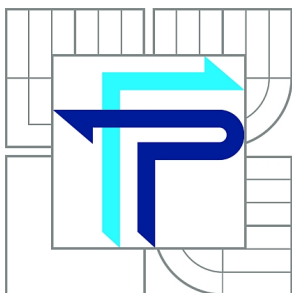


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

BROWNŮV POHYB - MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ NA FINANČNÍCH TRZÍCH

BROWNIAN MOTION - MATHEMATICAL MODELING OF FINANCIAL MARKETS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. RADEK BALADA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

RNDr. ZUZANA CHVÁTALOVÁ, Ph.D.

BRNO 2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Balada Radek, Ing.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

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 diplomovou práci s názvem:

Brownův pohyb - matematické modelování na finančních trzích

v anglickém jazyce:

Brownian Motion - Mathematical Modeling of Financial Markets

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíle práce, metody a postupy zpracování

Teoretická východiska práce

Analýza současného stavu

Vlastní návrhy řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

BIAGINI, F., Y. HU, B. KSENDAL a A. SULEM. A stochastic maximum principle for processes driven by fractional Brownian motion. Stochastic Processes and their Applications. 2002, roč. 100, č. 1-2, s. 233-253. ISSN 03044149.

GILLI, M., D. MARINGER a E. SCHUMANN. Numerical methods and optimization in finance. 15. vyd. Boston: Elsevier/Academic Press, 2011. 584 s. ISBN 01-237-5662-6.

GLOTER, A. a M. HOFFMANN. Stochastic volatility and fractional Brownian motion. Stochastic Processes and their Applications. 2004, roč. 113, č. 1, s. 143-172. ISSN 03044149.

VOIT, J. From Brownian motion to operational risk: Statistical physics and financial markets. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2003, roč. 321, č. 1-2, s. 286-299. ISSN 03784371.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

L.S.

prof. Ing. Vojtěch Koráb, Dr., MBA
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan fakulty

V Brně, dne 26.05.2014

Abstrakt

V této diplomové práci byla navržena obecně použitelná aplikace pro analýzu dat vydávaných Burzou Cenných Papírů Praha. Tato aplikace byla vytvořena pomocí matematického vývojového prostředí Maple. Aplikace slouží k simulování pravděpodobného budoucího vývoje cenných papírů. Součástí aplikace je přehledné grafické uživatelské rozhraní.

Abstract

In this diploma thesis a general purpose application was developed in order to analyse economic data emitted by the Prague Stock Exchange. The application was written in the Maple programming language. The purpose of this application is to simulate possible future development of the securities. The main part of the application is a user-friendly graphical user interface.

Klíčová slova

Brownův pohyb, Burza cenných papírů Praha, index PX, Maple, Maplet, modelování

Key words

Brownian motion, Prague Stock Exchange, index PX, Maple, Maplet, modeling

Bibliografická citace mé práce:

BALADA, R. *Brownův pohyb - matematické modelování na finančních trzích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2014. 74 s. Vedoucí diplomové práce RNDr. Zuzana Chvátalová, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 30. května 2014

.....
podpis studenta

Poděkování

Děkuji vedoucí mé diplomové práce RNDr. Zuzaně Chvátalové, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Obsah

ÚVOD.....	9
1 CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	10
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	11
2.1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO EKONOMICKOU INTERPRETACI	11
2.1.1 RM-SYSTÉM.....	11
2.1.2 Burza cenných papírů Praha	12
2.1.3 Index PX.....	14
2.1.4 Index PX-TR.....	16
2.1.5 Index PX-GLOB.....	17
2.1.6 Cenné papíry.....	18
2.2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO MATEMATICKOU INTERPRETACI	22
2.2.1 Statistické veličiny.....	22
2.2.2 Brownův pohyb	25
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	27
3.1 SOFTWAREVÉ PROSTŘEDKY	27
3.1.1 Maple	27
3.2 VÝVOJ TRHŮ S CENNÝMI PAPÍRY	28
3.3 VÝVOJ MAKROEKONOMICKÝCH UKAZATELŮ	31
3.3.1 Inflation	31
3.3.2 Referenční úroková míra	32
3.3.3 Hrubý domácí produkt	33
4 VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ	34
4.1 ZÍSKÁNÍ DAT VHODNÝCH PRO ZPRACOVÁNÍ.....	34
4.2 NÁVRH GRAFICKÉHO UŽIVATELSKÉHO ROZHRANÍ	35
4.3 VYTVOŘENÉ VLASTNÍ ALGORITMY PRO ZPRACOVÁNÍ DAT	43
4.3.1 Procedura „NactiPX“	43
4.3.2 Procedura „PlotPX“	44
4.3.3 Procedura „AnalyzaPX“	46
4.3.4 Procedura „SimulaceBM“	47

4.3.5	<i>Procedura „NactiNazvy“</i>	48
4.3.6	<i>Procedura „ChangeISINcp“</i>	49
4.3.7	<i>Procedura „ChangeNAZEVcp“</i>	50
4.3.8	<i>Procedura „NactiDATAsouboru“</i>	50
4.3.9	<i>Procedura „AnalyzaCP“</i>	52
4.3.10	<i>Procedura „SimulaceBMCP“</i>	52
4.4	UKÁZKA ZPRACOVÁNÍ DAT	52
ZÁVĚR		55
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		56
5	REFERENCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ		58
SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ, TABULEK		60
SEZNAM PŘÍLOH		62

Úvod

Jako téma své diplomové práce jsem si zvolil „*Brownův pohyb – matematické modelování na finančních trzích*“. Toto téma mě zaujalo, protože obchodování na finančních trzích je čím dál více populární. Analýza trhů je velmi komplexní problematika a odhadování možného budoucího vývoje ještě komplexnější. Proto jsem se rozhodl této problematice věnovat podrobněji a vytvořit aplikaci pro zpracování dat Burzy cenných papírů Praha, která by dokázala modelovat možné chování jednotlivých cenných papírů.

Práce je rozdělena do čtyř hlavních kapitol. V první kapitole budou uvedeny především hlavní cíle, metody a postupy zpracování. Druhá kapitola se zabývá teoretickými východisky, především obchodováním na trzích s cennými papíry v České republice, obzvláště pak na Burze cenných papírů Praha. Dále se pak kapitola zabývá základními statistickými veličinami, náhodnými veličinami a definicí Brownova pohybu. Třetí kapitola se věnuje analýze současného stavu, dostupnými softwarovými prostředky a vývojem cenných papírů v České republice. Čtvrtá kapitola se pak věnuje vlastnímu řešení diplomové práce. Modelováním Brownova pohybu pomocí vývojového matematického prostředí Maple. Zpracováním dat vydávaných Burzou cenných papírů Praha (BCPP). A především pak návrhem grafického uživatelského rozhraní pro zpracování dat a modelování Brownova pohybu. Toto uživatelské rozhraní umožní používat aplikaci i uživatelům, bez podrobných znalostí systému Maple.

1 Cíle práce, metody a postupy zpracování

Hlavním cílem mé diplomové práce je nalézt vhodnou aplikaci pro modelování Brownova pohybu na finančních trzích.

Nejdříve je však nutné splnit dílčí cíle.

- Analyzovat vlastnosti Brownova pohybu, najít jeho vhodnou matematickou interpretaci a navrhnout možnosti modelování pomocí dostupných programových prostředků.
- Získat vhodná data finančních trhů s ohledem na další statistické a programové zpracování.
- Dále je nutné tyto data analyzovat a hledat podobné vlastnosti a parametry finančních trhů a Brownova pohybu.
- Využít společných vlastností k tvorbě matematických modelů finančních trhů.
- Modelovat na základě získaných matematických modelů Brownův pohyb.
- Vytvořit přehledné uživatelské prostředí pro zpracování velkého množství dat finančních trhů a snadné simulování Brownova pohybu.
- Diskutovat dosažené výsledky, specifikovat oblast použití i omezení daných metod a postupů, nastínit možnosti využití výstupů diplomové práce.

2 Teoretická východiska práce

V následujících kapitolách budou postupně popsána teoretická východiska práce. Budu se zabývat možnostmi obchodování s cennými papíry v České republice (ČR), uvedu burzy působící v ČR a podrobněji se zaměřím na jednotlivé indexy a cenné papíry. Dále se pak budu zabývat statistickými veličinami vhodnými pro popis náhodných jevů a vlastnostmi Brownova pohybu.

2.1 Teoretická východiska pro ekonomickou interpretaci

V ČR jsou hlavními organizátory trhů s cennými papíry Burza cenných papírů Praha, a.s. (BCPP, PSE – Prague Stock Exchange)¹ a RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů a.s.², která se zaměřuje především na malé a střední investory. Dohled nad burzami provádí Česká národní banka³, která společně s Ministerstvem financí⁴ určuje podmínky pro obchodování s cennými papíry.

2.1.1 RM-SYSTÉM

RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů a.s. je organizátorem trhu s akcemi největších českých a zahraničních společností a nepákových certifikátů obchodovaných v českých korunách. Pravidelné obchodování bylo zahájeno 24. května 1993. RM-SYSTÉM se zaměřuje na malé a střední investory a umožňuje obchodovat fyzickým i právnickým osobám přímo, tj. bez prostředníka. RM-SYSTÉM navíc umožňuje on-line vypořádání v čase „T+0“, tedy přímo v okamžiku uzavření obchodu.

¹ Burza cenných papírů Praha, a.s. [online].

² RM-SYSTÉM: česká burza cenných papírů a.s. [online].

³ Česká národní banka [online].

⁴ Ministerstvo financí České republiky [online].

2.1.2 Burza cenných papírů Praha

BCPP je největším a nejstarším organizátorem trhu s cennými papíry v ČR. BCPP byla otevřena v roce 1993 a navázala tak po padesátileté přestávce na činnost pražské akciové a komoditní burzy založené roku 1871⁵.

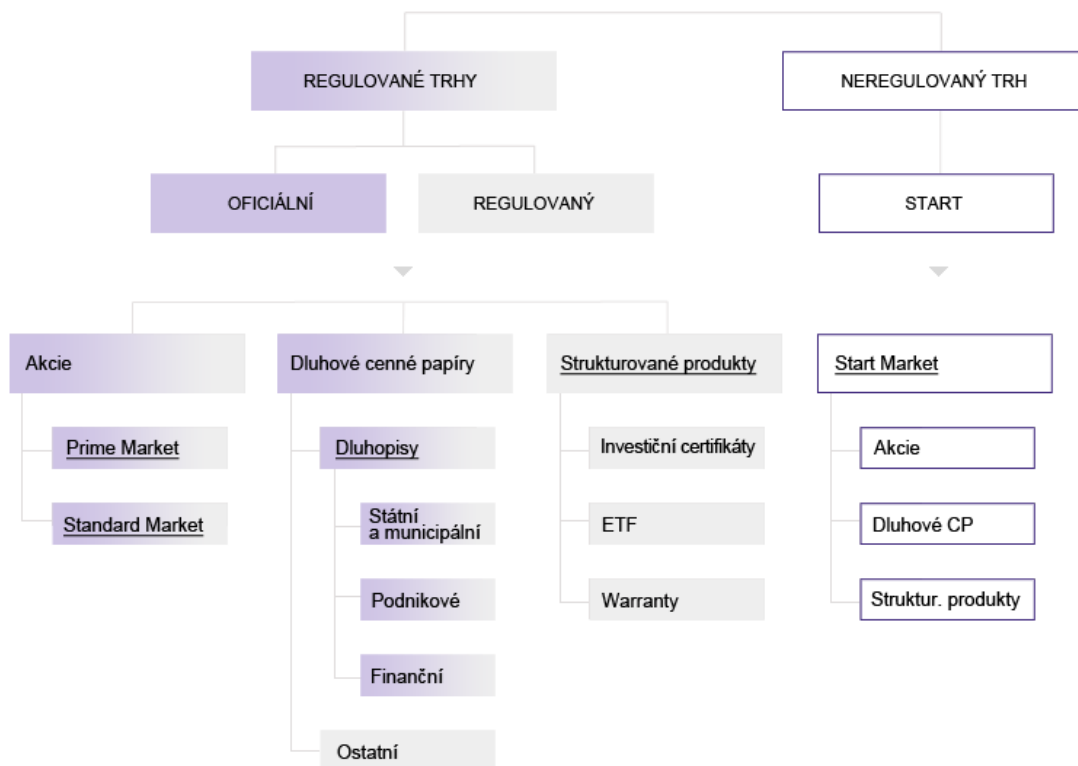
Obchodování na BCPP probíhá prostřednictvím licencovaných obchodníků s cennými papíry, kteří jsou zároveň členy burzy. Rozhodne-li se běžný investor obchodovat na BCPP, musí se obrátit na některého ze členů burzy. Členové burzy jsou především významné banky a makléřské firmy. Seznam členů burzy je uveden v tabulce 1. Mimo členů burzy jsou oprávněni uzavírat burzovní obchody ještě Česká národní banka a Ministerstvo financí ČR.

Název	IČ	URL
BH Securities a.s.	60192941	www.bhs.cz
CYRRUS, a.s.	63907020	www.cyrrus.cz
Česká spořitelna, a.s.	45244782	www.csas.cz
Československá obchodní banka, a. s.	00001350	www.csob.cz
DB Securities S.A.	66290	dbsecurities.pl
EQUILOR ZRt	8880069994	www.equilor.hu
Fio banka, a.s.	61858374	www.fio.cz
IPOPEMA Securities S.A.	80165411	www.ipopemasecurities.pl
J & T BANKA, a.s.	47115378	www.jtbank.cz
Komerční banka, a.s.	45317054	www.kb.cz
LBBW Bank CZ a.s.	14893649	www.lbbw.cz
Patria Finance, a.s.	60197226	www.patria-finance.cz
PPF banka a.s.	47116129	www.ppfbanka.cz
Raiffeisen Centrobank AG	FN117507f	www.rcb.at
Raiffeisenbank a.s.	49240901	www.rb.cz
UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s	64948242	www.unicreditbank.cz
WOOD & Company Financial Services, a.s.	26503808	www.wood.cz

Tabulka 1 Seznam členů burzy (Zdroj: BCPP).

⁵ Burza cenných papírů Praha, a.s. [online].

BCPP je součástí Central and Eastern Europe Stock Exchange Group (CEESEG, CEE Stock Exchange Group)⁶, která spolu s dalšími třemi středoevropskými burzami tvoří největší skupinu burz ve střední a východní Evropě. Dalšími členy CEESEG jsou Burza cenných papírů Vídeň (Wiener Börse)⁷, Burza cenných papírů Budapešť (Budapesti Értéktőzsde)⁸ a Burza cenných papírů Lublaň (Ljubljanska borza)⁹.



Obrázek 1 Schéma trhu (Zdroj: BCPP).

Schéma trhu BCPP je znázorněno na obrázku 1. Základní dělení je na regulované trhy a neregulovaný trh Start Market. Start Market je určen pro malé a střední firmy. Jedná se o trh regulovaný jen burzou a společnosti vstupující na tento trh nemusí splňovat tak přísná kritéria jako firmy vstupující na trh regulovaný. Tento trh je určený především pro dynamicky rozvíjející se společnosti nebo pro společnosti potřebující kapitál pro svůj další rozvoj, vstup na nové trhy, investice do výroby nebo technologií atp. Na

⁶ CEE Stock Exchange Group [online].

⁷ Wiener Börse [online].

⁸ Budapesti Értéktőzsde [online].

⁹ LJSE. Ljubljanska borza [online].

společnosti vstupující na regulovaný trh Standard Market jsou kladeny vyšší nároky. V případě, že se řídí zákonnými pravidly oficiálního trhu, musí splňovat mimo jiné i další zákonná kritéria na tržní kapitalizaci minimálně 1 000 000 EUR, free float faktor minimálně 25 % a dobu existence minimálně tři roky. Prime Market je trh určený pro obchodování největších a nejprestižnějších emisí akcií. Mezi klíčové předpoklady pro společnosti hodlající vstoupit na Prime Market patří připravenost sdílet informace, transparentní struktura a finanční toky ve společnosti, jasně definované plány, cíle, strategie a definice měřitelných ukazatelů jejich plnění a účetnictví vycházející z mezinárodních účetních standardů. Společnosti se vstupem na Prime Market zařazují mezi nejlepší společnosti v daném regionu a získávají tím určitou prestiž.¹⁰

2.1.3 Index PX

Index PX je oficiálním cenovým indexem Burzy cenných papírů Praha. Index PX je přímým nástupcem indexů PX 50 a PX-D. Výchozím dnem výpočtu indexu se stal 5. duben 1994 a výchozí hodnota indexu byla 1000,0 bodu. Původní báze obsahovala padesát emisí, ale od roku 2001 je počet bazických emisí variabilní. Báze indexu PX ke dni 12. května 2014 je uvedena v příloze A1. Procentuální složení báze indexu PX je ke stejnému dni znázorněno výšečovým grafem na obrázku 2.

Index PX se počítá podle následujícího vzorce¹¹:

$$PX(t) = BaseValue \times \frac{\sum_{i=1}^{N(t)} Q_i \times P_i(t) \times FF_i \times RF_i}{StartCap} \times AF(t), \quad (1)$$

kde *BaseValue* je výchozí hodnota výpočtu (1000 bodů),
 Q_i označuje počet cenných papírů *i*. bazické emise indexu uplatněný ve výpočtu indexu v čase *t*,
 t čas kalkulace,
 P_i označuje kurz *i*. bazické emise indexu v čase *t*,
 FF_i označuje free float faktor (podíl volně obchodovatelných akcií),

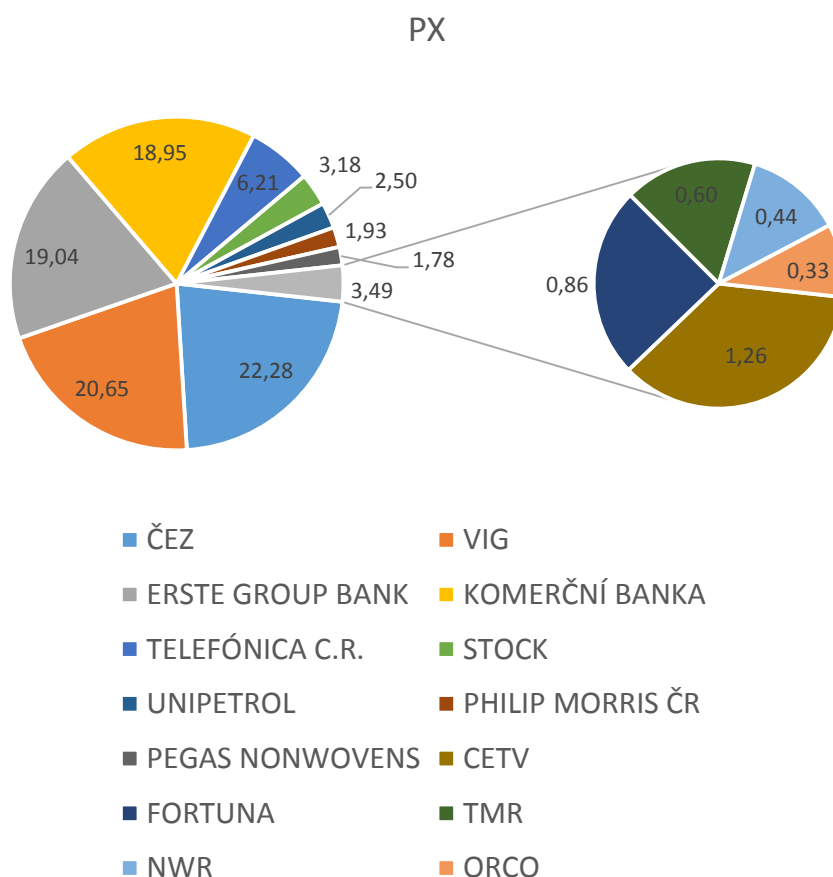
¹⁰ Burza cenných papírů Praha, a.s. [online].

¹¹ Pravidla pro výpočet indexů PX a PX - TR Burzy cenných papírů Praha. s. 6.

