61.56, 61.82, 62.38, 62.47, 63.18, 62.56, 64.87, 64.95, 66.28, 64.98, 65.08, 63.59, 64.76, 63.16, 63.5, 64.02, 65.02, 66.22, 65.62, 65.97, 66.93, 64.76, 65.97, 65.36, 66.27, 67.66, 68, 69.1, 69.11, 68.2, 67.93, 68.9, 68.94, 67.78, 68.98, 69.57, 70.69, 71.1, 71.42, 72.2, 72.2, 72.57, 72.51, 73.94, 74.16, 74.03, 75.06, 75.93, 75.58, 74.7, 73.52, 75.99, 74.96, 77.03, 76.84, 78.22, 76.54, 76.87, 75.49, 72.07, 72.43, 72.18, 71.6, 71.47, 71.62, 72.39, 73.34, 71.99, 71.13, 69.43, 69.32, 70.04, 71.39, 71.98, 71.74, 73.37, 74.04, 75.08, 76.31, 76.71, 77.5, 80.1, 79.11, 80.57, 81.52, 81.94, 83.33, 83.36, 82.67, 81.64, 80.31, 82.89, 80.25, 80.06, 79.98, 81.45, 81.23, 79.03, 80.27, 81.31, 83.09, 83.7, 86.14, 87.62, 87.41, 89.48, 88.61, 87.57, 86.48, 89.36, 92.97, 91.87, 93.53, 90.39, 94.54, 93.49, 93.99, 93.99, 95.47, 96.33, 94.63, 91.18, 93.44, 95.1, 95.75, 98.83, 97.79, 98.18, 97.71, 94.43, 91.02, 88.72, 89.32, 88.33, 87.5, 88.29, 87.87, 90.03, 94.4, 92.26, 91.28, 90.64, 90.5, 91.05, 90.97, 93.32, 96.63, 96.01]:

$p_{xi} := [1476, 1473, 1494.2, 1496.1, 1498.6, 1509.4, 1527.2, 1516.5, 1517.3, 1513.9, 1517.5, 1498.4, 1516.6, 1518.4, 1522.2, 1529.2, 1513.8, 1517.6, 1524.1, 1521.2, 1516.5, 1527.6, 1519.4, 1529.1, 1530.4, 1526.8, 1524.6, 1518.5, 1522.8, 1514.5, 1518.9, 1531.5, 1546.2, 1576.4, 1561.5, 1566.2, 1573.4, 1584.4, 1547.5, 1558.2, 1541.8, 1559.8, 1558.9, 1525.9, 1506.8, 1517.1, 1510.8, 1529.1, 1506.2, 1538.4, 1539.7, 1544.3, 1544.9, 1538.5, 1535.7, 1527.1, 1516.4, 1530.5, 1523.9, 1532.2, 1534.5, 1538.7, 1546.4, 1549.6, 1536.8, 1518.1, 1516.6, 1509.6, 1513, 1533.8, 1547.9, 1550.9, 1546.1, 1543.3, 1547.7, 1514.9, 1493.7, 1477, 1473.7, 1496.2, 1513.9, 1532.9, 1535.4, 1538.2, 1513.5, 1469.9, 1475.7, 1463.1, 1440, 1430.7, 1345.7, 1319.9, 1355.3, 1390.3, 1353.6, 1328.7, 1347.7, 1370.4, 1363.6, 1340.7, 1300.8, 1249.5, 1233.2, 1203.1, 1166.6, 1190, 1276.9, 1278.3, 1309.4, 1314.4, 1315, 1304.6, 1291.4, 1311, 1321, 1346.3, 1390.4, 1371.6, 1369.3, 1366.2, 1378.8, 1351.4, 1320.9, 1328.4, 1341.4, 1343.8, 1375.4, 1356.9, 1385, 1402, 1417, 1431.8, 1434.5, 1436.1, 1428.9, 1434.4, 1420.9, 1431, 1427.9, 1426.2, 1430.2, 1405.5, 1407.3, 1413.5, 1411.8, 1426.6, 1427.4, 1431, 1431.3, 1428.5, 1426.9, 1431.1, 1427.7, 1414.8, 1419.5, 1434.3, 1445.5, 1452.4, 1467.8, 1459.3, 1451.8, 1469.4, 1460.1, 1452.4, 1463.7, 1471.7, 1472.4, 1460.9, 1445.9, 1445, 1431.1, 1396.1, 1389.3, 1412.9, 1448.7, 1447.5, 1439.9, 1446.6, 1453.4, 1455.2, 1439.1, 1450.5, 1468.6, 1471, 1475.4, 1494.5, 1501.4, 1491.8, 1514.6, 1513.6, 1516.1, 1526, 1535.2, 1562.4, 1564.5, 1552.8, 1525.1, 1553.3, 1534.7, 1542.1, 1550.1, 1552.1, 1554.2, 1561, 1540.1, 1539.7, 1536.3, 1547.2, 1564.5, 1545.9, 1560.6, 1546.4, 1530, 1559.5, 1570.6, 1582.2, 1600.4, 1599.8, 1614.1, 1620.9, 1619.6, 1615.1, 1625.3, 1622.5, 1626.1, 1584.8, 1578.6, 1585.3, 1569.8, 1569.6, 1582, 1588.9, 1617.9, 1614.2, 1599.9, 1590.9, 1589.3, 1565.3, 1602.6, 1621.9, 1609.9, 1624.2, 1618.9, 1634.5, 1640.7, 1659.8, 1675.4, 1660.9, 1661.3, 1667.1, 1663.4, 1682.7, 1688.7, 1694.4, 1718.4, 1714.9, 1692.1, 1684.7, 1679.9, 1694.3, 1708.9, 1703.2, 1701.3, 1686.6, 1672.2, 1686, 1704.8, 1706.2, 1635.8, 1628, 1593.6, 1613, 1595.7, 1626.9, 1667.6, 1674.7, 1662.6, 1661.8,$