- RF_i označuje redukční faktor,
- $StartCap$ je počáteční kapitalizace (379 786 853 620 Kč), tj. tržní kapitalizace indexu ke dni zahájení výpočtů (5. dubna 1994),
- $N(t)$ označuje počet bazických emisí indexu v čase t ,
- $AF(t)$ je koeficient zřetězení v čase t (zohledňuje změny provedené v bázi indexu).

Redukční faktor zamezuje tomu, aby podíl tržní kapitalizace některé z bazických emisí přesáhl k rozhodnému dni stanovenou maximální 20% hodnotu na celkové tržní kapitalizaci indexu.

Free float faktor představuje podíl obchodovatelných cenných papírů k celkovému počtu cenných papírů, které jsou v oběhu a jsou dostatečně likvidní. To zjednodušeně řečeno znamená poměr cenných papírů, které nejsou dlouhodobě drženy ve velkých objemech.



Obrázek 2 Složení báze indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).

2.1.4 Index PX-TR

Index PX-TR je oficiálním dividendovým indexem Burzy cenných papírů Praha. Index PX-TR byl zaveden 20. března 2006. Výchozí hodnota a báze byla shodná s aktuální hodnotou a bází indexu PX, tj. 1554,6 bodu. Báze indexu PX-TR ke dni 12. května 2014 je shodná s bází indexu PX a je uvedena v příloze A1. Rovněž výšečový graf se složením báze indexu PX na obrázku 2 odpovídá k danému dni i bázi indexu PX-TR. Ve výpočtu indexu PX-TR se zohledňují i dividendové výnosy.

Index PX-TR lze vypočítat dle následujícího vzorce¹²:

$$PX - TR(t) = BaseValue \times \frac{MarketCap(t)}{MarketCap(0)} \times AF(t), \quad (2)$$

kde $BaseValue$ je výchozí hodnota výpočtu (1554,6 bodů),

$MarketCap(0)$ označuje hodnotu počáteční tržní kapitalizace báze indexu (974 253 348 625,2 Kč) ke dni zahájení výpočtu,

$AF(t)$ je koeficient zřetězení v čase t .

Výpočet tržní kapitalizace báze indexu:

$$MarketCap(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} [P_i \times Q_i \times FF_i \times RF_i]. \quad (3)$$

V případech, kdy dochází k výplatě dividendy, je uplatněn následující výpočet tržní kapitalizace a koeficientu zřetězení:

$$MarketCap'(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} [(P_i - D_i) \times Q_i \times FF_i \times RF_i], \quad (4)$$

$$AF'(t) = AF(t) \times \frac{MarketCap(t)}{MarketCap'(t)}, \quad (5)$$

kde P_i označuje kurz i . emise indexu,

D_i označuje výši hrubé dividendy i . emise,

¹² Pravidla pro výpočet indexů PX a PX - TR Burzy cenných papírů Praha. s. 7.

Q_i	označuje počet cenných papírů i . bazické emise indexu uplatněný ve výpočtu indexu v čase t ,
FF_i	označuje free float faktor (podíl volně obchodovatelných akcií),
RF_i	označuje redukční faktor,
$N(t)$	označuje počet bazických emisí indexu v čase t ,
$AF'(t)$	označuje původní koeficient zřetězení v čase t ,
$AF(t)$	označuje původní koeficient zřetězení v čase t .

2.1.5 Index PX-GLOB

Index PX-GLOB je cenový index se širokou bází. Výchozím datem pro tento index je 30. září. 1994 a jeho výchozí hodnota byla 1000 bodů. Báze indexu PX-GLOB ke dni 12. května 2014 je uvedena v příloze A2. Procentuální složení báze indexu PX-GLOB je k datu 12. května 2014 znázorněno výsečovým grafem na obrázku 3.

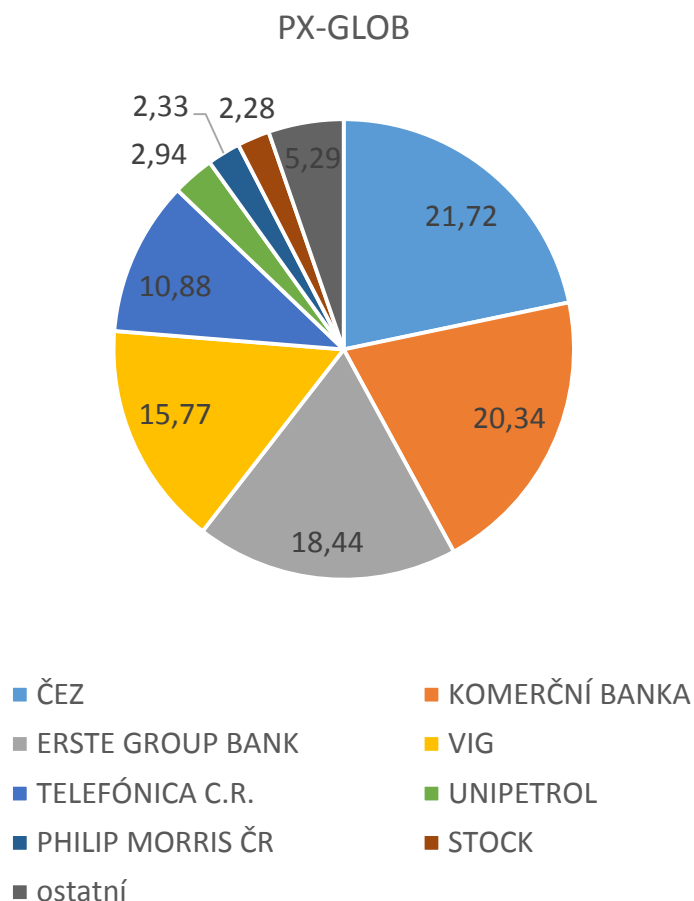
Index PX-GLOB lze vypočítat dle následujícího vzorce¹³:

$$PX - GLOB(t) = BaseValue \times \frac{\sum_{i=1}^{N(t)} P_i \times Q_i \times RF_i}{StartCap} \times AF(t), \quad (6)$$

kde	P_i	označuje kurz i . emise v bázi indexu,
	Q_i	označuje počet cenných papírů i . bazické emise indexu,
	FF_i	označuje free float faktor (podíl volně obchodovatelných akcií),
	RF_i	označuje redukční faktor,
	$N(t)$	označuje počet bazických emisí indexu v čase t ,
	$AF(t)$	označuje původní koeficient zřetězení v čase t .

Pro správný výpočet indexů je nutné dodržovat předepsané přesnosti jednotlivých koeficientů. Koeficient zřetězení se zaokrouhluje na patnáct desetinných míst. Počet cenných papírů v emisi se udává v jednotkách. Redukční faktor i free float faktor se vyjadřují s přesností na dvě desetinná místa. Zveřejňované indexy se zaokrouhlují na dvě desetinná místa.

¹³ Pravidla pro výpočet indexu PX-GLOB Burzy cenných papírů Praha, a.s. s. 5.



Obrázek 3 Složení báze indexu PX-GLOB (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).

2.1.6 Cenné papíry

Cenné papíry mohou být definovány jako listiny představující peněžní nebo majetkový nárok vlastníka cenného papíru vůči emitentovi cenného papíru.

Podle právního řádu České republiky je nově od 1. ledna 2014 dle zákona č. 89/2012 Sb., tzv. „nového občanského zákoníku“ definován cenný papír podle §514 takto: „Cenný papír je listina, se kterou je právo spojeno takovým způsobem, že je po vydání cenného papíru nelze bez této listiny uplatnit ani převést.“¹⁴ Cennými papíry se

¹⁴ Zákon č. 89/2012 Sb. občanský zákoník.

dále zabývá Hlava IV, Díl 4, původní zákon č. 591/1992 Sb. o cenných papírech¹⁵ byl zrušen.¹⁶

Podle *formy cenného papíru* můžeme cenné papíry rozdělit na **listinné a zaknihované**¹⁷.

Listinné cenné papíry jsou takové cenné papíry, jejichž podstata je zachycena na konkrétním nosiči - papíru.

Zaknihované cenné papíry jsou takové cenné papíry, jejichž podstata je uložena v evidenci, která je vedena střediskem cenných papírů. V současné době je většina cenných papírů v zaknihované podobě.

Dalším hlediskem, podle kterého rozdělujeme cenné papíry, je způsob změny majitele cenného papíru. Z tohoto hlediska můžeme rozdělit cenné papíry **na doručitele, na jméno nebo na řad**.

Cenné papíry na doručitele jsou charakteristické tím, že majitel není uveden na této listině. Při změně majitele se pouze předá listina následujícímu nabyvateli. Velká výhoda těchto cenných papírů spočívá v tom, že jsou snadno a neomezeně obchodovatelné. Nejrozšířenějším příkladem těchto cenných papírů mohou být peníze vydávané některou centrální bankou.

Cenné papíry na jméno nesou na své listině jméno majitele. Při každé změně majitele musí být proveden nový zápis o změně jména na cenném papíře a tato změna musí být současně schválena emitentem. Tento způsob změny majitele značně znesnadňuje obchodování s těmito cennými papíry.

Cenné papíry na řad mají sice jméno majitele uvedeno na své listině, ale změnu majitele lze provádět rubopisem. Jméno nového majitele se jednodušeji uvede na rubové straně cenného papíru a to bez souhlasu emitenta.

Dále se mohou cenné papíry dělit *podle délky držení cenného papíru*. Podle tohoto kritéria rozdělujeme cenné papíry **peněžního trhu a kapitálového trhu**.

¹⁵ Zákon č. 591/1992 Sb. Zákon České národní rady o cenných papírech.

¹⁶ BusinessInfo.cz [online].

¹⁷ Cenné papíry [online].

Cenné papíry peněžního trhu mají obvykle splatnost do jednoho roku. Mezi krátkodobé cenné papíry peněžního trhu patří zejména **směnky a šeky**.

Cenné papíry kapitálového trhu mají existenční dobu delší než jeden rok a mnohdy je i jednotliví majitelé drží déle než jeden rok. Z hlediska *majetkové podstaty* můžeme cenné papíry kapitálového trhu rozdělit do dalších dvou skupin na **majetkové cenné papíry a dluhové cenné papíry**.¹⁸

Mezi **majetkové cenné papíry** patří zejména **akcie a podílové listy**. Mezi **dluhové cenné papíry** patří **dluhopisy** (obligace) a **hypoteční zástavní listy**.

Akcie představuje podíl na základním kapitálu akciové společnosti. Tento podíl je dán nominální hodnotou vydané akcie. Majitel akcie má tři základní práva. Právo podílet se na zisku společnosti, tedy právo na dividendu. Právo podílet se na řízení společnosti, účastnit se a hlasovat na valné hromadě. Síla hlasu se odvíjí od počtu držených akcií, vzhledem k počtu celkově vydaných akcií. A právo podílet se na likvidačním zůstatku společnosti. Prostředky vložené do akcií jsou nevratné. Pokud chce akcionář získat zpět peníze vložené do akcií, musí své akcie prodat na sekundárním kapitálovém trhu. Na sekundárním kapitálovém trhu se obchodují akcie nikoliv za svou nominální hodnotu, ale dle aktuálního kurzu dané akcie. Kurz akcie se odvíjí od stability společnosti a od celkové ekonomické, finanční a politické situace.¹⁹

Podílové listy jsou majetkové cenné papíry, které svému majiteli zajišťují právo podílet se na výnosu fondu a také na odpovídající části majetku podílového fondu. Na rozdíl od akcií však majiteli nezajišťují právo podílet se na řízení fondu. Podílové fondy můžeme rozdělit na otevřené a uzavřené.

Otevřený podílový fond nemá omezený počet podílových listů ani omezenou dobu trvání. Majitel podílového listu má právo na zpětný odkup podílových listů za hodnotu danou čistým obchodním jměním připadající na jeden podílový list.

Uzavřený podílový fond má omezený počet vydaných podílových listů a je zakládán na dobu určitou. Pokud se během stanoveného upisovacího období neupíše (neprodá) dostatečný počet podílových listů, fond nevznikne. Majitel podílového listu nemá právo

¹⁸ REJNUŠ, Oldřich. Finanční trhy. s. 211

¹⁹ Cenné papíry [online].

na zpětný odkup podílových listů. Podílový fond může vzniknout jen s povolením České národní banky (ČNB)²⁰. Podílové fondy jsou povinny zveřejnit svůj status, jméno zakládající investiční společnosti, investiční horizont, typ fondu a především předmět investování fondu. Podílové fondy musí dále zveřejňovat výroční a pololetní zprávy a pravidelně aktualizovat hodnotu fondu připadající na jeden podílový list.

Dluhopisy (obligace) jsou úvěrové cenné papíry, které představují dlouhodobý závazek emitenta platit majiteli dluhopisu úroky a v době splatnosti dluhopisu i vrácení nominální hodnoty dluhopisu. Emitent dluhopisy vydává, aby získal prostředky ke své činnosti. Majitel dluhopisu (investor) nemá právo zasahovat do hospodaření emitenta. Majitel může před splatností prodat dluhopis na kapitálovém trhu za cenu, dle aktuálního kurzu dluhopisu. Dluhopisy můžeme rozdělovat, podle toho kdo je vydává na **podnikové** (korporátní), **bankovní, komunální a státní dluhopisy**, nebo podle doby splatnosti na **krátkodobé** (do pěti let), **střednědobé** (pět až deset let) a **dlouhodobé** (více jak deset let). Dluhopis musí mít ČNB předepsané náležitosti jako název, druh obligace, číselné označení, jméno emitenta, nominální hodnotu, termín, způsob a místo úhrady splátek úroků, datum a místo vydání dluhopisu. Speciálním typem dluhopisů jsou **prioritní a vyměnitelné dluhopisy**. Prioritní dluhopisy mohou vydávat pouze akciové společnosti, které plánují v době splatnosti navyšovat základní kapitál vydáním nových akcií. Má majitel prioritního dluhopisu prioritní právo na nákup těchto akcií. Stejně tak vyměnitelné dluhopisy vydává akciová společnost, která se zavazuje vyměnit dluhopis za akcii, pokud o ni majitel dluhopisu projeví zájem.²¹

Investiční certifikát je dlužní úpis, jímž se emitent zavazuje vyplatit investorovi za předem stanovených podmínek a ve stanovenou dobu hodnotu investičního certifikátu.²² Hodnota investičního certifikátu se odvíjí od podkladového aktiva. Podkladové aktivum může být akciový index, dluhopisový index, balík akcií nebo dluhopisů. Podle složení podkladového aktiva a podle stupně rizikovosti rozlišujeme několik druhů investičních certifikátů: indexový, basket, bonusový, garantovaný, turbo, sprint, discount, airbag, plain-vanilla, exotické atd. Existuje velké množství a variant investičních certifikátů.²³

²⁰ Česká národní banka [online].

²¹ *Cenné papíry* [online].

²² *Měšec.cz* [online].

²³ REJNUŠ, Oldřich. Finanční trhy. 2010. str. 588-598

2.2 Teoretická východiska pro matematickou interpretaci

V následující kapitole budou postupně definovány pojmy jako náhodná veličina, diskrétní náhodná veličina, pravděpodobnostní funkce, distribuční funkce, hustota spojité náhodné veličiny, střední hodnota, rozptyl, směrodatná odchylka, normální (Gaussovo) rozdělení a Brownův pohyb.

2.2.1 Statistické veličiny

Náhodná veličina je taková veličina, jejíž hodnota je závislá na náhodě a kterou je možné opakovaně měřit a podrobit zpracování metodami teorie pravděpodobnosti nebo matematické statistiky.

Náhodnou veličinou rozumíme zobrazení:

$$X: \Omega \rightarrow \mathbb{R}, \quad (7)$$

které každému možnému výsledku pokusu $\omega \in \Omega$ přiřazuje reálné číslo $X(\omega)$. Číslo $X(\omega)$ je číselná realizace náhodné veličiny X příslušná možnému výsledku pokusu ω .

Základní prostor Ω je množina všech možných elementárních výsledků pokusu $\omega \in \Omega$.²⁴ Reálná čísla se označují $\mathbb{R}$, obor hodnot náhodné veličiny X se označuje χ .

Realizaci náhodné veličiny, tj. $X(\omega)$, $\omega \in \Omega$ budeme značit x a budeme užívat zkráceného zápisu $\{X < x\} = \{\omega \in \Omega: X(\omega) < x\}$ nebo $\{X = x\} = \{\omega \in \Omega: X(\omega) = x\}$ a podobně.

²⁴ KROPÁČ, Jiří. Statistika. 2007. 151 s. ISBN 978-80-214-3194-2.

Diskrétní náhodná veličina X má diskrétní rozdělení pravděpodobnosti, je-li její obor nejvýše spočetná množina $\chi = \{x_1, x_2, \dots\}$, tj. nabývá nejvýše spočetně mnoha hodnot $x_1, x_2, \dots$, pak²⁵:

$$\sum_{i=1}^{\infty} P(X = x_i) = 1. \quad (8)$$

Pravděpodobnostní funkce $p(x)$ diskrétní náhodné veličiny X je funkce $p: (-\infty, \infty) \rightarrow \langle 0, 1 \rangle$ daná předpisem:

$$p(x) = P(X = x). \quad (9)$$

Pravděpodobnostní funkce $p(x)$ náhodné veličiny X s oborem hodnot $\chi = \{x_1, x_2, \dots\}$ má následující vlastnosti:

$$p(x) \geq 0 \text{ pro všechna } x \in (-\infty, \infty).$$

$$\sum_{x \in \chi} p(x) = 1.$$

$$p(x) \geq 0 \text{ pro všechna } x \in (-\infty, \infty).$$

Reálnou funkci

$$F(x) = P(X < x) \quad (10)$$

definovanou na intervalu $(-\infty, \infty)$ nazýváme **distribuční funkce** $F(x)$ náhodné veličiny X .

Distribuční funkce $F(x)$ náhodné veličiny X má následující vlastnosti²⁶:

$$F(x) \text{ je neklesající.}$$

$$F(x) \text{ je zleva spojitá.}$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = 1.$$

$$0 \leq F(x) \leq 1 \text{ pro všechna } x \in (-\infty, \infty).$$

²⁵ HRDLIČKOVÁ, Z. Náhodná veličina a její charakteristiky. Brno, 2006. str. 2.

²⁶ tamtéž str. 3-9

$$P(a \leq X) = 1 - F(a), \text{ pro všechna } a \in (-\infty, \infty).$$

$$P(a \leq X < b) = F(b) - F(a), \text{ pro všechna } a < b, a, b \in (-\infty, \infty).$$

Hustota spojité náhodné veličiny X je nezáporná funkce $f: (-\infty, \infty) \rightarrow \langle 0, \infty \rangle$ taková, že:

$$f(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt. \quad (11)$$

Hustota $f(x)$ náhodné veličiny X má následující vlastnosti:

$$f(x) \geq 0 \text{ pro všechna } x \in (-\infty, \infty).$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1.$$

$$f(x) = F'(x).$$

$$P(x \in M) = \int_{x \in M} f(x) dx \text{ pro libovolnou množinu reálných čísel } M.$$

$$P(x = c) = 0 \text{ pro každé } c \in (-\infty, \infty).$$

Střední hodnotu $E(X)$ náhodné veličiny X můžeme vyjádřit²⁷:

$$E(X) = \begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty} xf(x) dx & \text{je-li } X \text{ spojitá,} \\ \sum_{x \in \mathcal{X}} xp(x) & \text{je-li } X \text{ diskrétní,} \end{cases} \quad (12)$$

pokud příslušný integrál, resp. řada, absolutně konverguje.

Pro střední hodnoty nezávislých náhodných veličin $X, X_1, \dots, X_n$ platí:

$$E(c) = c, \text{ pro libovolnou konstantu } c \in \mathbb{R}.$$

$$E(aX + b) = aE(X) + b \text{ pro všechna } a, b \in \mathbb{R}.$$

$$E(\sum_{i=1}^n X_i) = \sum_{i=1}^n E(X_i).$$

$$E(\prod_{i=1}^n X_i) = \prod_{i=1}^n E(X_i).$$

²⁷ HRDLÍČKOVÁ, Z. Náhodná veličina a její charakteristiky. Brno, 2006. str. 6.

Rozptyl $D(X)$ náhodné veličiny X můžeme vyjádřit:

$$D(X) = E([X - EX]^2). \quad (13)$$

Z rozptylu můžeme stanovit **směrodatnou odchylku** σ náhodné veličiny X jako odmocninu rozptylu:

$$\sigma(X) = \sqrt{D(X)}. \quad (14)$$

Pro rozptyly náhodných veličin $X, X_1, \dots, X_n$ platí:

$$D(X) \geq 0.$$

$$D(c) = 0 \text{ pro všechna } c \in \mathbb{R}.$$

$$D(X) = E(X^2) - [E(X)]^2.$$

$$D(aX + b) = a^2 D(X) \text{ pro všechna } a, b \in \mathbb{R}.$$

$$D(\sum_{i=1}^n X_i) = \sum_{i=1}^n D(X_i), \text{ jsou-li náhodné veličiny } X, X_1, \dots, X_n \text{ nezávislé.}$$

Normální (Gaussovo) rozdělení s parametry μ a σ^2 má náhodná veličina X , pokud se její hustota rovná:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (15)$$

přičemž střední hodnotu značíme $E(x) = \mu$ a rozptyl $D(x) = \sigma^2$. Normální rozdělení zapisujeme jako $X \sim N(\mu, \sigma^2)$. Zvláště často se vyskytuje rozdělení $N(0, 1)$, které bývá označováno jako **normované (standardizované) normální rozdělení**.²⁸

2.2.2 Brownův pohyb

Je dán pravděpodobnostní prostor $(\Omega, \mathcal{A}, P)$, časová osa $T \subseteq \mathbb{R}$ a reálná funkce $X: \Omega \times T \rightarrow \mathbb{R}$ definovaná pro $\omega \in \Omega$ a $t \in T$. Potom $\{X(\omega, t): t \in T, \omega \in \Omega\}$, zjednodušeně $\{X_t: t \in T\}$, nazýváme **náhodný (stochastický) proces**. Pokud $T \subseteq \mathbb{Z}$

²⁸ ANDĚL, J. Matematická statistika. str. 64

jedná se o proces s diskrétním časem. Pokud $T = [t_1, t_2]$ kde $-\infty \leq t_1 < t_2 \leq \infty$ jedná se o proces se spojitým časem.

Standardní Brownův pohyb v $(0, T)$ pak může být definován jako spojitý náhodný proces²⁹:

$$\{B_t: 0 \leq t < T\}. \quad (16)$$

Standardní Brownův pohyb má následující vlastnosti:

$$B_0 = 0.$$

Přírůstky B_t jsou nezávislé, pro každou konečnou množinu časových okamžiků $0 \leq t_1 < t_2 < \dots < t_n < T$ jsou náhodné proměnné $B_{t_2} - B_{t_1}, B_{t_3} - B_{t_2}, \dots, B_{t_n} - B_{t_{n-1}}$ nezávislé.

Pro každé $0 \leq s < t < T$ má přírůstek $B_t - B_s$ normální (Gaussovo) rozdělení se střední hodnotou 0 a rozptylem $t - s$.

Pro všechna ω je $B_t(\omega)$ spojitá funkce t s pravděpodobností jedna.

Standardní Brownův pohyb $\{B_t: 0 \leq t < T\}$ má hustotu spojitě náhodné veličiny:

$$f_t(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi t}} e^{-\frac{x^2}{2t}}, \quad (17)$$

s nulovou střední hodnotou a rozptylem t .

²⁹ KŘIVÁNKOVÁ, L. Stochastické procesy ve finanční matematice. s. 8.

3 Analýza současného stavu

Následující kapitoly se budou věnovat aktuálně dostupným softwarovým prostředkům, vývoji cenných papírů v ČR reprezentované souhrnnými akciovými indexy BCPP a vývoji makroekonomických ukazatelů.

3.1 Softwarové prostředky

V oblasti matematického softwaru je významným a rozšířeným programem systém Maple, kterému v oblasti technických výpočtů a simulací konkuruje program Matlab. Tato práce se však zaměřuje výhradně na program Maple.

3.1.1 Maple

Systém Maple je produktem společnosti Maplesoft³⁰, vlastněnou nadnárodní korporací Cybernet System Co. Ltd.³¹. Společnost Maplesoft vyvíjí systém Maple již více než 30 let ve spolupráci s předními světovými inženýry, matematiky, vědci a vysokými školami. Za tu dobu prodělal systém Maple překotný vývoj. Aktuální verze systému Maple je již 18. v pořadí. Mezi jednotlivými verzemi jsou značné rozdíly a každá nová verze umožňuje využívat nové možnosti.

Velkou výhodou oproti klasickým programovacím jazykům je přívětivé uživatelské rozhraní. Zpočátku vypadá komplikovaně, ale vzhledem k možnostem, které nabízí, je velmi přehledné. Je možné vytvářet samodokumentující zdrojové texty s téměř nativním matematickým zápisem „jako na papír“. Další výhodou systému Maple je jeho modulárnost a neustále se rozšiřující portfolio balíčků, obsahující nepřeberné množství využitelných funkcí. Většinu běžně používaných výpočtů lze provádět pomocí

³⁰ Maplesoft [online].

³¹ Cybernet Systems Co. Ltd. [online].

předinstalovaných funkcí a další specializované funkce lze dohledat na internetu. Pro tak rozsáhlý systém je již nutností mít velmi dobře propracovanou nápovědu, bez jejíž pomoci by bylo téměř nemožné se systémem pracovat. Pro první seznámení se systémem je vhodný tzv. Malý Maple Manuál³², dostupný na webových stránkách českého zastoupení společnosti Maplesoft Czech Software First³³, kde je možné najít i další materiály v češtině.

Systém Maple umožňuje spolupracovat i s ostatními vývojovými a výpočetními aplikacemi i programovacími jazyky. Nabízí však vlastní vývojové prostředí pro vytváření aplikací a grafických uživatelských prostředí. V duchu volání jednotlivých funkcí pomocí textového popisu v anglickém jazyce lze velmi rychle vytvářet komplexní aplikace a využívat možnosti grafické prezentace výsledků.

3.2 Vývoj trhů s cennými papíry

Vývoj trhů s cennými papíry na Burze cenných papírů Praha je možné sledovat pomocí tří oficiálních indexů: oficiální cenový index PX, dividendový index PX-TR a index se širokouází PX-GLOB.

Index PX je popsán v kapitole 2.1.3. Jeho báze se skládá ze čtrnácti nejvýznamnějších akciových titulů obchodovaných na BCPP. Podrobné informace o složení báze jsou uvedeny v příloze A1.

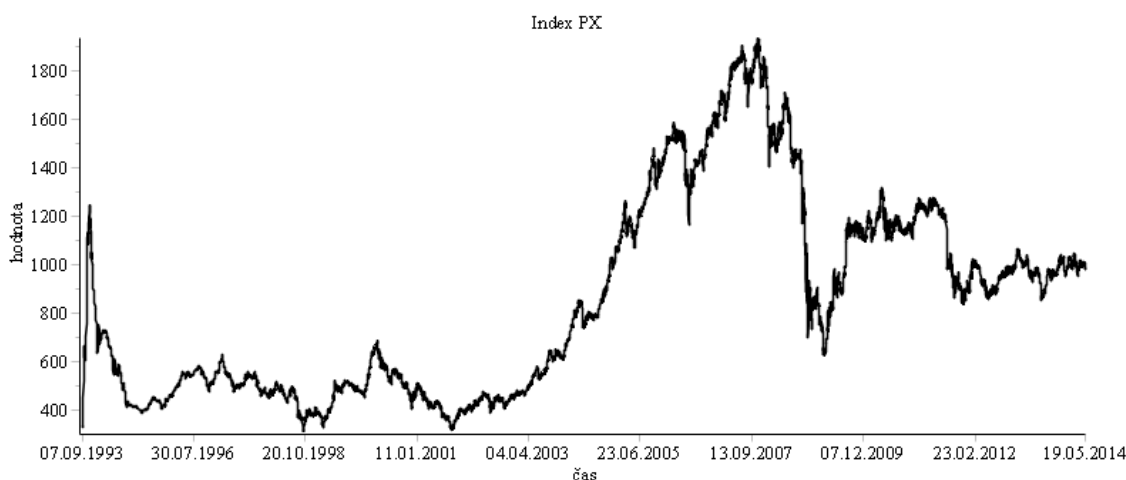
Vývoj indexu PX od 7. září 1993 do 19. května 2014 je znázorněn na obrázku 4, který je výstupem vytvořené aplikace systému Maple.

Zcela na počátku grafu je vidět velmi prudký nárůst přes hodnotu 1200 bodů po roce 1993 a následný pád v roce 1995 k hodnotě cca 400 bodů. Tento výkyv byl pravděpodobně způsoben kuponovou privatizací, kdy počáteční nadšení velkého množství nezkušených investorů bylo vystřídáno nedůvěrou v obchodování s cennými papíry po splasknutí spekulativní bubliny. Poté index mírně rostl na hodnotu 627 bodů v únoru 1997, pak opět klesal až na minimální hodnotu 324 bodů v říjnu 1998. Odrazil

³² CHVÁTALOVÁ, Zuzana. *Malý Maple manuál*. 2008.

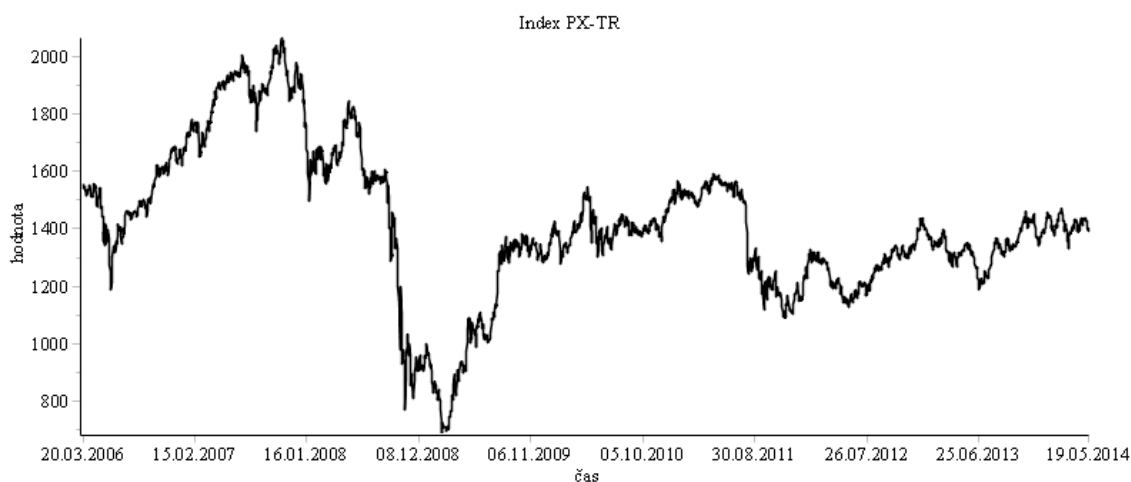
³³ *Czech Software First* [online].

se ode dna, aby se na ně 1. března 1993 zase vrátil. V březnu roku 2000 dosahoval hranice 680 bodů, pak opět klesl k hodnotě 320 bodů v září roku 2001. Od té doby stabilně posiloval až do roku 2006 na hodnotu 1550 bodů, ke konci roku přišla korekce na 1200 bodů. V roce 2007 index PX překročil hodnotu 1900 bodů a historického maxima 1936 bodů dosáhl 29. října 2007. Poté přišel prudký pád k hodnotě 700 bodů v říjnu 2008. Nato prudce povyskočil na hodnotu cca 1200 bodů, kde setrval od roku 2009 do července 2011, poté se propadl k 900 bodům. V současné době se hodnota indexu PX pohybuje okolo 1000 bodů.



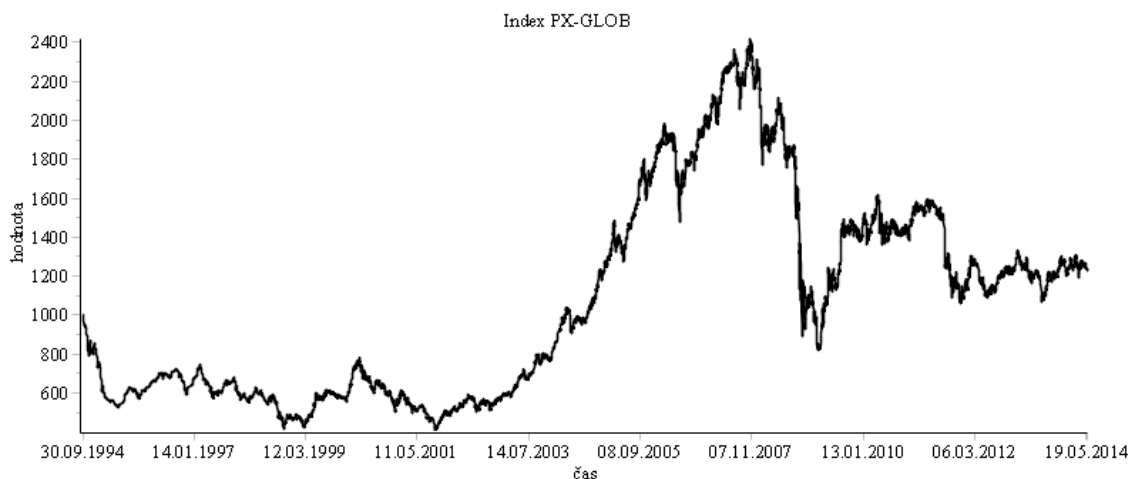
Obrázek 4 Vývoj indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).

Dividendový index PX-TR je popsán v kapitole 2.1.4., báze indexu je shodná s indexem PX. Podrobné informace o složení báze je uvedena v příloze A1. Vývoj indexu je znázorněn na obrázku 5. Data indexu PX-TR jsou dostupná od 20. března 2006, kdy převzal hodnotu 1554,6 bodů indexu PX. Po zavedení indexu jeho hodnota zpočátku klesala k hodnotě 1225 bodů k 20. červnu 2006. Poté rostl, přesáhl psychologickou hranici 2000 bodů a historického maxima 2064,9 bodů dosáhl stejného dne jako index PX a to 29. října 2007. Pak stejně jako index PX prudce oslabil k 700 bodům k počátku roku 2009. Ke konci roku 2009 povyskočil na 1300 bodů a mírně rostl až do července 2011, kdy se propadl k 1100 bodům. Do současné doby mírně posiluje a aktuálně dosahuje hodnoty 1400 bodů. Vzhledem k tomu, že index PX i index PX-TR mají stejnou bázi, je logické, že jejich časové průběhy korespondují, jenom hodnoty se mírně liší.



Obrázek 5 Vývoj indexu PX-TR (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).

Dividendový index PX-GLOB je popsán v kapitole 2.1.5. Báze indexu je podrobně popsána v příloze A2. Báze indexu PX-GLOB je sice složena z celkem dvaceti čtyř podkladových aktiv, proti čtrnácti podkladovým aktivům indexů PX a PX-TR. Podrobnějším zkoumáním jednotlivýchází lze zjistit, že přidaných deset podkladových aktiv indexu PX-GLOB tvoří pouze 2 % z celkového procentního podílu na tržní kapitalizaci. Není tedy překvapením, že tvar vývoje indexu PX-GLOB je velmi podobný tvaru vývoje indexu PX, liší se pouze svou hodnotou.



Obrázek 6 Vývoj indexu PX-GLOB (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).

Vývoj všech indexů BCPP kopíruje podobný trend. Od roku 2003 až do příchodu krize v roce 2008 poměrně rychle rostly, po příchodu krize v roce 2008 se všechny indexy propadly o více než 50 %. Další výrazný pokles je patrný v roce 2011, kdy se projevila

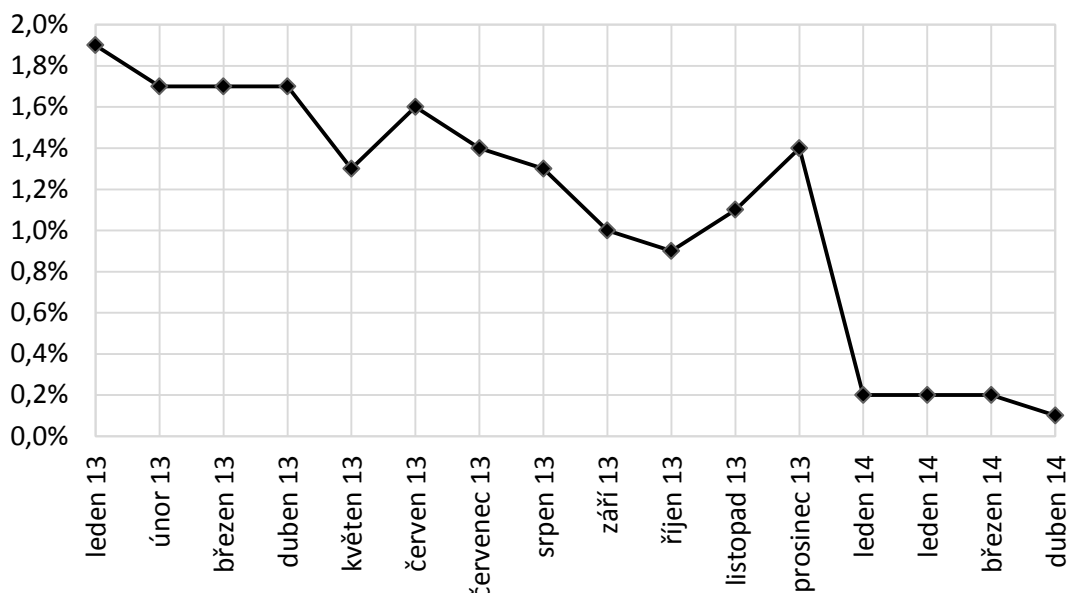
dluhová krize v eurozóně. V současné době indexy nijak výrazně nereagují na nejistou situaci na Ukrajině.

3.3 Vývoj makroekonomických ukazatelů

Následující kapitoly se budou zabývat vývojem některých důležitých makroekonomických ukazatelů v nedávné minulosti pro ČR.

3.3.1 Inflace

Na obrázku 7 je znázorněna křivka vývoje inflace vyjádřená meziročním indexem spotřebitelských cen. Data byla získána od Českého statistického úřadu (ČSÚ)³⁴. V průběhu roku 2013 se inflace postupně snižovala až na 0,9 %. V listopadu přišla intervence ČNB, která krátkodobě zvýšila inflaci na 1,4 % ke konci roku 2013. Na počátku roku 2014 inflace klesla na 0,2 % a v dubnu 2014 poklesla ještě více na 0,1 %.



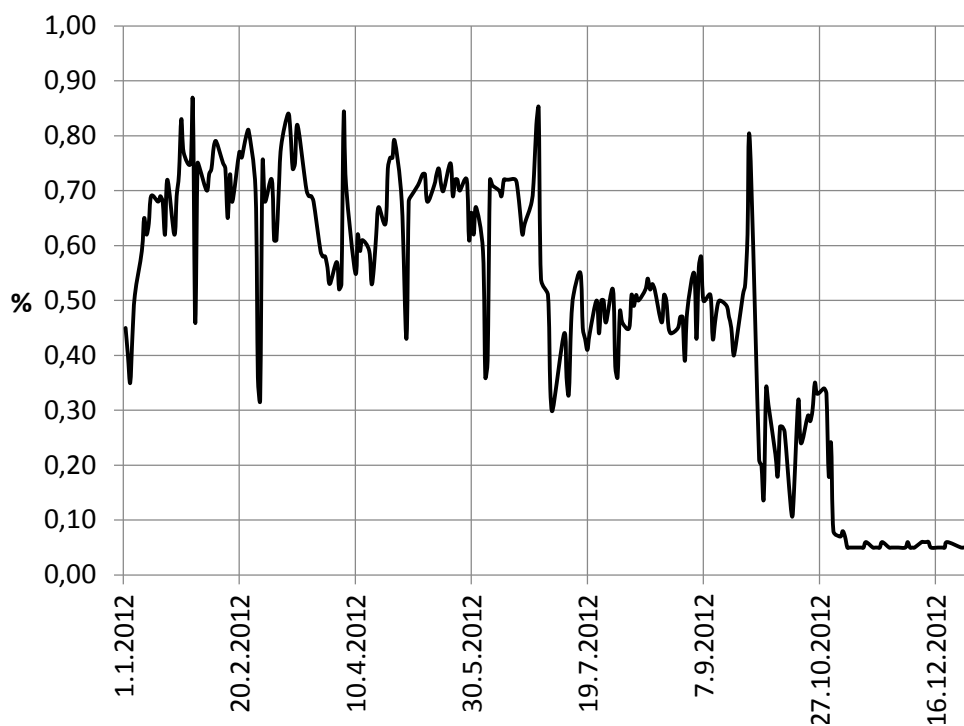
Obrázek 7 Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen
(Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČSÚ).