1628.4, 1635.8, 1643.2, 1653.7, 1671.3, 1681.4, 1691, 1708.9, 1712.7, 1692.8, 1680.1, 1703.2, 1712.2, 1708.7, 1723.8, 1745.2, 1742.2, 1770.9, 1784.8, 1763.6, 1788.1, 1814.1, 1804, 1794.4, 1777.2, 1811.5, 1814.6, 1814.4, 1828, 1820, 1812, 1806.3, 1814.9, 1813.9, 1827.4, 1826.3, 1831.6, 1833.6, 1818.5, 1819.6, 1805.4, 1816.2, 1814.4, 1836, 1832.6, 1828.3, 1838.2, 1823.9, 1815.4, 1829, 1820.2, 1833.2, 1850.5, 1848.1, 1845.2, 1838.5, 1840.7, 1820.3, 1842.6, 1844.6, 1842.6, 1853.1, 1849.6, 1848.7, 1838.5, 1850.5, 1841.3, 1847.6, 1836.9, 1851.4, 1834.5, 1843.6, 1859.1, 1857, 1886.9, 1903.8, 1879.7, 1863.2, 1880.4, 1863.4, 1850.3, 1852.8, 1864, 1870.3, 1854.9, 1866.1, 1841.6, 1851.6, 1815.4, 1771.4, 1764.7, 1789.8, 1747.8, 1768.4, 1772.3, 1755.2, 1770.4, 1808.2, 1774.6, 1750.6, 1783.6, 1775.1, 1749.7, 1688.1, 1691, 1697.5, 1734, 1750, 1767.1, 1787.7, 1773.9, 1771.3, 1789.3, 1812.1, 1776.2, 1762.4, 1757.5, 1770.2, 1761.9, 1747.8, 1750.8, 1780.7, 1790.9, 1793.8, 1792.1, 1802.9, 1825.3, 1816.3, 1828.8, 1845.5, 1835.1, 1862.7, 1881.5, 1896.1, 1883.4, 1881, 1900.7, 1898.8, 1908.3, 1886.3, 1892.2, 1886, 1876.1, 1848.4, 1867.6, 1872.6, 1884.6, 1910.1, 1936.1, 1913.4, 1908.3, 1925.5, 1888.6, 1903.3, 1860.9, 1832.1, 1820.5, 1811.1, 1797.4, 1793.8, 1770.6, 1767.1, 1728.2, 1767.9, 1771.1, 1737.7, 1757.6, 1774.1, 1766.9, 1756.6, 1778.8, 1842.7, 1855.8, 1839.4, 1842.6, 1805.8, 1804.3, 1771.8, 1796.7, 1782.8, 1794.6, 1769, 1818.2, 1815.1];

end proc;

Je nutné opravit cestu pokud se liši od vašeho lokálního umístění adresáře lib
savelibname := "C:\\Program Files\\Maple 12\\lib\\2007.mla";
savelib(vectors, daxf, dowf, dolf, eurf, ropf);