³⁴ Český statistický úřad [online].

3.3.2 Referenční úroková míra

„Referenční úroková sazba CZEONIA (CZEch OverNight Index Average) je vážený průměr úrokových sazeb všech nezajištěných over-night depozit uložených referenčními bankami na mezibankovním trhu.“³⁵ Mezi referenční banky patří Česká spořitelna, Československá obchodní banka, Komerční banka, LBBW Bank CZ, Raiffeisenbank a UniCredit Bank Czech Republic.

Na obrázku 8 je znázorněn vývoj referenční úrokové sazby CZEONIA. Referenční úroková sazba CZEONIA v roce 2012 fluktovala mezi 0,9 % a 0,3 %. Na konci roku začala klesat a klesla až na hodnotu 0,05 %, kde zůstala až do současnosti.

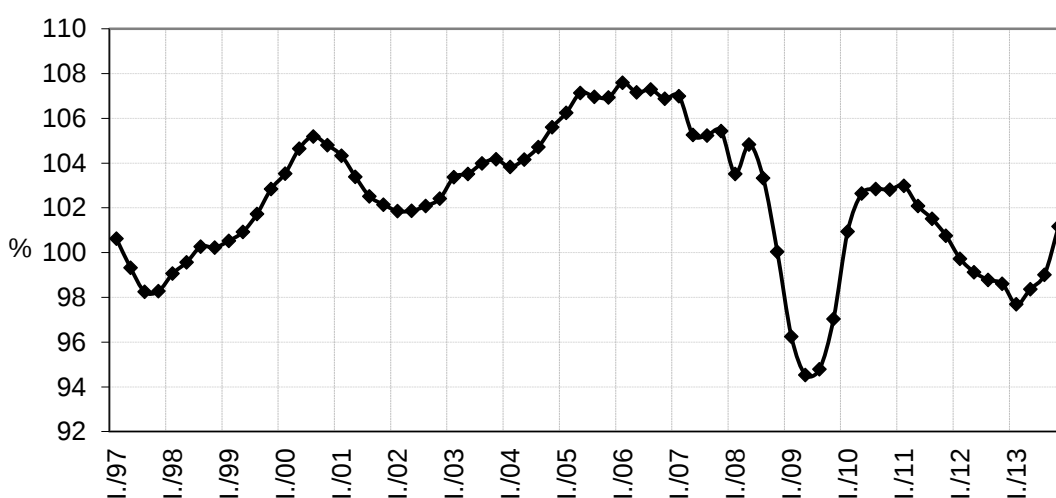


Obrázek 8 Vývoj referenční úrokové sazby CZEONIA
(Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČNB).

³⁵ Česká národní banka [online].

3.3.3 Hrubý domácí produkt

Hrubý domácí produkt (HDP) je peněžním vyjádřením celkové hodnoty statků a služeb nově vytvořených na určitém území.³⁶ Používá se pro stanovení výkonnosti ekonomiky. Na obrázku 9 je znázorněn jeho procentuální vývoj od roku 1997 až do prvního čtvrtletí roku 2014. K patrnému snížení HDP došlo ke konci roku 2008, kdy se projevila hospodářská krize i ČR. V roce 2009 byl snížený HDP asi na 94 %, na počátku roku 2010 začal opět růst a vrátil se zpět na obvyklou úroveň. Úroveň HDP se celou dobu pohybovala v rozmezí 95 % až 108 %.



Obrázek 9 Vývoj HDP ve stálých cenách, meziroční indexy, sezónně očištěno
(Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČSÚ)

³⁶ Český statistický úřad [online].

4 Vlastní návrhy řešení

V následujících kapitolách bude postupně popsán vývoj a funkce vytvořené aplikace v prostředí Maple. Bude podrobněji popsána funkce a obsluha uživatelského rozhraní a budou stručně vysvětleny funkce jednotlivých procedur programu Maple.

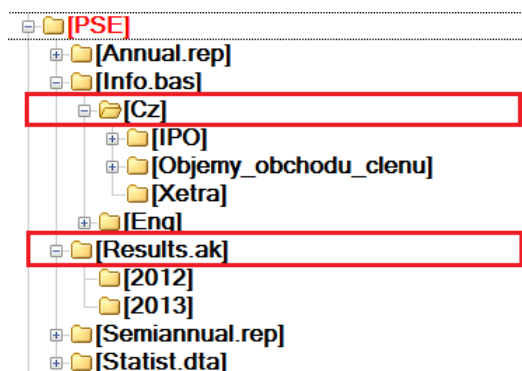
4.1 Získání dat vhodných pro zpracování

Burza cenných papírů Praha poskytuje zdarma základní informace, předpisy, pravidla, výroční a pololetní zprávy o výsledcích obchodování. Dále pak poskytuje informace o emitentech a emisích a hlavně i kurzovní lístek se zpožděním 120 minut bez poplatku.

Adresa serveru	ftp://ftp.pse.cz
Jméno	anonymous
Heslo	anonymous

Tabulka 2 Přístupové údaje k FTP serveru BCPP (Zdroj: BCPP).

Datové soubory jsou k dispozici pomocí služby FTP (File Transport Protokol) určené pro přenos souborů mezi počítači prostřednictvím internetu. Přístupové údaje k FTP serveru jsou uvedeny v tabulce 2. Ke komfortnějšímu přístupu k datům je vhodné místo webového prohlížeče, použít specializovaného FTP klienta, který dokáže hromadně kopírovat soubory a složky.

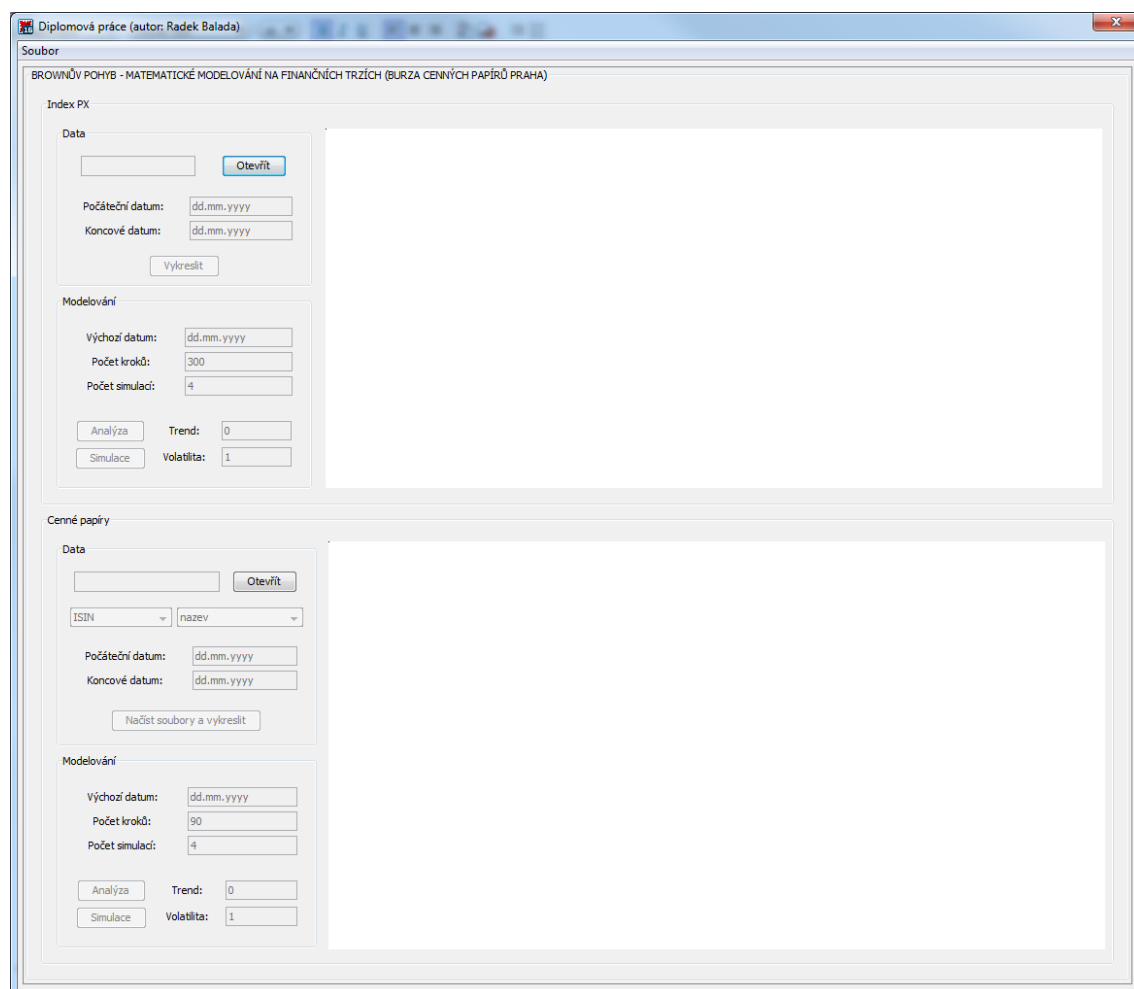


Obrázek 10 Strom kořenového adresáře FTP serveru BCPP (Zdroj: vlastní zpracování).

Na obrázku 10 je znázorněna adresářová struktura FTP serveru, důležité složky jsou zvýrazněny červeným rámečkem. Na adrese: „ftp://ftp.pse.cz/Info.bas/Cz/“ lze nalézt soubory s daty vývoje indexů: „PX.csv“, „PX-TR.csv“ a „PX-GLOB.csv“. Na adrese „ftp://ftp.pse.cz/Results.ak/“ lze nalézt zázpované soubory se jménem ve formátu „pl*.zip“, které obsahují soubory s kurzovním lístkem formátu „AKrrmdd.csv“. Podrobný popis formátu souborů „AK*.csv“ je uveden v příloze A4.

4.2 Návrh grafického uživatelského rozhraní

Na obrázku 11 je znázorněno výsledné okno grafického uživatelského rozhraní aplikace vytvořené v prostředí MAPLE verze 16.



Obrázek 11 Grafické uživatelské rozhraní Maplet (Zdroj: vlastní zpracování).

Grafické uživatelské rozhraní je rozděleno na dvě hlavní části, které jsou vzájemně horizontálně odděleny. První horní část umožňuje zpracovávat data indexů PX, PX-TR a PX-GLOB. Druhá spodní část umožňuje zpracovávat soubory kurzovních lístků BCPP ve formátu „AK*.csv“.

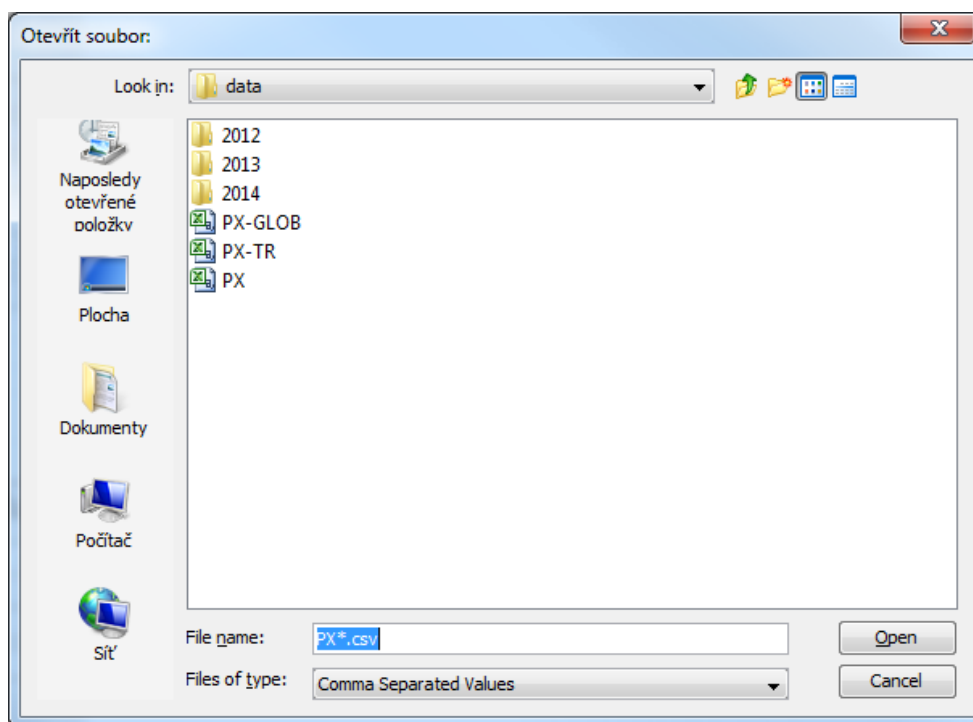
Grafické uživatelské rozhraní je pak dále možné rozdělit na ovládací panel a prostor pro vykreslení grafů. Ovládací panel „Index PX“ je znázorněn na obrázku 12, ovládací panel „Cenné papíry“ na obrázku 13.

Obrázek 12 Ovládací panel PX (Zdroj: vlastní zpracování).

Ovládací panel „Index PX“ zobrazený na obrázku 12 je rozdělen na panel „Data“ a panel „Modelování“.

Panel „Data“ se skládá z adresního řádku, který je v obrázku označen červeným rámečkem a číslicí 1 (V následujícím textu to bude označovat položku číslo 1). Do tohoto řádku se načte cesta vybraného souboru s daty indexů PX, PX-TR nebo PX-GLOB. Tlačítko „Otevřít“ vyvolá nové dialogové okno pro výběr souboru s názvem „PX*.csv“, kde hvězdička značí libovolný počet znaků v názvu souboru. Toto dialogové okno je znázorněno na obrázku 13. Po výběru vhodného souboru a stlačení tlačítka „Open“ se spustí procedura „NactiPX“ (která bude podrobně popsána v samostatné kapitole 4.3.1) a po provedení procedury se v panelu „Data“ na

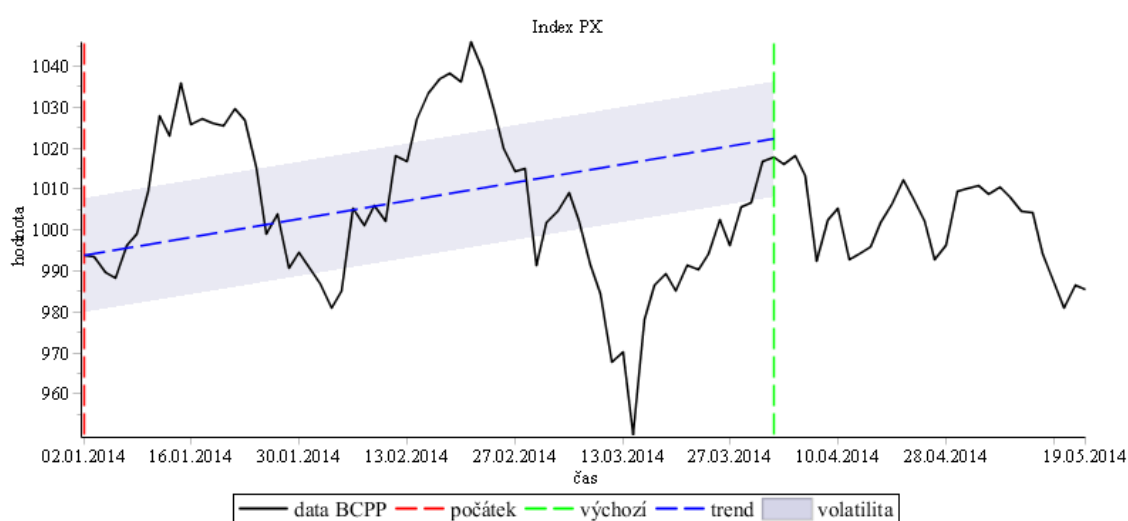
obrázku 12 aktivují položky číslo 3, 4 a 5 označené červeně. Položka č. 3 „Počáteční datum“ se automaticky nastaví podle prvního data uloženého ve vybraném datovém souboru „PX*.csv“, položka č. 4 „Koncové datum“ se rovněž nastaví automaticky podle posledního data uloženého v datovém souboru. Položky „Počáteční datum“ a „Koncové datum“ lze měnit podle požadavků uživatele, ovšem pouze v intervalu platných dat v souboru. To znamená, že počáteční datum nemůže být nastaveno na dřívější datum než by odpovídalo prvnímu datu v souboru. Koncové datum nemůže být novější než datum posledního záznamu v souboru. A samozřejmě koncové datum musí být pozdější než datum počáteční. Všechna data musí být zadávána ve formátu „dd.mm.yyyy“. V případě, že je uživatel spokojen s nastavením rozsahu dat, může zmáčknout tlačítko „Vykreslit“ (položka č. 5). Toto tlačítko spustí proceduru „PlotPX“, která vykreslí časový průběh z dat uložených v souboru a aktivuje položky ovládacího panelu „Modelování“. Příklady vykreslených průběhů lze nalézt v kapitole 3.2. Vývoj trhů s cennými papíry na obrázcích 4, 5 a 6.



Obrázek 13 Dialogové okno pro výběr souboru „PX*.csv“ (Zdroj: vlastní zpracování).

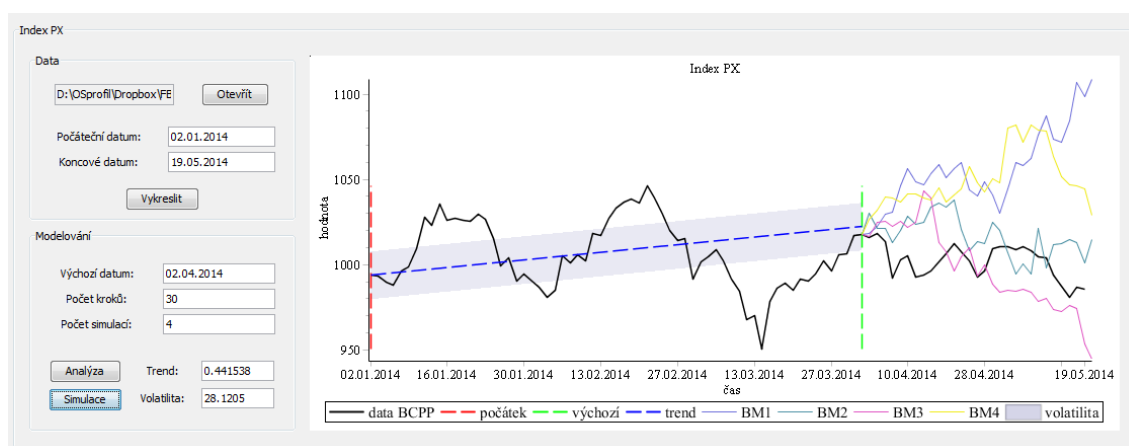
Panel „Modelování“ zobrazený na obrázku 12 obsahuje tlačítko „Analýza“, které je zvýrazněno červeným rámečkem a číslem 9. Stisknutím tohoto tlačítka se spustí procedura „AnalyzaPX“, která zpracuje data mezi „počátečním“ (položka č. 3) a

„výchozím“ (položka č. 6) datem, nastaví hodnoty „Trend“ (položka č. 11) a „Volatilita“ (položka č. 12) a vykreslí grafy znázorněné na obrázku 14. V grafu je vidět křivka vývoje indexu PX v období od 2. ledna 2014 do 19. května 2014, této křivce odpovídá záznam v legendě pod grafem „dataBCPP“. Zvolenému typu indexu PX, PX-TR nebo PX-GLOB odpovídá i název grafu. Svislá červená čárkovaná přímka odpovídá zvolenému počátečnímu datu, svislá zelená čárkovaná přímka odpovídá zvolenému výchozímu datu simulace. Modrá čárkovaná přímka odpovídá trendu vývoje dat v definovaném časovém období. Kolem přímky trendu je světle modrou barvou znázorněna volatilita dat ve zvoleném období.



Obrázek 14 Ukázka analýzy dat indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování).

Panel „Modelování“ obsahuje ještě tlačítko „Simulace“ (položka č. 10). Stisknutím tohoto tlačítka se spustí procedura „SimulaceBM“. Vstupními parametry simulace jsou všechny položky ovládacího panelu „Modelování“. „Výchozí datum“ (položka č. 6) určuje, od jakého data se mají simulovat průběhy Brownova pohybu. „Počet kroků“ (položka č. 7) určuje počet jednotlivých kroků (přírůstků, realizací) Brownova pohybu. „Počet simulací“ (položka č. 8) určuje počet simulovaných a zobrazených průběhů Brownova pohybu. „Trend“ je vnitřním parametrem Brownova pohybu, určuje souhrnný směr pohybu. Fyzikálně představuje směr pohybu částic z místa s vyšší koncentrací částic do místa s nižší koncentrací částic. „Volatilita“ je rovněž vnitřním parametrem Brownova pohybu. Fyzikálně představuje rychlost pohybu částic, která je úměrná termodynamické teplotě okolí.



Obrázek 15 Celkový výsledek simulace (Zdroj: vlastní zpracování).

Výsledek simulace je znázorněn na obrázku 15, kde bylo simulováno třicet kroků Brownova pohybu a byly simulovány celkem čtyři realizace (průběhy) Brownova pohybu. Jednotlivé průběhy Brownova pohybu jsou v legendě pod grafem značeny „BMx“, kde „x“ odpovídá číslu daného průběhu. Parametry simulace jsou zřejmé z obrázku a pro lepší čitelnost jsou uvedeny i v tabulce 3. „Trend“ i „Volatilita“ byly určeny automaticky pomocí tlačítka „Analýza“.

Počáteční datum	02. 01. 2014
Koncové datum	19. 05. 2014
Výchozí datum	02. 04. 2014
Počet kroků	30
Počet simulací	4
Trend	0,441538
Volatilita	28,1205

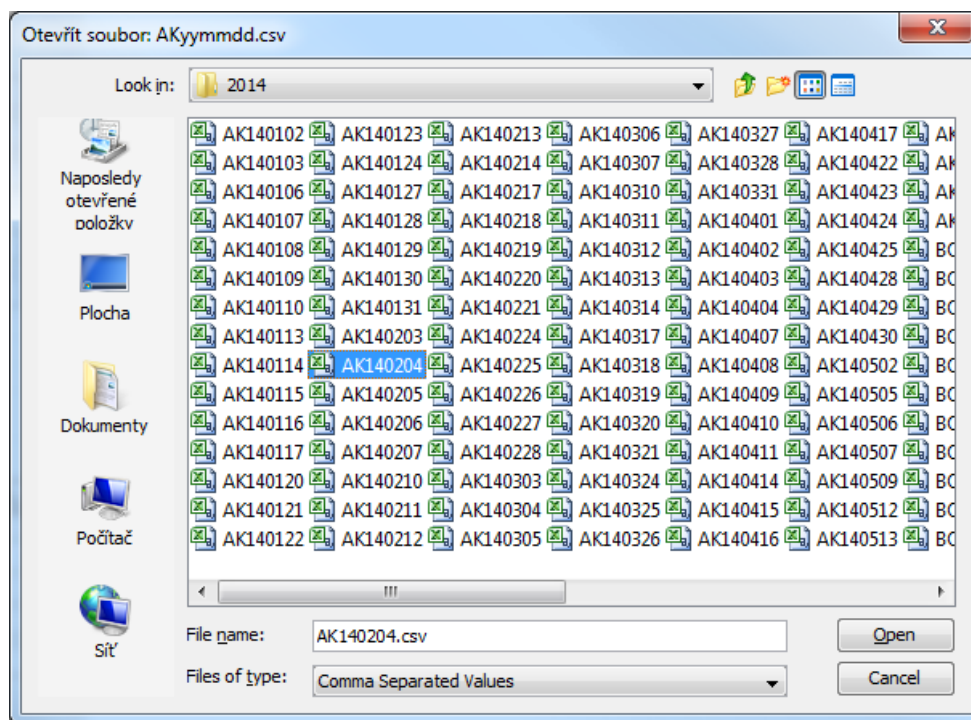
Tabulka 3 Parametry simulace Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).

Ovládací panel „Cenné papíry“ je znázorněn na obrázku 16 a je velmi podobný ovládacímu panelu „Index PX“, proto budou dále popsány pouze vzájemné odlišnosti. Hlavním důvodem, proč byl vytvořen další ovládací panel, byla potřeba zpracování zcela odlišného formátu souboru vstupních dat.

Obrázek 16 Ovládací panel Cenné papíry (Zdroj: vlastní zpracování).

Rozdíl není na první pohled patrný, ale odlišné je již tlačítko „Otevřít“ (položka č. 13), které spouští proceduru „NactiNazvy“. Zmáčknutím tlačítka se otevře nové dialogové pro výběr souboru, které je znázorněné na obrázku 17. Dialogové okno neumožňuje vybrat více souborů najednou, proto je ovládání programu trochu odlišné, než může být běžný uživatel zvyklý. Nejprve je tedy nutné vybrat vhodný datový soubor. BCPP vydává kurzovní lístek v datovém souboru „AKyymmdd.csv“, kde písmena „yymmdd“ v názvu souboru představují datum daného obchodního dne ve dvouciferném číselném formátu rok, měsíc a den. Formát dat uložených v souboru je uveden v příloze A4. Nejprve je tedy nutné vybrat soubor s názvem „AK*.csv“, kde místo hvězdičky bude datum požadovaného obchodního dne. Po stisknutí tlačítka „Open“ se načtou data vybraného obchodního dne, do „roletového seznamu ISIN“ (položka č. 14) se načtou vzestupně seřazené identifikační čísla cenných papírů ISIN (International Securities Identification Number) a do „roletového menu nazev“ se načtou vzestupně seřazené názvy cenných papírů BCPP. Pokud první písmeno názvu cenného papíru obsahuje speciální český znak, budou tyto cenné papíry v seznamu až na konci. Seznam všech kótovaných investičních nástrojů ke dni 26. května 2014 je uveden v příloze A3. Tento seznam obsahuje celkem 231 záznamů, jednotlivé burzovní lístky nemusejí obsahovat

všechny záznamy, záleží na aktuálně obchodovaných cenných papírech. Nicméně burzovní lístek „AK140519.csv“ ze dne 19. května 2014 obsahuje celkem 228 záznamů. Lze tedy zvolit jakýkoliv z těchto cenných papírů podle ISIN čísla nebo podle názvu. Druhá volba bude změněna automaticky tak, aby odpovídalo číslo ISIN i název cenného papíru.

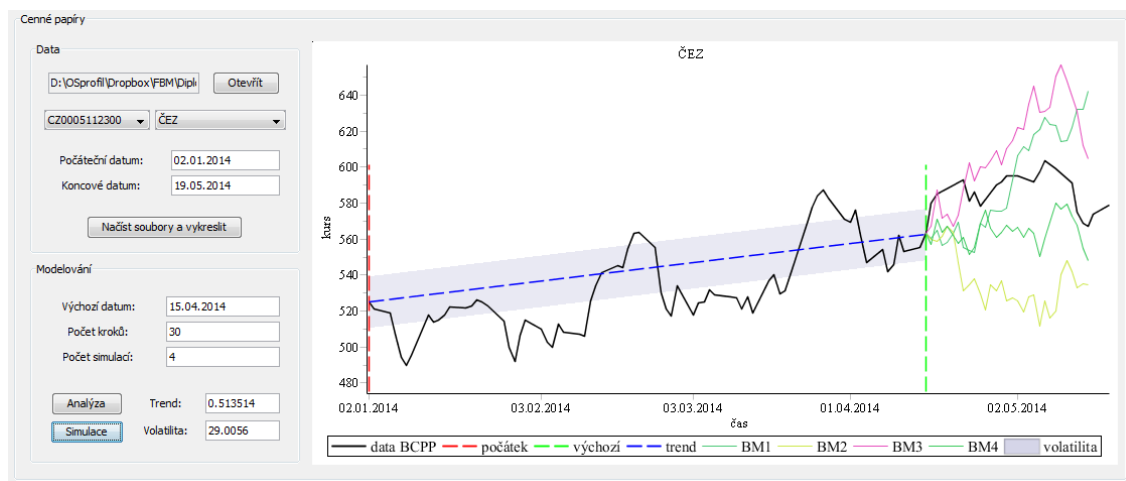


Obrázek 17 Dialogové okno pro výběr souboru „AK*.csv“ (Zdroj: Vlastní zpracování).

Podle umístění vybraného souboru „AK*.csv“ bude prohledána celá složka a všechny soubory s odpovídajícím názvem souboru. Podle jména prvního a posledního souboru budou automaticky načteno „Počáteční“ (položka č. 16) i „Koncové datum“ (položka č. 17). Uživatel může zúžit interval data, dle svého uvážení v rozsahu platných dat.

Stisknutím tlačítka „Načíst soubory a vykreslit“ (položka č. 18) se spustí procedura „NactiDATAsouboru“, která postupně od „počátečního data“ k „datu koncovému“ prochází jednotlivé soubory kurzovních lístků „AK*.csv“. V každém z těchto souborů hledá odpovídající cenný papír, vybraný dle názvu nebo čísla ISIN, a postupně načítá data. Načtené data odpovídající časovému vývoji kurzu zobrazí v grafu.

Modelování Brownova pohybu v panelu „Cenné papíry“ probíhá stejně jako v ovládacím panelu „Index PX“.



Obrázek 18 Výsledek simulace pro ČEZ (Zdroj: vlastní zpracování).

Výsledek simulace možného vývoje akcií ČEZ je znázorněn na obrázku 18, kde bylo simulováno třicet kroků Brownova pohybu a byly simulovány celkem čtyři průběhy Brownova pohybu. Parametry simulace jsou zřejmé z obrázku a pro lepší čitelnost jsou uvedeny i v tabulce 4. „Trend“ i „Volatilita“ byly určeny automaticky pomocí tlačítka „Analýza“.

ISIN	CZ0005112300
Název	ČEZ
Počáteční datum	02. 01. 2014
Koncové datum	19. 05. 2014
Výchozí datum	15. 04. 2014
Počet kroků	30
Počet simulací	4
Trend	0,513514
Volatilita	29.0056

Tabulka 4 Parametry simulace Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3 Vytvořené vlastní algoritmy pro zpracování dat

Každý interaktivní prvek systému Maple pro grafické uživatelské rozhraní vyžaduje vytvoření procedury k oživení funkce daného interaktivního prvku. Pro všechny tlačítka a roletové nabídky byly takovéto procedury vytvořeny a jejich popis je uveden v nadcházejících kapitolách.

Pro zachování co možná nejlepší kompatibility jsem se snažil vyhýbat v názvech procedur a proměnných českým speciálním znakům, které jsou často příčinou problémů při běhu programu. Názvy jsem se snažil volit krátké a výstižné. V následujícím popisu algoritmů, vývojových diagramů a zdrojových kódů se proto mohou vyskytnout výrazy neodpovídající správné české gramatice.

Součástí této diplomové práce je i elektronická příloha se zdrojovými kódy a daty.

4.3.1 Procedura „NactiPX“

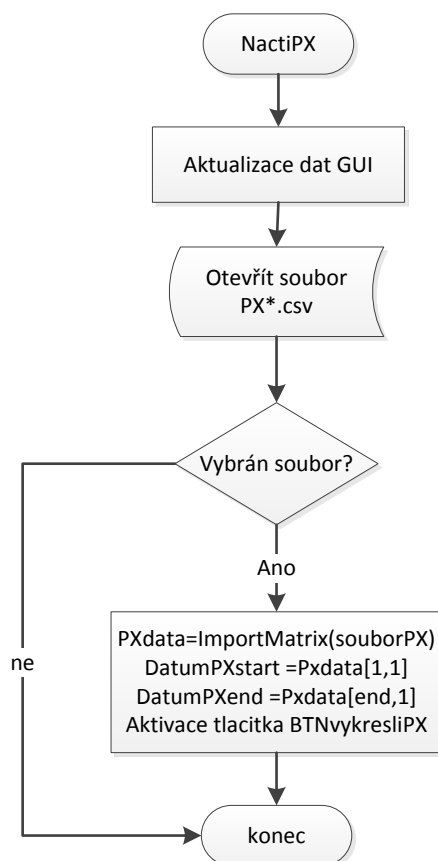
Zjednodušený vývojový digram procedury „NactiPX“ je znázorněn na obrázku 19. Po spuštění procedury se deaktivují ostatní tlačítka aplikace. Zavolá se funkce pro zobrazení dialogového okna pro výběr souboru „PX*.csv“. Pokud není vybrán soubor požadovaného formátu, procedura se ukončí. Pokud uživatel vybere vhodný soubor, procedura pokračuje, zpracuje soubor a načte do proměnné „PXdata“ data ze souboru. Počáteční datum „DatumPXstart“ je datum prvního řádku souboru „PX*.csv“, koncové datum „DatumPXend“ je datum posledního řádku souboru. Uvedené data se předají do uživatelského rozhraní a aktivuje se tlačítko pro vykreslení grafu.

Datum	Hodnota	Změna
15.05.2014	981.0	-0.66

Tabulka 5 Formát souboru PX*.csv (Zdroj: vlastní zpracování).

Textový formát souboru „PX*.csv“ je velmi jednoduchý a je uveden v tabulce 5. Skládá se ze tří sloupců a libovolného počtu řádků. V každém řádku jsou data platná pro jeden burzovní den. Sloupce jsou odděleny čárkou. V prvním sloupci je datum ve formátu

“dd.mm.rrrr“. V druhém sloupci je uvedeno desetinné číslo s hodnotou aktuálního kurzu, oddělovačem desetinných míst je desetinná tečka. V třetím sloupci je uvedena znaménková procentuální změna vůči předchozímu burzovnímu dnu. Třetí sloupec není aplikací využíván. Vzhledem k jednoduchosti tohoto formátu, by pro zkušenějšího uživatele neměl být problém do tohoto formátu naformátovat i jiná data, než data vydávané BCPP. Aplikace by tak byla schopná zpracovat data jakéhokoliv průběhu z libovolné burzy na světě. Vytvořená aplikace by se tak stala velmi univerzální.

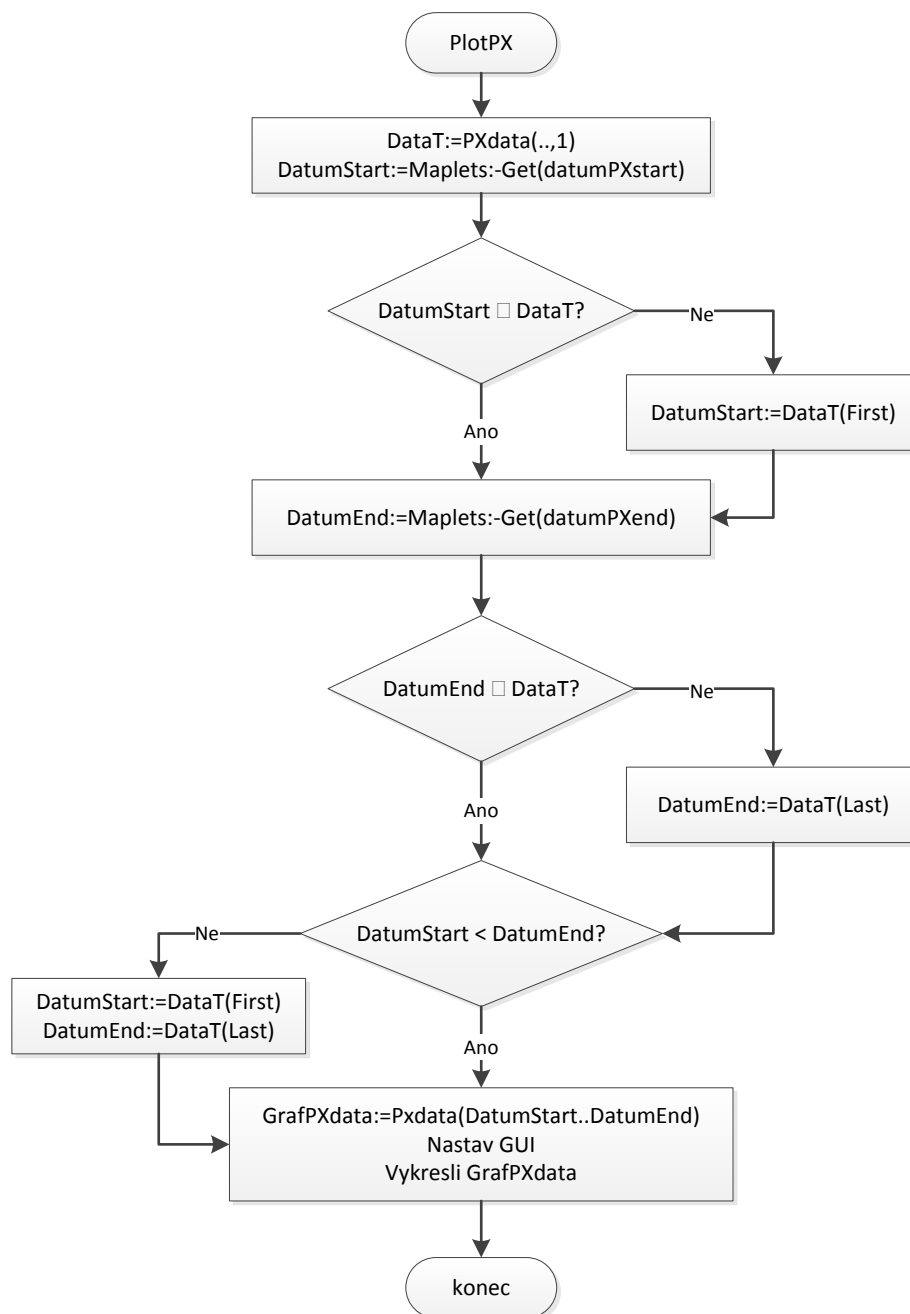


Obrázek 19 Vývojový diagram procedury „NactiPX“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.2 Procedura „PlotPX“

Procedura „PlotPX“ slouží k vykreslení grafu průběhu daného načtenými daty. Procedura nejdříve načte data z grafického uživatelského prostředí. Porovná „DatumStart“ s datem prvního řádku načtených dat „DataT“ a pokud je „DatumStart“ dříve než datum prvního řádku, provede opravu a nastaví „DatumStart“ podle prvního

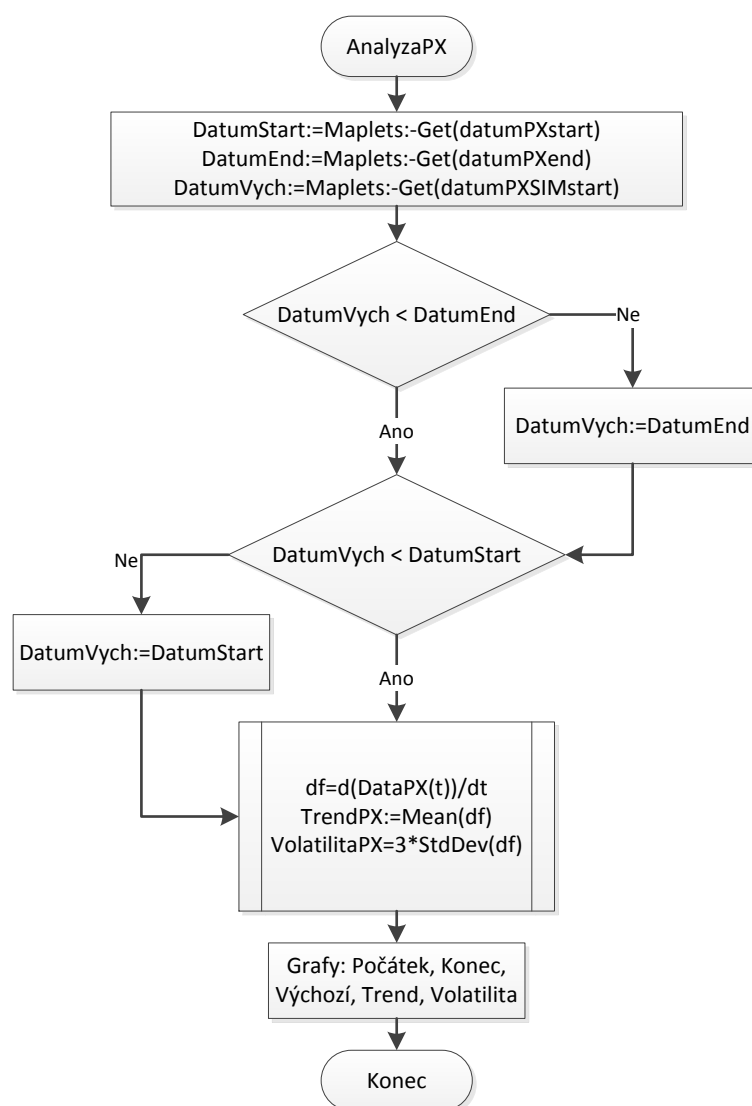
řádku načtených dat „DataT“. Tutéž kontrolu a případnou opravu provede pro koncové datum, nakonec ještě zkontroluje koncové datum, aby nebylo dřívějšího data než počáteční datum. Po provedení všech kontrol vykreslí graf. Zjednodušený vývojový diagram je znázorněn na obrázku 20.