> Program č. 2 – Knihovna s procedurami

```
with(plots) : with(plottools) : with(stats) : with(Statistics) : with(StringTools) :  
'march('open', "C:\\Program Files\\Maple 12\\lib\\2007.mla") :
```

#Procedura Polynomy

```
Polynomy := proc(vector1, vector2, mini, maxi, z)  
  local k, lflist, t;  
  global lf, lfa, aic, aicdp, aicsd, aicmin, bicmin, bicsd, bicdp, aick, bick, bic, popisek, lis, lis1,  
  rsslist, ak, akk, akmin, hq, hqk, hqmin, aaa, bbb;
```

```
  for t from mini + 1 by 1 to maxi do
```

```
    aaa[t - mini + 1] :=  $\frac{\text{vector1}[t]}{\text{vector1}[\text{mini}]}$ ;
```

```
    bbb[t - mini + 1] :=  $\frac{\text{vector2}[t]}{\text{vector2}[\text{mini}]}$ ;
```

```
  end do;
```

```
  aicmin := 100000000 :
```

```
  bicmin := 100000000 :
```

```
  akmin := 100000000 :
```

```
  hqmin := 1000000000 :
```

```
  for k from 1 by 1 to z do
```

```
    lf[k] := PolynomialFit(k, convert(aaa, list), convert(bbb, list), v) :
```

```
    lfa[k] := PolynomialFit(k, convert(aaa, list), convert(bbb, list), v, output  
      = residualsumofsquares) :
```

```
  # Akaikeho informační kritérium
```

```
  aic := (maxi - mini) · evalf  $\left( \ln \left( \frac{\text{evalf}(lfa[k])}{\text{maxi} - \text{mini}} \right) \right) + 2 \cdot (k + 1)$ ;
```

```
  if aic < aicmin then
```

```
    aicmin := aic;
```

```
    aick := k;
```

```
  else
```

```
  end if :
```

```
  aicdp := cat(aicdp, " k =", convert(k, string), ": ", convert(aic, string));
```

```
  #Kriterium Ak
```

```
  ak :=  $\left( \frac{lfa[k]}{\text{maxi} - \text{mini}} \right) \cdot \left( 1 + \frac{k + 1}{\text{evalf} \left( (\text{maxi} - \text{mini})^{\frac{11}{20}} \right)} \right)$ ;
```

```
  if ak < akmin then
```

```
    akmin := ak;
```

```
    akk := k;
```

```
  else
```

end if :

#HQ kriterium

$hq := (maxi - mini) \cdot evalf\left(\ln\left(\frac{lfa[k]}{maxi - mini}\right)\right) + 4 \cdot (k + 1) \cdot evalf(\ln(\ln(maxi - mini)))$);

if $hq < hqmin$ **then**

$hqmin := hq$;

$hqk := k$;

else

end if :

Schwarzovo informační kritérium

$bic := (maxi - mini) \cdot evalf\left(\ln\left(\frac{lfa[k]}{maxi - mini}\right)\right) + (k + 1) \cdot evalf(\ln(maxi - mini))$:

$bicdp := cat(bicdp, " k =", convert(k, string), ":", convert(bic, string))$;

if $bic < bicmin$ **then**

$bicmin := bic$;

$bick := k$;

else

end if :

end do;

popisek

$:= "lf,lfa,aic,aicdp,aicsd,aicmin,bicmin,bicsd,bicdp,aick,bick,bic,popisek,lis,lis1,rsslist,ak,akk,akmin,hq,hqk,hqmin"$;

end proc;

Procedura Grafy

Grafy := **proc** (*vector1*, *vector2*, *mini*, *maxi*, *lf*)

local *graf*;

global *corb*, *corl*, *body*, *poly*, *aaa*, *bbb*, *grafrada*, *pxirad*, *fcerad*, *aa*, *bb*, *cc*, *ee*, *ff*;

for *t* **from** *mini* **by** 1 **to** *maxi* **do**

dat := *ParseTime*("%d.%m. %y", *datum*[*t*]) :

$aaa[t - mini + 1] := \frac{vector1[t]}{vector1[mini]}$;

$bbb[t - mini + 1] := \frac{vector2[t]}{vector2[mini]}$;

$ccc[t - mini + 1] := dat:-yearDay$;

$ddd[t - mini + 1] := parse(cat("v->", convert(lf, string)))(aaa[t - mini + 1]) :$

end do:

$aa := convert(aaa, list) : bb := convert(bbb, list) : cc := convert(ccc, list) : dd := convert(ddd, list) : ee := convert(eee, list) : ff := convert(fff, list)$;

grafrada := *zip*((*cc*, *aa*) → [*cc*, *aa*], *cc*, *aa*) :

```
pxirad := zip( (cc, bb) → [cc, bb], cc, bb) :  
fcerad := zip( (cc, dd) → [cc, dd], cc, dd) :
```

```
popis := "corb;corl;bodyb;bodyl;polyb;polyl;";  
end proc;
```

> **#Procedura Datum**

```
Datum := proc( poc, kon)
```

```
  global ma, mi, pocatek, konec :
```

```
  pocd := ParseTime("%d.%m. %y", poc);
```

```
  kond := ParseTime("%d.%m. %y", kon);
```

```
  for i from 1 by 1 to 462 do
```

```
    dat[i] := ParseTime("%d.%m. %y", datum[i]);
```

```
  end do;
```

```
  for j from 1 by 1 to 462 do
```

```
    if poc = datum[j] then
```

```
      shodap := 1;
```

```
      mis := j;
```

```
    else
```

```
      if pocd:-yearDay > dat[j]:-yearDay and pocd:-yearDay < dat[j + 1]:-yearDay then
```

```
        mi := j;
```

```
      end if;
```

```
    end if;
```

```
    if kon = datum[j] then
```

```
      mas := j;
```

```
      shodak := 1;
```

```
    else
```

```
      if kond:-yearDay > dat[j]:-yearDay and kond:-yearDay < dat[j + 1]:-yearDay then
```

```
        ma := j;
```

```
      end if;
```

```
    end if;
```

```
  end do;
```

```
  if shodak = 1 then ma := mas :
```

```
  end if;
```

```
  if shodap = 1 then mi := mis :
```

```
  end if;
```

```
  konec := datum[ma] :
```

```
  pocatek := datum[mi] :
```

```
  end proc;
```

> **# Je nutné opravit cestu pokud se liší od vašeho okálního umístění adresáře lib**

```
savelibName := "C:\\Program Files\\Maple 12\\lib\\2007.mla";
```

```
savelib(Polynomy, Grafts, Datum);
```

Program č. 3 – Výpočet regresních funkcí.

```
restart;  
with(plots) : with(plottools) : vectors( ) : with(ListTools) :
```

Do hranatých závorek vypište některé z těchto seznamů: "dax", "dow", "rop", "dol", "eur",. Názvy musí být v uvozovkách.

```
yvectors := ["dax"]:
```

Do těchto seznamů vložte počáteční a koncové datum ve tvaru dd.mm.rr a v uvozovkách

```
poc := [po[1], po[2]] :  
kon := [ko[1], ko[2]] :
```

```
> for j from 1 by 1 to nops(poc) do  
  for i from 1 by 1 to nops(yvectors) do  
  
    Datum(poc[j], kon[j]);  
    print( );  
    print( );  
    print( );  
  
    print(parse(yvectors[i]), parse(" pocatek " ), pocatek, parse(" konec " ), konec);  
  
    Polynomy(parse(yvectors[i]), pxi, mi, ma, 9);  
  
    lprint( Akaikeovo kriterium);  
    print(aick);  
    print(aicmin);  
  
    lprint(Bayesian information criterion);  
    print( bick);  
    print( bicmin);  
  
    lprint(Kriterium AK);  
    print( akk);  
    print( akmin);  
  
    lprint(Hannan-Quinn information criterion) ;  
    print( hqk);  
    print( hqmin);  
    krit := [aick, bick, akk, hqk] :  
    kritmax := 0 :  
    for l from 1 by 1 to 9 do  
  
      if Occurrences(l, krit) > kritmax then
```

```

kritmax := Occurrences(l, krit);
krith := l;
else
end if;
end do;

lprint(Vybrany pocet parametru);
print(krith);

lprint(Reyidualni soucet ctvercu);
print(lfa[krith]);

Grafy(parse(yvectors[i]), pxi, mi, ma, lf[krith]);
rok := 2005 + j;

lprint(regresni funkce);
print(lf[krith]);

casrad := plot(cc, aa, style='line', legend=nazev[parse(yvectors[i])], color
= parse(colour[parse(yvectors[i])]), axes=boxed, axis[1]=[gridlines=[subticks
=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]]);
pxirada := plot(cc, bb, style='line', legend="Index PX", color="red", axes=boxed,
axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]]);
fcerada := plot(fcerad, style='line', linestyle=dot, thickness=3, legend='Regresní funkce
', color=red, axes=boxed, axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines
=[5, subticks=5]], tickmarks=[ [3="leden", 32="únor", 60="březen", 91
="duben", 121="květen", 152="červen", 182="červenec", 213="srpen", 244
="zaří", 274="říjen", 305="listopad", 335="prosinec"], default]);
poly := plot(lf[krith], v=min(aa)..max(aa), labels=[nazev[parse(yvectors[i])],
"PX index"], color="blue", axes=boxed, axis[1]=[gridlines=[subticks=0]],
axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]], legend='Regresní funkce');
body := plot(aa, bb, style='point', labeldirections=[horizontal, vertical], axes=boxed,
axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]], labels
=[nazev[parse(yvectors[i])], "PX index"], legend='Naměřené hodnoty');

interface(plotdevice=gif, plotoutput=cat(convert(rok, string), ".",
nazev[parse(yvectors[i])], "body"), plotoptions="height=300,width=500");
print(display(body, poly));

print( );
print( );
print( );
lprint(casove rady);
plotsetup(gif, plotoutput=cat(convert(rok, string), ".", nazev[parse(yvectors[i])]),
plotoptions="height=300,width=500");
print(display(casrad, pxirada, fcerada));
end do; end do;