Obrázek 20 Vývojový diagram procedury PlotPX (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.3 Procedura „AnalyzaPX“

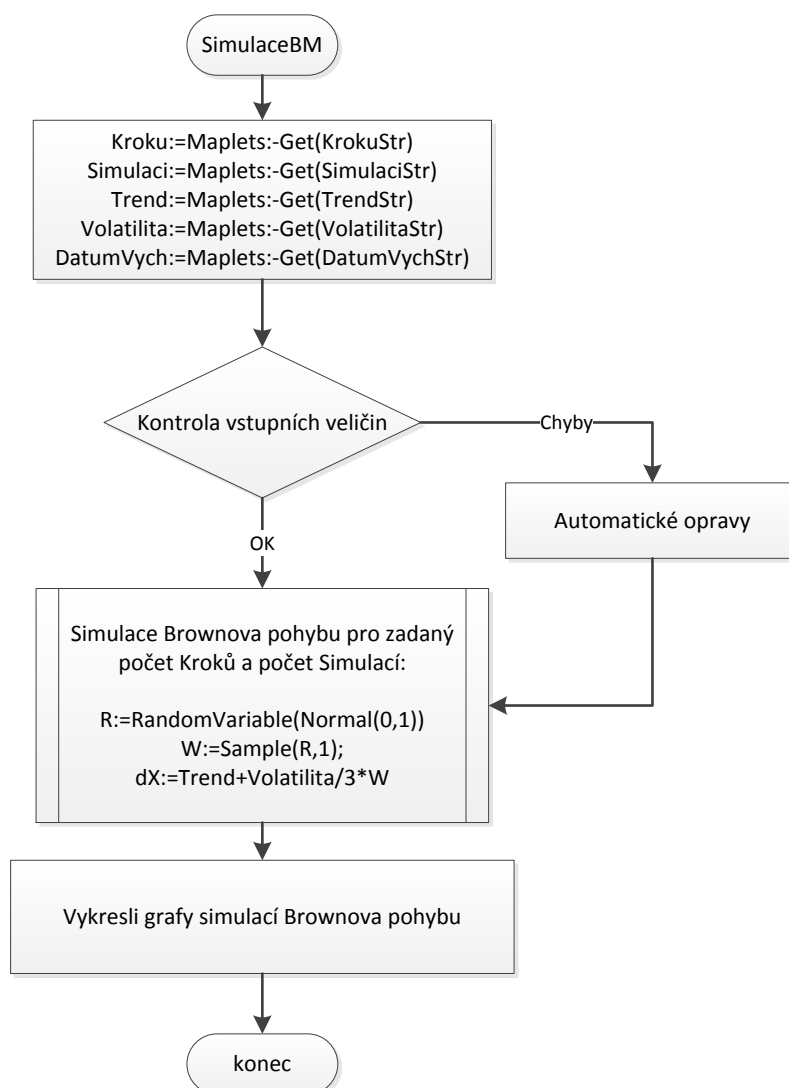
Procedura „AnalyzaPX“ má za úkol, zpracovat data a určit parametry „TrendPX“ a „VolatilitaPX“. Procedura „AnalyzaPX“ načte data z uživatelského prostředí, provede jejich kontrolu, případně opravy. Jádrem procedury je analýza dat načtených průběhů daných cenných papírů. Vývojový diagram je znázorněn na obrázku 21.



Obrázek 21 Vývojový diagram procedury „AnalyzaPX“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.4 Procedura „SimulaceBM“

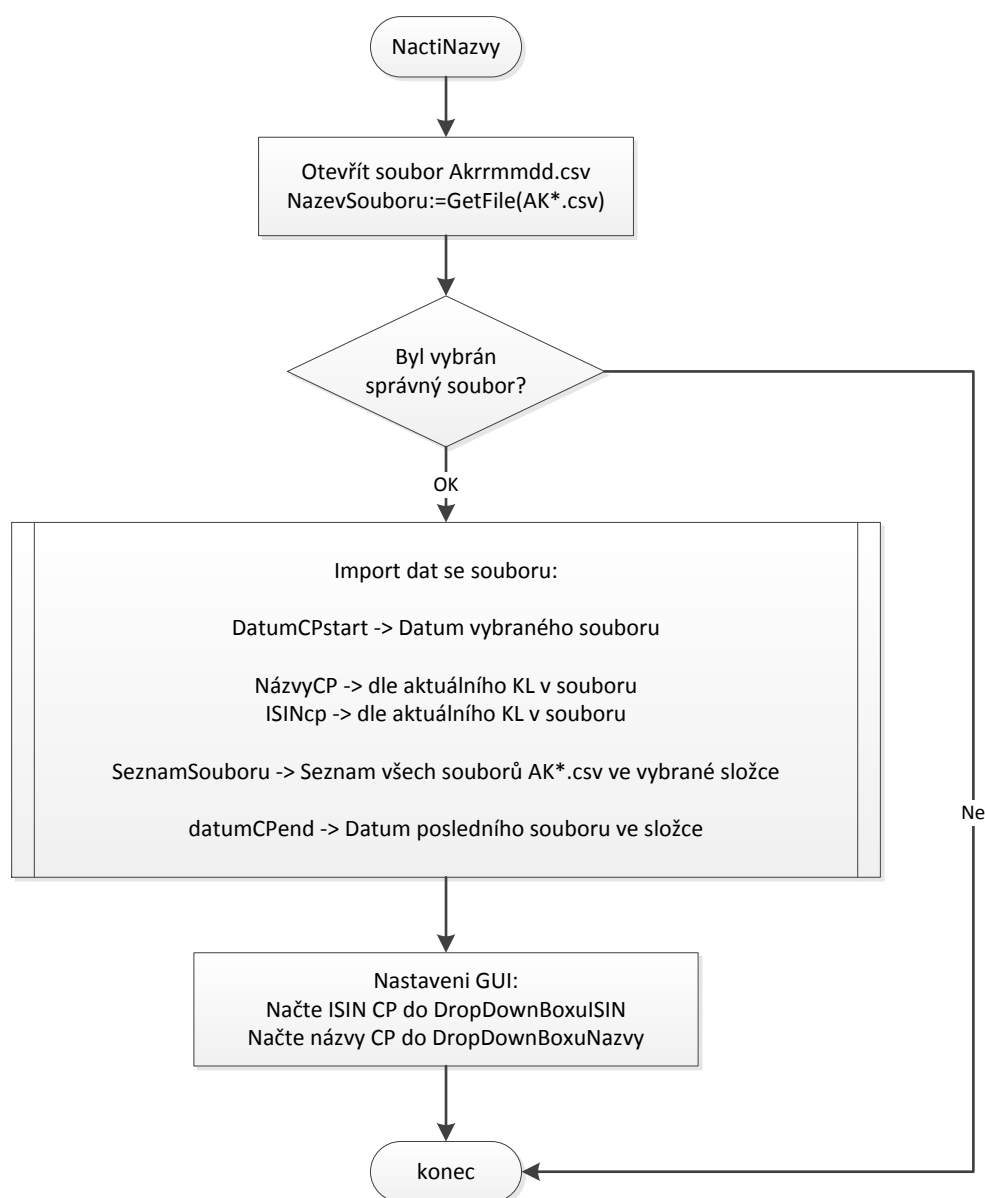
Procedura „SimulaceBM“ načte z uživatelského rozhraní proměnné „Kroku“, „Simulaci“, „Trend“, „Volatilita“ a „DatumVych“. Proměnná „Kroku“ určuje počet iterací Brownova pohybu. Proměnná „Simulaci“ určuje počet různých realizací Brownova pohybu. Proměnná „DatumVych“ určuje datum, od kterého se mají simulace odvíjet. Procedura provede kontrolu správnosti vstupních údajů a simulace Brownova pohybu podle vývojového diagramu zobrazeného na obrázku 22.



Obrázek 22 Vývojový diagram procedury „SimulaceBM“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.5 Procedura „NactiNazvy“

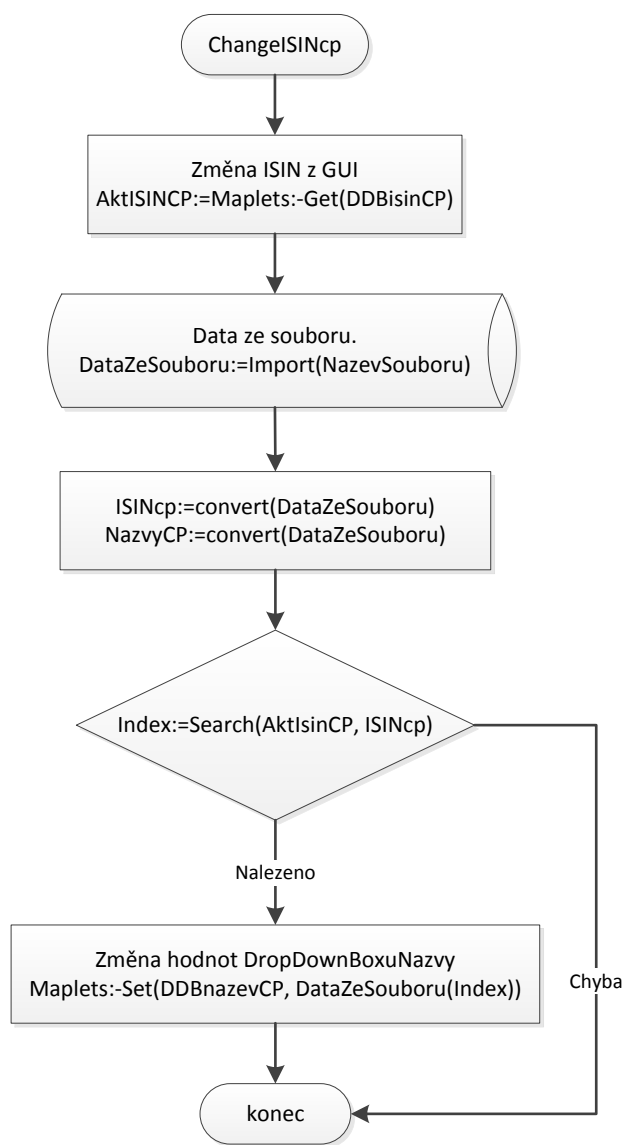
Procedura „NactiNazvy“ načte data z kurzovního lístku „AK*.csv“ vybraného obchodního dne. Struktura dat kurzovního lístku „AK*.csv“ je mnohem složitější, než u souboru „PX*.csv“. Formát souboru „AK*.csv“ je podrobně specifikován v příloze A4. Procedura načte názvy cenných papírů a čísla ISIN do odpovídajících „roletových menu“ grafického uživatelského rozhraní. Vývojový diagram je znázorněn na obrázku 23.



Obrázek 23 Vývojový diagram procedury „NactiNazvy“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.6 Procedura „ChangeISINcp“

Pokud dojde ke změně čísla ISIN z grafického uživatelského rozhraní, procedura „ChangeISINcp“ vyhledá správný název cenného papíru a nastaví příslušný název v grafickém uživatelském rozhraní. Vývojový diagram procedury je znázorněn na obrázku 24.



Obrázek 24 Vývojový diagram procedury „ChangeISINcp“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.7 Procedura „ChangeNAZEVcp“

Pokud dojde ke změně názvu cenného papíru v uživatelském rozhraní, procedura „ChangeNAZEVcp“ vyhledá odpovídající číslo ISIN a nastaví odpovídající hodnotu zpět do grafického uživatelského rozhraní.

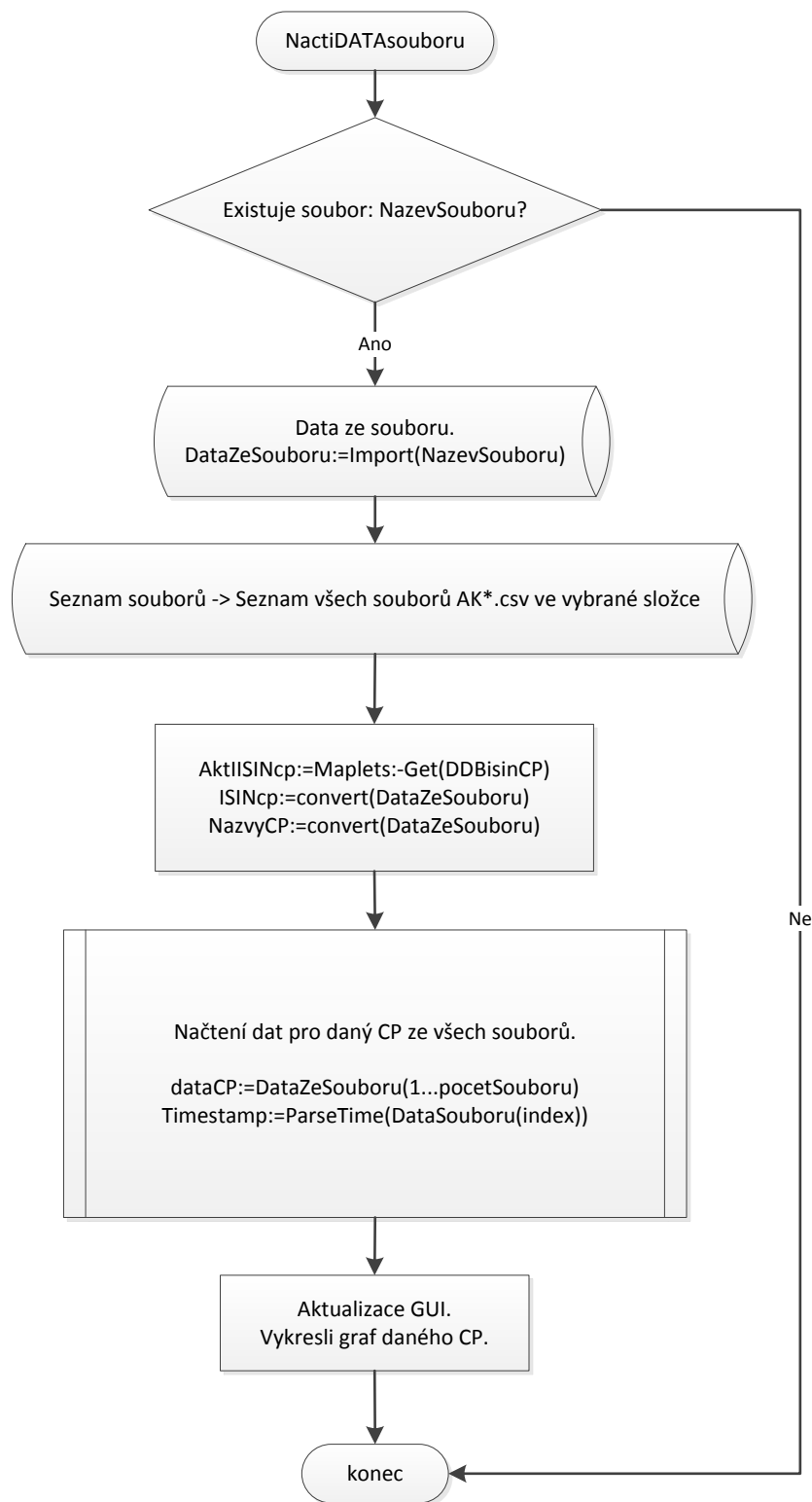
Procedura „ChangeNAZEVcp“ spolu s procedurou „ChangeISINcp“ udržují stále aktuální hodnoty daného cenného papíru v „roletových menu“ uživatelského rozhraní. Obě procedury jsou vzájemně inverzní, proto je možné vývojový diagram pro metodu „ChangeISINcp“ zobrazený na obrázku 24 použít i pro metodu „ChangeNAZEVcp“, stačí zaměnit proměnné s „Názvy“ za proměnné s „ISIN“.

4.3.8 Procedura „NactiDATAsouboru“

Vývojový diagram procedury „NactiDATAsouboru“ je znázorněn na obrázku 25. Procedura ověří, zda je v proměnné „NazevSouboru“ platná cesta k souboru s burzovním lístkem „AK*.csv“, pokud ano, načte z něho data. Potom prohledá celou složku a najde všechny ostatní soubory formátu „AK*.csv“. Načte data z uživatelského prostředí, tím získá ISIN a název vybraného cenného papíru. Poté začne postupně procházet všechny soubory „AK*.csv“ a hledat v nich shodu s vybraným cenným papírem v grafickém uživatelském rozhraní. Pokud nalezne shodu, přidá do proměnné „dataCP“ záznam s datem a aktuální hodnotou kurzu. Postupně tak naplní proměnnou „dataCP“ platnými daty, z těchto dat vykreslí graf vývoje vybraného cenného papíru.

Tato procedura může být časově náročnější, protože musí zpracovat velké množství souborů. Jeden soubor pro každý burzovní den, za rok to může být cca dvě stě šedesát souborů, v každém souboru je navíc uložen seznam a data více než dvou set cenných papírů.

Časová náročnost přímo úměrně závisí na délce požadovaného průběhu vývoje cenného papíru. Při každé změně titulu cenného papíru se musí procedura znovu opakovat.



Obrázek 25 Vývojový diagram procedury „NactiDATAsouboru“ (Zdroj: vlastní zpracování).

4.3.9 Procedura „AnalyzaCP“

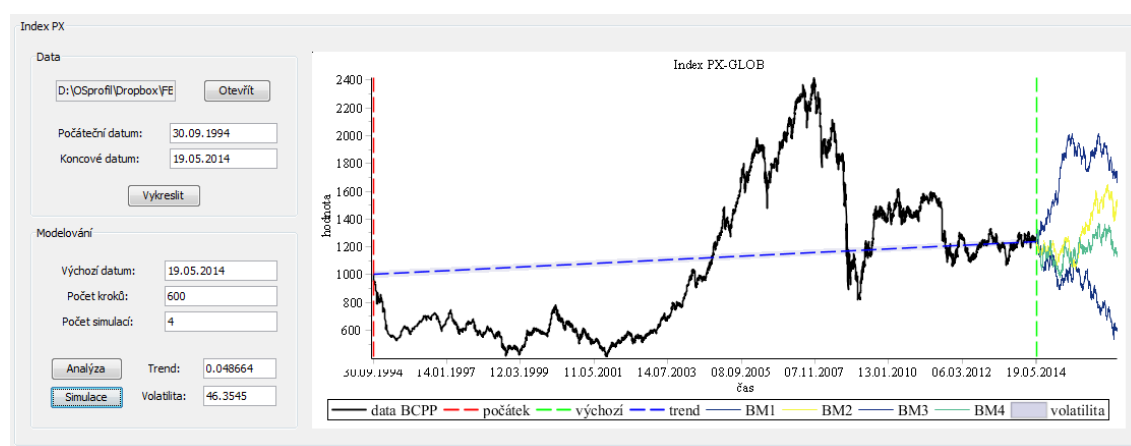
Procedura „AnalyzaCP“ je analogií procedury „AnalyzaPX“ a má velmi podobný vývojový diagram. Pro ilustraci je tak možné vycházet z vývojového diagramu zobrazeného na obrázku 21.

4.3.10 Procedura „SimulaceBMCP“

Procedura „SimulaceBMCP“ a „SimulaceBM“ jsou téměř totožné. Proto je možné vycházet z vývojového diagramu znázorněného na obrázku 22, pro obě zmíněné procedury. Rozdíly jsou pouze v názvech proměnných.

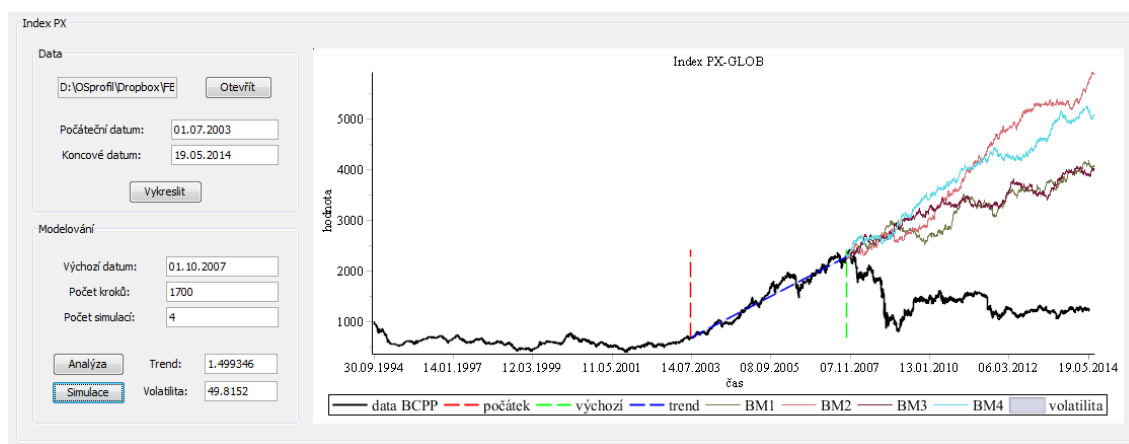
4.4 Ukázka zpracování dat

Na obrázku 26 je znázorněna ukázka zpracování dat ve výchozím nastavení. Data indexu PX-GLOB jsou vykreslena od 30. září 1994 do 19. května 2014. Těmto datům odpovídá počáteční a výchozí datum. Byla provedena automatická analýza dat a na jejím základě byly provedeny simulace Brownova pohybu. Výsledky simulací ukazují možný vývoj indexu PX-GLOB.



Obrázek 26 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro modelování budoucnosti (Zdroj: vlastní zpracování).

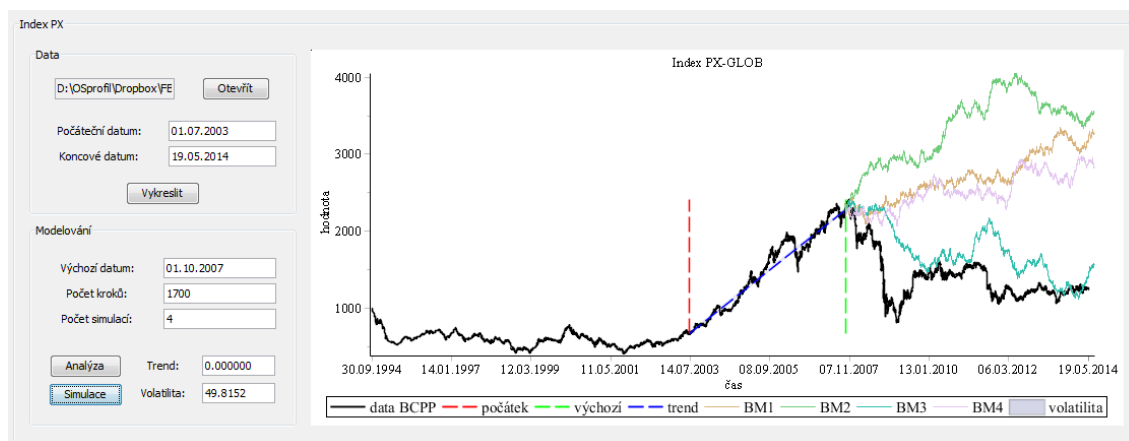
Pro stejná data indexu PX-GLOB jako v předchozím případě, byla provedena nová analýza zobrazená na obrázku 27. Tentokrát byl upraven časový interval pro analýzu dat od 1. července 2003 do 1. října 2007. V tomto období měl index PX-GLOB jasně rostoucí tendenci, což vedlo k automatickému nastavení vysoké hodnoty parametru „trend“. To způsobilo i jasně rostoucí průběh simulace Brownova pohybu. V případě, že bychom neznali skutečný vývoj indexu PX-GLOB po příchodu krize a jeho prudkého poklesu. Mohli by nás výsledky simulace přesvědčit, že s vysokou pravděpodobností index PX-GLOB dále poroste. Tento příklad ukazuje evidentní selhání algoritmu na základě technické analýzy historických dat. Je to však extrémní případ.



Obrázek 27 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro ověření významu trendu (Zdroj: vlastní zpracování).

V následujícím obrázku 28 jsou data i časový interval pro analýzu dat shodné. Hodnota parametru trend byla nastavena na nulu, což odpovídá neutrálnímu výhledu do budoucna. Výsledné simulace již nevykazují shodnou rostoucí tendenci. Odpovídají standardnímu Brownovu pohybu, kdy vzájemná korelace jednotlivých průběhů Brownova pohybu je minimální. Ale ani tyto výsledky nedokážou zachytit prudký pokles vyvolaný ekonomickou krizí. Z dlouhodobějšího hlediska se již křivky skutečného vývoje a simulace Brownova pohybu protínají, ale jednotlivé realizace Brownova pohybu se velmi liší.

Metoda modelování Brownova pohybu není určena k exaktní predikci pravděpodobného vývoje. Může však poskytovat cenné informace o rozmanitosti chování trhů s cennými papíry. Taková představa o možném nikoli nutně pravděpodobném vývoji může být velmi užitečná.



Obrázek 28 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro ověření Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).

Ačkoli se může z předchozího popisu dosažených výsledků zdát, že metoda nepodává relevantní výsledky, opak může být pravdou. Žádná vysoce spolehlivá metoda odhadu budoucího vývoje trhů nemohla být na základě technické analýzy vývoje historických dat objevena, protože se nedají spolehlivě a dostatečně dopředu předpovídat málo pravděpodobné nebezpečné jevy. Právě tyto jevy jsou pro lidi velmi důležité.

Lze použít analogii k předpovědi počasí. Dá se na základě historických dat a technické analýzy předpovídat počasí na určitém místě na zemi. Pokud máme dostatek informací o stavu počasí v našem okolí. Lze vysledovat určité trendy, které k nám dorazí se zpožděním., avšak nedají se předpovídat na delší dobu dopředu. Některé pravidelně opakující se události lze také sledovat, například střídání dne a noci, ročních období atd. V případě turbulentního prostředí nelze určit, jaké počasí přesně bude. Nejnebezpečnější stavy nastávají při lokálních bouřkách. A ani dnešní supermoderní výkonné počítače nedokáží přesně určit, kdy a kde bude bouřka, kolik spadne srážek a kam uhoří blesk. Lze jenom očekávat takový nebezpečný náhodný jev s určitou pravděpodobností.

Metoda modelování Brownova pohybu nevylučuje málo pravděpodobné, překvapivé a tudíž nebezpečné jevy. Může tak být použita k modelování různých a rozmanitých průběhů, které není možné vyloučit.

Závěr

Hlavním výstupem mé diplomové práce na téma Brownův pohyb – matematické modelování na finančních trzích je interaktivní aplikace Maplet vytvořená v prostředí programu Maple. Tato aplikace umožňuje zpracovávat data vydávaná Burzou cenných papírů Praha bezprostředně. Je tak obecně použitelná pro aktuální data i pro budoucí aplikace. Aplikace je rozdělena na dva hlavní panely, první je určen pro zpracování dat vývoje indexů PX, PX-TR a PX-GLOB, druhý pro zpracování souborů denních kurzovních lístků. Kurzovní lístky Burzy cenných papírů Praha obsahují obvykle přes dvě stě titulů cenných papírů. Aplikace umožňuje zobrazit a analyzovat jakýkoliv vybraný titul řazený dle ISIN nebo dle oficiálního názvu titulu. Aplikace dále umožňuje modelovat potenciálně možný budoucí vývoj cenných papírů nebo zpětně testovat správnost nastavení parametrů simulací. Je možné nastavit velký počet simulací, a odhadovat tak z tohoto počtu současně zobrazených realizací vývoje cenných papírů pravděpodobný vývoj. Aplikace umožňuje nastavit parametry i zcela libovolně dle přání uživatele a modelovat tak možný vývoj cenných papírů dle kvalifikovaného odhadu uživatele. Cílem aplikace však není predikovat vývoj cenných papírů, ale pouze modelovat možný vývoj na základě náhodné veličiny s normálním rozdělením a poskytnou uživateli představu o rozptylu možných realizací grafickou formou.

Pro správu citací podle normy ČSN ISO 690 byl použit oficiální citační manažer Citace PRO VUT³⁷.

³⁷ Citace PRO VUT [online].

Seznam použitých zdrojů

ANDĚL, Jiří. *Matematická statistika*. Praha: SNTL, 1985.

BCPP. *Pravidla pro výpočet indexu PX-GLOB Burzy cenných papírů Praha, a.s.* verze 1.0. Praha, 2012, 17 s.

BCPP. *Burza cenných papírů Praha, a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.bcpp.cz>

BCPP. *Pravidla pro výpočet indexů PX a PX - TR Burzy cenných papírů Praha.* Verze 1. 3. Praha, 2014, 21 s.

BSE. *Budapesti Értéktőzsde* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://bse.hu>

BusinessInfo.cz: Oficiální portál pro podnikání a export [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz>

CEESEG. *CEE Stock Exchange Group* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.ceeseg.com>

Cenné papíry [online]. 2009 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.cennypapir.cz>

Citace PRO VUT [online]. 2012 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz>

Cybernet Systems Co. Ltd. [online]. 2014 [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.cybernet.co.jp/english/>

Czech Software First [online]. 2014 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.maplesoft.cz>

Český statistický úřad [online]. 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/>

ČNB. *Česká národní banka* [online]. 2014 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz>

HRDLIČKOVÁ, Zuzana. *Náhodná veličina a její charakteristiky*. Brno, 2006. Výukové texty. FSI VUT v Brně.

CHVÁTALOVÁ, Zuzana. *Malý Maple manuál: Vybrané prostředky pro ekonomické modelování se systémem Maple* [online]. 2008 [cit. 2013-10-23]. Dostupné z: http://www.maplesoft.cz/sites/default/files/img/manual_chvatalova.pdf

KROPÁČ, Jiří. *Statistika: A náhodné jevy, náhodné veličiny, náhodné vektory, indexní analýza, rozhodování za rizika*. 2. vyd. Brno: J. Kropáč, 2007, vi, 151 s. ISBN 978-80-214-3194-2.

KŘIVÁNKOVÁ, Lenka. *Stochastické procesy ve finanční matematice*. Brno, 2007. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita.

LJSE. *Ljubljanska borza* [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.ljse.si>

Maplesoft [online]. 2014 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.maplesoft.com>

Měšec.cz [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://trhy.mesec.cz>

MFCR. *Ministerstvo financí České republiky* [online]. 2014 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.mfcr.cz/>

REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy*. 2., rozš. vyd. Ostrava: Key Publishing, 2010, 659 s. ISBN 9788074180804.

RM-SYSTÉM: *česká burza cenných papírů a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.rmsystem.cz>

Wiener Börse [online]. 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.wienerborse.at>

Zákon č. 591/1992 Sb. Zákon České národní rady o cenných papírech. In: 591/1992 Sb. 1992.

Zákon č. 89/2012 Sb. občanský zákoník. In: 89/2012 Sb. 2012.

Seznam použitých zkratk a symbolů

$AF(t)$	koeficient zřetězení v čase t
B_t	Brownův pohyb
$BaseValue$	výchozí hodnota
BCPP	Burza cenných papírů Praha (PSE – Prague Stock Exchange)
BSE	Budapest Stock Exchange – Budapešťská burza
CEESEG	Central and Eastern Europe Stock Exchange Group – skupina středoevropských burz
CZEONIA	CZEch OverNight Index Average – referenční úroková sazba
ČNB	Česká národní banka
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
D_i	hrubá dividenda i -té emise,
$D(X)$	rozptyl náhodné veličiny X
$E(X)$	střední hodnota náhodné veličiny X
$f(x)$	hustota spojité náhodné veličiny X
$F(X)$	distribuční funkce náhodné veličiny X
FF_i	Free Float faktor - podíl volně obchodovatelných akcií
FTP	File Transport Protokol – protokol pro přenos souborů mezi počítači prostřednictvím internetu
HDP	hrubý domácí produkt

ISIN	International Securities Identification Number – mezinárodní identifikační číslo cenného papíru
LJSE	Ljubljana Stock Exchange – Lublaňská burza
<i>MarketCap</i>	tržní kapitalizace
MFČR	Ministerstvo financí České republiky
$N(t)$	označuje počet bazických emisí indexu v čase t
Ω	množina elementárních jevů
$\sigma(X)$	směrodatná odchylka náhodné veličiny X
$p(x)$	pravděpodobnostní funkce náhodné veličiny X
P_i	kurz i -té bazické emise indexu
PSE	Prague Stock Exchange – Burza cenných papírů Praha
PX	oficiální cenový index Burzy cenných papírů Praha
PX-GLOB	oficiální cenový index se širokouází Burzy cenných papírů Praha
PX-TR	oficiální dividendový index Burzy cenných papírů Praha
Q_i	počet cenných papírů i -té bazické emise
$\mathbb{R}$	obor reálných čísel
RF_i	redukční faktor
<i>StartCap</i>	počáteční kapitalizace
T	časová osa
$X(\omega)$	číselná realizace náhodné veličiny
$\mathbb{Z}$	obor celých čísel

Seznam obrázků, grafů, tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma trhu (Zdroj: BCPP).	13
Obrázek 2 Složení báze indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).	15
Obrázek 3 Složení báze indexu PX-GLOB (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP). ..	18
Obrázek 4 Vývoj indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).	29
Obrázek 5 Vývoj indexu PX-TR (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).	30
Obrázek 6 Vývoj indexu PX-GLOB (Zdroj: vlastní zpracování dle dat BCPP).	30
Obrázek 7 Měsíční vývoj meziročního indexu spotřebitelských cen (Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČSÚ).	31
Obrázek 8 Vývoj referenční úrokové sazby CZEONIA (Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČNB).	32
Obrázek 9 Vývoj HDP ve stálých cenách, meziroční indexy, sezónně očištěno (Zdroj: vlastní zpracování dle dat ČSÚ)	33
Obrázek 10 Strom kořenového adresáře FTP serveru BCPP (Zdroj: vlastní zpracování).	34
Obrázek 11 Grafické uživatelské rozhraní Maplet (Zdroj: vlastní zpracování).	35
Obrázek 12 Ovládací panel PX (Zdroj: vlastní zpracování).	36
Obrázek 13 Dialogové okno pro výběr souboru „PX*.csv“ (Zdroj: vlastní zpracování).	37
Obrázek 14 Ukázka analýzy dat indexu PX (Zdroj: vlastní zpracování).	38
Obrázek 15 Celkový výsledek simulace (Zdroj: vlastní zpracování).	39
Obrázek 16 Ovládací panel Cenné papíry (Zdroj: vlastní zpracování).	40
Obrázek 17 Dialogové okno pro výběr souboru „AK*.csv“ (Zdroj: Vlastní zpracování).	41
Obrázek 18 Výsledek simulace pro ČEZ (Zdroj: vlastní zpracování).	42
Obrázek 19 Vývojový diagram procedury „NactiPX“ (Zdroj: vlastní zpracování).	44
Obrázek 20 Vývojový diagram procedury PlotPX (Zdroj: vlastní zpracování).	45
Obrázek 21 Vývojový diagram procedury „AnalyzaPX“ (Zdroj: vlastní zpracování)...	46

Obrázek 22 Vývojový diagram procedury „SimulaceBM“ (Zdroj: vlastní zpracování).	47
Obrázek 23 Vývojový diagram procedury „NactiNazvy“ (Zdroj: vlastní zpracování).	48
Obrázek 24 Vývojový diagram procedury „ChangeISINcp“ (Zdroj: vlastní zpracování).	49
Obrázek 25 Vývojový diagram procedury „NactiDATAsouboru“ (Zdroj: vlastní zpracování).	51
Obrázek 26 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro modelování budoucnosti (Zdroj: vlastní zpracování).	52
Obrázek 27 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro ověření významu trendu (Zdroj: vlastní zpracování).	53
Obrázek 28 Ukázka funkce aplikace na indexu PX-GLOB pro ověření Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).	54

Seznam tabulek

Tabulka 1 Seznam členů burzy (Zdroj: BCPP).	12
Tabulka 2 Přístupové údaje k FTP serveru BCPP.	34
Tabulka 3 Parametry simulace Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).	39
Tabulka 4 Parametry simulace Brownova pohybu (Zdroj: vlastní zpracování).	42
Tabulka 5 Formát souboru PX*.csv (Zdroj: vlastní zpracování).	43

Seznam příloh

Příloha A1: Báze indexu PX a PX-TR ke dni 12. 5. 2014

Příloha A2: Báze indexu PX-GLOB ke dni 12. 5. 2014

Příloha A3: Seznam kótovaných investičních nástrojů ke dni 26. 5. 2014

Příloha A4: Burzovní obchody a registr. OTC obchody: formát souboru AKrmmdd.csv

Optický disk se zdrojovými texty programu Maple a daty

Příloha A1: Báze indexu PX a PX-TR ke dni 12. 5. 2014

Název	ISIN	Počet cenných papírů uplatněných ve výpočtu	Free Flow Faktor	Redukční faktor	Redukovaná tržní kapitalizace [mil. Kč]	Podíl na tržní kapitalizaci [%]
ČEZ	CZ0005112300	537 989 759	0,40	0,54	68 689,2	22,28
VIG	AT0000908504	128 000 000	0,50	0,96	63 651,8	20,65
ERSTE GROUP BANK	AT0000652011	429 800 000	0,80	0,26	58 690,0	19,04
KOMERČNÍ BANKA	CZ0008019106	38 009 852	0,40	0,85	58 413,5	18,95
TELEFÓNICA C.R.	CZ0009093209	315 648 092	0,20	1,00	19 128,3	6,21
STOCK	GB00BF5SDZ96	200 000 000	0,50	1,00	9 800,0	3,18
UNIPETROL	CZ0009091500	181 334 764	0,30	1,00	7 719,4	2,50
PHILIP MORRIS ČR	CS0008418869	1 913 698	0,30	1,00	5 942,0	1,93
PEGAS NONWOVENS	LU0275164910	9 229 400	1,00	1,00	5 491,5	1,78
CETV	BMG200452024	134 489 185	0,50	1,00	3 873,3	1,26
FORTUNA	NL0009604859	52 000 000	0,40	1,00	2 645,8	0,86
TMR	SK1120010287	6 707 198	0,50	1,00	1 861,2	0,60
NWR	GB00B42CTW68	264 648 002	0,40	1,00	1 344,4	0,44
ORCO	LU0122624777	114 507 629	0,50	1,00	1 010,5	0,33
Celkem					308 261,1	100,00

(Zdroj: Burza cenných papírů Praha)

Příloha A2: Báze indexu PX-GLOB ke dni 12. 5. 2014

Název	ISIN	Počet cenných papírů uplatněných ve výpočtu	Free Flow Faktor	Redukční faktor	Redukovaná tržní kapitalizace [mil. Kč]	Podíl na tržní kapitalizaci [%]
ČEZ	CZ0005112300	537 989 759	1,00	0,60	185 251,4	21,72
KOMERČNÍ BANKA	CZ0008019106	38 009 852	1,00	1,00	173 477,0	20,34
ERSTE GROUP BANK	AT0000652011	429 800 000	1,00	0,56	157 265,5	18,44
VIG	AT0000908504	128 000 000	1,00	1,00	134 528,0	15,77
TELEFÓNICA C.R.	CZ0009093209	315 648 092	1,00	1,00	92 800,5	10,88
UNIPETROL	CZ0009091500	181 334 764	1,00	1,00	25 096,7	2,94
PHILIP MORRIS ČR	CS0008418869	1 913 698	1,00	1,00	19 829,7	2,33
STOCK	GB00BF5SDZ96	200 000 000	1,00	1,00	19 480,0	2,28
CETV	BMG200452024	134 489 185	1,00	1,00	7 558,3	0,89
FORTUNA	NL0009604859	52 000 000	1,00	1,00	6 666,4	0,78
VGP	BE0003878957	18 583 050	1,00	1,00	6 504,1	0,76
PEGAS NONWOVENS	LU0275164910	9 229 400	1,00	1,00	5 474,0	0,64
ENERGOCHEMICA	CZ0008467818	1 500 000	1,00	1,00	3 810,0	0,45
TMR	SK1120010287	6 707 198	1,00	1,00	3 689,0	0,43
NWR	GB00B42CTW68	264 648 002	1,00	1,00	2 871,4	0,34
ORCO	LU0122624777	114 507 629	1,00	1,00	1 797,8	0,21
ENERGOAQUA	CS0008419750	701 000	1,00	1,00	1 528,2	0,18
Pokračování tabulky na další stránce.						