```

> Program č. 4 – Metoda číselných hodnot

```
restart;
with(stats) : with(Statistics) : with(plots) : with(plottools) : with(StringTools) :
  with(ListTools) : vectors( ) :

# Do poc vložte počáteční datum a do kon koncové datum.
poc := po[1] :
kon := ko[1] :
RSSMIN := 10000000 :
rs := 0 :
```

▼ Výpočet a vykreslení Metody číselných hodnot

```
> Datum(poc, kon) :
  for graf from 1 by 1 to 2 do
    if graf = 1 then
      dolp := 1; dolk := 1; dowp := 6; dowk := 6; daxp := 6; daxk := 6; eurp := 0; eurk
        := 0; ropp := 1; ropk := 1;
    else
      dolp := doli; dolk := doli; dowp := dowi; dowk := dowi; daxp := daxi; daxk := daxi;
      eurp := euri; eurk := euri; ropp := ropi; ropk := ropi;
    end if;

    for dolc from dolp by 1 to dolk do
      for eurc from eurp by 1 to eurk do
        for ropc from ropp by 1 to ropk do
          for daxc from daxp by 1 to daxk do
            for dowc from dowp by 1 to dowk do

              a := evalf(dolc + dowc + daxc + eurc + ropc) :

              for i from mi + 1 by 1 to ma do

                fceI[i - mi + 1]
                  :=  $\frac{1}{a} \left( \frac{dol[i]}{dol[mi]} \cdot dolc + \frac{dow[i]}{dow[mi]} \cdot dowc + \frac{dax[i]}{dax[mi]} \cdot daxc + \frac{eur[i]}{eur[mi]} \cdot eurc \right.$ 
                     $\left. + \frac{rop[i]}{rop[mi]} \cdot ropc \right)$ ;
                bbbI[i - mi + 1] :=  $\frac{pxi[i]}{pxi[mi]}$  :
                dat := ParseTime("%d.%m. %y", datum[i]) :

                ccc[i - mi + 1] := dat:-yearDay;

                eee[i - mi + 1] := vectorI[i] :

              end do:
            bb := convert(bbbI, list) :
```

$fc := \text{convert}(fcel, list) :$
 $aa := \text{convert}(aaa, list) : cc := \text{convert}(ccc, list) : ee := \text{convert}(eee, list) :$

$aicmin := 100000000 :$
 $bicmin := 100000000 :$
 $akmin := 10000000 :$
 $hqmin := 100000000 :$

for k **from** 1 **by** 1 **to** 5 **do**

$lf[k] := \text{PolynomialFit}(k, \text{convert}(fc, list), \text{convert}(bb, list), v) :$

$lfa[k] := \text{PolynomialFit}(k, \text{convert}(fc, list), \text{convert}(bb, list), v, \text{output}$
 $= \text{residualsumofsquares}) ;$

$aic[k] := \text{evalf}\left(\ln\left(\frac{\text{evalf}(lfa[k])}{ma - mi - k}\right)\right) + \frac{2 \cdot k}{ma - mi} ;$

if $aic[k] < aicmin$ **then**

$aicmin := aic[k] ;$

$aick := k ;$

else

end if :

#kriterium Ak

$ak[k] := \left(\frac{lfa[k]}{ma - mi - k}\right) \cdot \left(1 + \frac{k}{\text{evalf}\left((ma - mi)^{\frac{1}{4}}\right)}\right) ;$

if $ak[k] < akmin$ **then**

$akmin := ak[k] ;$

$akk := k ;$

else

end if :

#HQ kriterium

$hq[k] := \text{evalf}\left(\ln\left(\frac{lfa[k]}{ma - mi - k}\right)\right) + \frac{4 \cdot k \cdot \text{evalf}(\ln(\ln(ma - mi)))}{ma - mi} ;$

if $hq[k] < hqmin$ **then**

$hqmin := hq[k] ;$

$hqk := k ;$

else

end if :

$bic[k] := \text{evalf}\left(\ln\left(\frac{lfa[k]}{ma - mi - k}\right)\right) + \frac{k \cdot \text{evalf}(\ln(ma - mi))}{ma - mi} ;$

if $bic[k] < bicmin$ **then**

$bicmin := bic[k] ;$

$bick := k ;$


```

else
end if :

end do:

lprint( Akaikeovo kriterium);
print(aick);
print(aicmin);

lprint(Bayesian information criterion);
print( bick);
print( bicmin);

lprint(Kriterium AK);
print( akk);
print( akmin);

lprint(Hannan-Quinn information criterion) ;
print( hqk);
print( hqmin);

krit := [aick, bick, akk, hqk] :
kritmax := 0 :
for l from 1 by 1 to 9 do

if Occurrences(l, krit) > kritmax then
kritmax := Occurrences(l, krit);
krith := l;
else
end if;
end do;

lprint(Reyidualni soucet ctvercu);
print(lfa[krith]);

dd := convert(ddd, list) :
rs := rs + 1;
RSS[rs] := lfa[krith] :
if lfa[krith] < RSSMIN then
daxi := dexc :
dowi := dowc :
euri := eurc :
ropi := ropc :
doli := dolc :
RSSMIN := lfa[krith] :
end if:

end do: end do: end do: end do: end do: end do:

a := parse(cat("v->", convert(lf[krith], string)));
a(fc[1]);

```

```
d := 0 :
for id from mi + 1 by 1 to ma do
d := d + 1;
```

```
ddd[id - mi + 1] := a(fc[d]);
```

```
end do:
```

```
dd := convert(ddd, list) :
```

```
lprint(Reyidualni soucet ctvercu);
```

```
print(lfa[krith]);
```

```
> doli; daxi; euri; dowi; ropi; RSSMIN;
aa := convert(fce1, list) :
graf := zip((aa, bb) → [aa, bb], aa, bb) :
```

```
casrad := plot(cc, aa, style='line', legend="Vážené průměry", color=blue, axes=boxed,
axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]]);
```

```
pxirada := plot(cc, bb, style='line', legend="Index PX", color="red", axes=boxed,
axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]]):
```

```
fcerada := plot(cc, dd, style='line', linestyle=dot, thickness=3, legend='Regresní funkce',
color=red, axes=boxed, axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines
=[5, subticks=5]], tickmarks=[ [3="leden", 32="únor", 60="březen", 91
="duben", 121="květen", 152="červen", 188="červenec", 213="srpen", 244
="zaří", 274="říjen", 305="listopad", 335="prosinec"], default]) :
```

```
poly := plot(lf[krith], v = min(aa) ..max(aa), color="blue", axes=boxed, axis[1]
=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]], legend=
'Regresní funkce') :
```

```
body := plot(aa, bb, style='point', labeldirections=[horizontal, vertical], axes=boxed,
axis[1]=[gridlines=[subticks=0]], axis[2]=[gridlines=[5, subticks=5]], legend=
'Naměřené hodnoty') :
```

```
plotsetup(gif, plotoutput = slozenabody, plotoptions = "height=300,width=500") ;
display(body, poly);
```

```
plotsetup(gif, plotoutput = cat(slozena, convert(ropc, string)), plotoptions
="height=300,width=500") ;
display(casrad, pxirada, fcerada);
```

> Program č. 5 – Metoda funkčních hodnot

```
restart;  
with(stats) : with(Statistics) : with(plots) : with(plottools) : with(StringTools) :  
  with(ListTools) :  
  
vectors( ) :  
  vec := ["dax", "dow", "dol", "eur", "rop"] :  
  poc := "03.01.07" :  
  kon := "28.12.07" :
```

▼ Výpočet a vykreslení Metody funkčních hodnot

```
Datum(poc, kon) :  
  RSSMIN := 10000000 :  
  rs := 0 :  
  for graf from 1 by 1 to 2 do  
    if graf = 1 then  
      dolp := 0; dolk := 2; dowp := 5; dowk := 6; daxp := 5; daxk := 6; eurp := 0; eurk := 2; ropp  
        := 2; ropk := 4;  
    else  
      dolp := doli; dolk := doli; dowp := dowi; dowk := dowi; daxp := daxi; daxk := daxi; eurp  
        := euri; eurk := euri; ropp := ropi; ropk := ropi;  
    end if:  
  
    for dolc from dolp by 1 to dolk do  
      for eurc from eurp by 1 to eurk do  
        for ropc from ropp by 1 to ropk do  
          for daxc from daxp by 1 to daxk do  
            for dowc from dowp by 1 to dowk do  
  
a := evalf(dolc + dowc + daxc + eurc + ropc) :  
  
for i from 1 by 1 to 5 do  
a := convert(vec[i], name);  
Polynomy(a, pxi, mi, ma, 6);  
  
krit := [aick, bick, akk, hqk] :  
kritmax := 0 :  
  
for l from 1 by 1 to 7 do  
  
if Occurrences(l, krit) > kritmax then  
kritmax := Occurrences(l, krit);  
krith := l;  
else  
end if;  
end do;
```

lf[*krith*];

if *i* = 1 **then**

fc := *cat*("[" , " v->" , *convert*(*lf*[*krith*] , *string*))

else

if *i* = 5 **then**

fc := *cat*(*fc* , " , " v->" , *convert*(*lf*[*krith*] , *string*) , "]")

else

fc := *cat*(*fc* , " , " v->" , *convert*(*lf*[*krith*] , *string*))

end if

end if;

end do:

a := *evalf*(*dolc* + *dowc* + *daxc* + *eurc* + *ropc*) :

for *j* **from** *mi* + 1 **by** 1 **to** *ma* **do**

fcp := *parse*(*fc*);

citatel[*j* - *mi* + 1] := *fcp*[1] $\left(\frac{dax[j]}{dax[mi]} \right) \cdot daxc$ + *fcp*[2] $\left(\frac{dow[j]}{dow[mi]} \right) \cdot dowc$
+ *fcp*[3] $\left(\frac{dol[j]}{dol[mi]} \right) \cdot dolc$ + *fcp*[4] $\left(\frac{eur[j]}{eur[mi]} \right) \cdot eurc$ + *fcp*[5] $\left(\frac{rop[j]}{rop[mi]} \right) \cdot ropc$;

fcer[*j*] := $\frac{citatel[j - mi + 1]}{a}$:

bbb1[*j* - *mi* + 1] := $\frac{pxi[j]}{pxi[mi]}$:

dat := *ParseTime*("%d.%m. %y" , *datum*[*j*]) :

ccc[*j* - *mi* + 1] := *evalf* $\left(\frac{dat:-yearDay}{30} + 1 \right)$;

eee[*j* - *mi* + 1] := *vector1*[*j*] :

end do:

fcr := *convert*(*fcer* , *list*) : *aa* := *convert*(*aaa* , *list*) : *cc* := *convert*(*ccc* , *list*) : *ee* := *convert*(*eee* , *list*) : *bb* := *convert*(*bbb1* , *list*) :

d := 0 :

for *t* **from** *mi* + 1 **by** 1 **to** *ma* **do**

d := *d* + 1 :

bbb1[*t* - *mi* + 1] := $\frac{pxi[t]}{pxi[mi]}$;

end do:

aicmin := 100000000 :

bicmin := 100000000 :

akmin := 10000000 :

hqmin := 100000000 :

```
lflist := "[";
```

```
for k from 1 by 1 to 9 do
```

```
lf[k] := PolynomialFit(k, convert(convert(fcer, list), list), convert(bbb1, list), v) :
```

```
lfa[k] := PolynomialFit(k, convert(convert(fcer, list), list), convert(bbb1, list), v, output  
= residualsumofsquares);
```

```
aic[k] := evalf( ln( (evalf(lfa[k])) / (ma - mi - k) ) ) + (2*k) / (ma - mi) ;
```

```
if aic[k] < aicmin then
```

```
  aicmin := aic[k];
```

```
  aick := k;
```

```
else
```

```
end if :
```

```
#kriterium Ak
```

```
ak[k] := ( (lfa[k] / (ma - mi - k) ) * ( 1 + ( k / (evalf( (ma - mi)^(11/20) ) ) ) ) );
```

```
if ak[k] < akmin then
```

```
  akmin := ak[k];
```

```
  akk := k;
```

```
else
```

```
end if :
```

```
#HQ kriterium
```

```
hq[k] := evalf( ln( (lfa[k] / (ma - mi - k) ) ) ) + (4*k*evalf( ln( ln( ma - mi ) ) ) ) / (ma - mi) ;
```

```
if hq[k] < hqmin then
```

```
  hqmin := hq[k];
```

```
  hqk := k;
```

```
else
```

```
end if :
```

```
bic[k] := evalf( ln( (lfa[k] / (ma - mi - k) ) ) ) + (k*evalf( ln( ma - mi ) ) ) / (ma - mi) ;
```

```
if bic[k] < bicmin then
```

```
  bicmin := bic[k];
```

```
  bick := k;
```

```
else
```

```
end if :
```

```
end do:
```

```
krit := [aick, bick, akk, hqk] :
```

```

kritmax := 0 :
for l from 1 by 1 to 9 do

  if Occurrences(l, krit) > kritmax then
kritmax := Occurrences(l, krit);
krith := l;
  else
  end if;
end do;

lprint(Reyidualni soucet ctvercu);
print(lfa[krith]);

if lfa[krith] < RSSMIN then
daxi := daxe :
dowi := dowc :
euri := eurc :
ropi := ropc :
doli := dolc :
RSSMIN := lfa[krith] :
end if;

end do: end do: end do: end do: end do: end do:

doli; daxi; euri; dowi; ropi; RSSMIN;

  lprint( Akaikeovo kriterium);
  print(aick);
  print(aicmin);

lprint(Bayesian information criterion);
print( bick);
print( bicmin);

lprint(Kriterium AK);
print( akk);
print( akmin);

lprint(Hannan-Quinn information criterion) ;
print( hqk);
print( hqmin);

a := parse(cat("v->", convert(lf[krith], string) ));
d := 0 :
for t from mi + 1 by 1 to ma do
d := d + 1;
ddd[t - mi + 1] := a( fcr[d] ) :
end do:

aa := convert(convert( fcer, list), list) : bb := convert(bbb1, list) : dd := convert(ddd, list) :
graf := zip( (aa, bb) → [aa, bb], aa, bb) :
poly := plot(lf[4], v = min(aa) ..max(aa), color = "blue") :

```

```

body := curve(graf, style='point', legend="s dennim posunem") :
display(body, poly);

fcerad := zip((cc, dd) → [cc, dd], cc, dd) :
casrad := plot(cc, aa, style='line', legend=Fce, color=blue, gridlines=true);
pxirada := plot(cc, bb, style='line', legend="Index PX", color="red", gridlines=true) :
fcerada := plot(fcerad, style='line', linestyle=dot, thickness=3, legend='Regresni fce', color=red,
gridlines=true) :
display(casrad, pxirada, fcerada);

```

▼ doli; daxi; euri; dowi; ropi; RSSMIN;

```

lprint(Akaikeovo kriterium);
print(aick);
print(aicmin);

```

```

lprint(Bayesian information criterion);
print(bick);
print(bicmin);

```

```

lprint(Kriterium AK);
print(akk);
print(akmin);

```

```

lprint(Hannan-Quinn information criterion) ;
print(hqk);
print(hqmin);

```

```

a := parse(cat("v->", convert(lf[krith], string)));
d := 0 :
for t from mi + 1 by 1 to ma do
d := d + 1;
ddd[t - mi + 1] := a( fcr[d]) :
end do

```

```

aa := convert(convert(fcer, list), list) : bb := convert(bbb1, list) : dd := convert(ddd, list) :
graf := zip((aa, bb) → [aa, bb], aa, bb) :
poly := plot(lf[4], v = min(aa) ..max(aa), color="blue") :
body := curve(graf, style='point', legend="s dennim posunem") :
display(body, poly);

```

```

fcerad := zip((cc, dd) → [cc, dd], cc, dd) :
casrad := plot(cc, aa, style='line', legend=Fce, color=blue, gridlines=true);
pxirada := plot(cc, bb, thickness=2, style='line', legend="Index PX", color="red", gridlines
=true) :
fcerada := plot(fcerad, style='line', linestyle=solid, thickness=1, legend='Regresni fce', color
=green, gridlines=true) :
display(casrad, pxirada, fcerada);

```

```

plotsetup(gif, plotoutput="Metoda_funkcnich_hodnot", plotoptions="height=300,width=500") ;
display(casrad, pxirada, fcerada);

```