Název	ISIN	Počet cenných papírů uplatněných ve výpočtu	Free Flow Faktor	Redukční faktor	Redukovaná tržní kapitalizace [mil. Kč]	Podíl na tržní kapitalizaci [%]
PRAŽSKÉ SLUŽBY	CZ0009055158	1 556 125	1,00	0,94	1 462,8	0,17
RMS MEZZANINE	CS0008416251	1 065 071 134	1,00	1,00	1 171,6	0,14
TOMA	CZ0005088559	1 477 266	1,00	1,00	1 212,8	0,14
BOREALIS	GI000A1J9JJ0	5 000 000	1,00	1,00	900,0	0,11
JÁCHYMOV PM	CS0008446753	323 867	1,00	1,00	259,1	0,03
E4U	CZ0005123620	2 391 640	1,00	1,00	174,6	0,02
VET ASSETS	CZ0005005850	2 444 052	1,00	1,00	7,3	0,00
Celkem					852 816,1	100

(Zdroj: Burza cenných papírů Praha)

Příloha A3: Seznam kótovaných investičních nástrojů
ke dni 26. 5. 2014

Název emise	ISIN	Emitent
ABS JETS 6,50/16	CZ0003501769	ABS Jets, a.s.
BIGBOARD 7,00/17	CZ0003502312	BigBoard Praha a.s.
BOREALIS	GI000A1J9JJ0	Borealis Exploration Limited
BRENT CRUDE OIL	AT0000489778	Raiffeisen Centrobank AG
BRENT INDEX SHORT	AT0000A07SD6	Raiffeisen Centrobank AG
BRENT TL	AT0000A0CU64	Raiffeisen Centrobank AG
BRENT TL+	AT0000A0BNV7	Raiffeisen Centrobank AG
BRENT TS 151,07	AT0000A09JM2	Raiffeisen Centrobank AG
CECEXT	AT0000A00M07	Raiffeisen Centrobank AG
CEETX INDEX LONG	AT0000A0F7M9	Raiffeisen Centrobank AG
CEETX TL 800	AT0000A0F7K3	Raiffeisen Centrobank AG
CETELEM ČR VAR/16	CZ0003510844	CETELEM ČR, a.s.
CETV	BMG200452024	CENTRAL EUROPEAN MEDIA ENTERPRISES LTD.
CEZ TS 1050	AT0000A0SBB8	Raiffeisen Centrobank AG
CEZ TS 980	AT0000A0SBC6	Raiffeisen Centrobank AG
CPI 6,05/16	CZ0003510646	Czech Property Investments, a.s.
CPI ALFA 5,50/17	CZ0003502205	CPI Alfa, a.s.
CPI BYTY 2,50/15	CZ0003510679	CPI BYTY, a.s.
CPI BYTY 3,50/17	CZ0003510687	CPI BYTY, a.s.
CPI BYTY 4,80/19	CZ0003510695	CPI BYTY, a.s.
CPI BYTY 4,80/19	CZ0003511412	CPI BYTY, a.s.
CPI BYTY 5,80/21	CZ0003510703	CPI BYTY, a.s.
CPI VAR/15	CZ0003501835	Czech Property Investments, a.s.
CPI VAR/19	CZ0003501843	Czech Property Investments, a.s.
CPI VAR/19	CZ0003501868	Czech Property Investments, a.s.
CTX	AT0000454186	Raiffeisen Centrobank AG
ČESKÉ DRÁHY VAR/18	CZ0003510885	České dráhy, a.s.
ČEZ	CZ0005112300	ČEZ, a.s.
ČP 1,83/17	CZ0003703555	Česká pojišťovna a.s.
ČS KOMB/17	CZ0003701054	Česká spořitelna, a.s.
ČSOB VAR/18	CZ0003701799	Československá obchodní banka, a. s.

Název emise	ISIN	Emitent
DAIREWA I 5,80/15	CZ0000000385	DAIREWA PLC
DAIREWAI 5,40/15	CZ0000000401	DAIREWA PLC
DAIREWAI 5,40/15	CZ0000000419	DAIREWA PLC
DALKIA ČR 4,24/15	CZ0003501603	Dalkia Česká republika, a.s.
DAX INDEX LONG	AT0000A04QY3	Raiffeisen Centrobank AG
DIAMOND 4,00/24	CZ0003510851	DIAMOND POINT, a.s.
DJ EURO STOXX 50	AT0000340146	Raiffeisen Centrobank AG
E4U	CZ0005123620	E4U a.s.
EB CEZ BC1	AT0000A11BS2	Erste Group Bank AG
EB CEZ BC2	AT0000A15Q97	Erste Group Bank AG
EB CEZ TL4	AT0000A142Z9	Erste Group Bank AG
EB CEZ TL6	AT0000A163D2	Erste Group Bank AG
EB CEZ TS4	AT0000A14362	Erste Group Bank AG
EB DAX TL4	AT0000A142R6	Erste Group Bank AG
EB DAX TL6	AT0000A17QU3	Erste Group Bank AG
EB DAX TS4	AT0000A142S4	Erste Group Bank AG
EB DAX TS5	AT0000A157Y0	Erste Group Bank AG
EB EGB BC1	AT0000A12XU0	Erste Group Bank AG
EB EGB TL2	AT0000A142V8	Erste Group Bank AG
EB EGB TS4	AT0000A163E0	Erste Group Bank AG
EB ES50 BC1	AT0000A13MT3	Erste Group Bank AG
EB EURCZK TL2	AT0000A14370	Erste Group Bank AG
EB EURCZK TS2	AT0000A11EK3	Erste Group Bank AG
EB EURCZK TS3	AT0000A13PY6	Erste Group Bank AG
EB EURCZK TS4	AT0000A143A0	Erste Group Bank AG
EB GBPCZK TL2	AT0000A14388	Erste Group Bank AG
EB GBPCZK TS2	AT0000A143B8	Erste Group Bank AG
EB GLD BC2	AT0000A147K0	Erste Group Bank AG
EB GLD IC2	AT0000A16375	Erste Group Bank AG
EB GLD TL6	AT0000A143D4	Erste Group Bank AG
EB GLD TL7	AT0000A16383	Erste Group Bank AG
EB GLD TS6	AT0000A16391	Erste Group Bank AG
EB GLD TS7	AT0000A163A8	Erste Group Bank AG
EB KOM TL3	AT0000A14313	Erste Group Bank AG
EB KOM TS1	AT0000A17QT5	Erste Group Bank AG
EB S&P500 TL1	AT0000A17QY5	Erste Group Bank AG
EB S&P500 TL2	AT0000A17QZ2	Erste Group Bank AG
EB S&P500 TS1	AT0000A17R03	Erste Group Bank AG

Název emise	ISIN	Emitent
EB S&P500 TS2	AT0000A17R11	Erste Group Bank AG
EB SIL TL4	AT0000A143E2	Erste Group Bank AG
EB SIL TL5	AT0000A17QW9	Erste Group Bank AG
EB SIL TS5	AT0000A163B6	Erste Group Bank AG
EB SX6P BC1	AT0000A15393	Erste Group Bank AG
EB USDCZK TL2	AT0000A14396	Erste Group Bank AG
EB USDCZK TS2	AT0000A11EL1	Erste Group Bank AG
EB USDCZK TS3	AT0000A143C6	Erste Group Bank AG
EB USDCZK TS5	AT0000A178E8	Erste Group Bank AG
EB VIG BC1	AT0000A17BA7	Erste Group Bank AG
EB WTI BC2	AT0000A147L8	Erste Group Bank AG
EB WTI BC3	AT0000A174N8	Erste Group Bank AG
EB WTI TL4	AT0000A143H5	Erste Group Bank AG
EB WTI TL5	AT0000A17QX7	Erste Group Bank AG
EB WTI TS7	AT0000A163C4	Erste Group Bank AG
EIB 0,00/23	CZ0000000104	European Investment Bank
EIB 6,50/15	CZ0000000054	European Investment Bank
EIB VAR/18	CZ0000000179	European Investment Bank
EIB VAR/18	CZ0000000187	European Investment Bank
ENERGOAQUA	CS0008419750	Energoaqua, a.s.
ENERGOCHEMICA	CZ0008467818	ENERGOCHEMICA SE
ERSTE GROUP BANK	AT0000652011	Erste Group Bank AG
ERSTE TL 220	AT0000A0SAR6	Raiffeisen Centrobank AG
FORTUNA	NL0009604859	Fortuna Entertainment Group N.V.
GOLD	AT0000489398	Raiffeisen Centrobank AG
GOLD INDEX SHORT	AT0000A0AN24	Raiffeisen Centrobank AG
GOLD TURBO LONG	AT0000A00BQ9	Raiffeisen Centrobank AG
GREENVALE VAR/19	CZ0003501637	AQUAPALACE, a.s.
HL.M.PRAHA 4,25/21	CZ0001500110	HLAVNÍ MĚSTO PRAHA
HOME CR. BV0,00/15	CZ0000000245	Home Credit B.V.
HOME CR.BV 6,25/16	CZ0000000260	Home Credit B.V.
HZL ČMHB VAR/15	CZ0002000656	Hypoteční banka, a.s.
HZL ČS 3,65/14	CZ0002000904	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS 4,50/15	CZ0002001068	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS 4,75/15	CZ0002000623	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS 4,80/16	CZ0002000755	Česká spořitelna, a.s.

Název emise	ISIN	Emitent
HZL ČS 5,85/17	CZ0002001423	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS 5,90/17	CZ0002001282	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS 6,15/23	CZ0002001415	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS VAR/14	CZ0002001274	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS VAR/14	CZ0002001084	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS VAR/17	CZ0002001134	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS VAR/22	CZ0002001191	Česká spořitelna, a.s.
HZL ČS VAR/22	CZ0002001407	Česká spořitelna, a.s.
HZL EBANKA 5,30/14	CZ0002001316	Raiffeisenbank a.s.
HZL EBANKA 6,00/17	CZ0002001696	Raiffeisenbank a.s.
HZL HB 1,22/15	CZ0002002793	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB 1,75/15	CZ0002002538	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB 3,32/16	CZ0002002348	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB VAR/37	CZ0002001308	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB VAR/37	CZ0002001266	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB VAR/37	CZ0002001712	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB VAR/37	CZ0002001720	Hypoteční banka, a.s.
HZL HB VAR/37	CZ0002001183	Hypoteční banka, a.s.
HZL HVB 4,50/15	CZ0002000649	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL HVB 5,00/25	CZ0002000680	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL KB 2,55/22	CZ0002002801	Komerční banka, a.s.
HZL KB 4,40/15	CZ0002000664	Komerční banka, a.s.
HZL KB VAR/15	CZ0002000565	Komerční banka, a.s.
HZL KB VAR/18	CZ0002003064	Komerční banka, a.s.
HZL RBCZ 3,00/16	CZ0002002405	Raiffeisenbank a.s.
HZL RBCZ 5,10/17	CZ0002001670	Raiffeisenbank a.s.
HZL RBCZ 5,50/17	CZ0002001928	Raiffeisenbank a.s.
HZL SB CZ 2,30/18	CZ0002003254	Sberbank CZ, a.s.
HZL UCB 2,00/18	CZ0002003262	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL UCB 2,00/20	CZ0002003080	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL UCB 3,04/28	CZ0002003114	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL UCB 6,00/18	CZ0002002520	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL UCB VAR/20	CZ0002003148	UniCredit Bank Czech Republic and

Název emise	ISIN	Emitent
		Slovakia, a.s.
HZL UCB VAR/37	CZ0002001910	UniCredit Bank Czech Republic and Slovakia, a.s.
HZL VB CZ 3,20/16	CZ0002002611	Sberbank CZ, a.s.
HZL VB CZ VAR/17	CZ0002002454	Sberbank CZ, a.s.
HZL WHB 0,00/14	CZ0002002355	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 1,53/18	CZ0002003544	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 1,79/19	CZ0002003551	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 2,24/15	CZ0002002652	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 2,84/17	CZ0002002686	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 3,36/18	CZ0002002702	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 3,774/14	CZ0002002090	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 3,98/19	CZ0002002728	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB 4,30/20	CZ0002002736	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
HZL WHB VAR/15	CZ0002002223	Wüstenrot hypoteční banka a.s.
INDUSTRY BASKET	AT0000A07N66	Raiffeisen Centrobank AG
ING BANK 4,50/19	CZ0000000039	ING Bank N.V.
ISTROKAP.CZ10,0/16	CZ0003501694	ISTROKAPITAL CZ a.s.
JÁCHYMOV PM	CS0008446753	Jáchymov Property Management, a.s.
JTFG I 6,40/14	CZ00000000252	J&T Global Finance I., B.V.
KOFOLO VAR/18	CZ00000000351	Kofola S.A.
KOMB TL 2000	AT0000A0SAY2	Raiffeisen Centrobank AG
KOMB TL 2300	AT0000A0SAX4	Raiffeisen Centrobank AG
KOMERČNÍ BANKA	CZ0008019106	Komerční banka, a.s.
LEO EXPRESS7,50/17	CZ0003502288	LEO Express a.s.
LIBEREC VAR/25	CZ0001500102	STATUTÁRNÍ MĚSTO LIBEREC
NWR	GB00B42CTW68	New World Resources Plc
O2 TL 230	AT0000A0SB85	Raiffeisen Centrobank AG
O2 TS 500	AT0000A0SBJ1	Raiffeisen Centrobank AG
O2 TS 540	AT0000A0SBK9	Raiffeisen Centrobank AG
ORCO	LU0122624777	Orco Property Group S.A.
ORCO VAR/20	CZ00000000195	Orco Property Group S.A.
PEGAS NONWOVENS	LU0275164910	PEGAS NONWOVENS SA
PHILIP MORRIS ČR	CS0008418869	Philip Morris ČR a.s.
PRAŽSKÉ SLUŽBY	CZ0009055158	Pražské služby, a.s.
RDX	AT0000481221	Raiffeisen Centrobank AG
RMS MEZZANINE	CS0008416251	RMS Mezzanine, a.s.

Název emise	ISIN	Emitent
ROTX INDEX LONG	AT0000481403	Raiffeisen Centrobank AG
S-BOX DIMAX	AT0000A04KP4	Raiffeisen Centrobank AG
SD K11 4,60/14	CZ0000700489	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K11 4,70/18	CZ0000701412	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K11 4,85/18	CZ0000701578	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K12 4,20/18	CZ0000700943	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K12 4,70/19	CZ0000701420	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K12 4,85/19	CZ0000701586	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K13 3,75/18	CZ0000700794	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K13 4,20/19	CZ0000700950	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K14 3,75/19	CZ0000700802	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K15 4,20/21	CZ0000700976	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K15 4,70/22	CZ0000701453	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K15 4,85/22	CZ0000701610	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K16 4,20/22	CZ0000700984	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K16 4,85/23	CZ0000701628	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K17 4,20/23	CZ0000700992	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K17 4,85/24	CZ0000701636	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K18 4,20/24	CZ0000701008	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K7 4,70/14	CZ0000701370	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K7 4,85/14	CZ0000701537	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K8 4,20/14	CZ0000700901	Česká republika - Ministerstvo financí
SD K9 3,75/14	CZ0000700752	Česká republika - Ministerstvo financí
SD34 KUP14 6,95/15	CZ0000700141	Česká republika - Ministerstvo

Název emise	ISIN	Emitent
		financí
SETX INDEX LONG	AT0000A00BF2	Raiffeisen Centrobank AG
SM VAK OVA 5,00/15	CZ0003501462	Severomoravské vodovody a kanalizace Ostrava a.s.
ST.DLUHOP. 0,50/16	CZ0001003842	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 0,85/18	CZ0001004246	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 1,50/19	CZ0001003834	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 2,40/25	CZ0001004253	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 2,50/28	CZ0001003859	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 3,40/15	CZ0001002737	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 3,75/20	CZ0001001317	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 3,80/15	CZ0001001143	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 3,85/21	CZ0001002851	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 4,00/17	CZ0001001903	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 4,20/36	CZ0001001796	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 4,60/18	CZ0001000822	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 4,70/22	CZ0001001945	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 4,85/57	CZ0001002059	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 5,00/19	CZ0001002471	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 5,70/24	CZ0001002547	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. 6,95/16	CZ0001000749	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. VAR/16	CZ0001002331	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. VAR/17	CZ0001003438	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. VAR/23	CZ0001003123	Česká republika - Ministerstvo financí
ST.DLUHOP. VAR/27	CZ0001004105	Česká republika - Ministerstvo

Název emise	ISIN	Emitent
		financí
STOCK	GB00BF5SDZ96	STOCK SPIRITS GROUP PLC
TELEFÓNICA C.R.	CZ0009093209	Telefónica Czech Republic, a.s.
TMR	SK1120010287	Tatry mountain resort, a.s.
TOMA	CZ0005088559	TOMA, a.s.
TRIANON 2,964/18	CZ0003511107	Trianon Building Prague s.r.o.
UNIPETROL	CZ0009091500	UNIPETROL, a.s.
VET ASSETS	CZ0005005850	VET ASSETS a.s.
VGP	BE0003878957	VGP NV
VIG	AT0000908504	VIENNA INSURANCE GROUP
WÜST.ST.SP.VAR/20	CZ0003702276	Wüstenrot - stavební spořitelna a.s.
ZONER SOF.10,00/14	CZ0003501660	ZONER software, a.s.

**Příloha A4: Burzovní obchody a registrované. OTC obchody:
formát souboru AKrrmdd.csv**

	typ pole	délka pole	desetinných míst
Kód cenného papíru (ISIN)	text	12	
Název cenného papíru	text	18	
BIC	text	8	
Datum burzovního dne D	datum		
Závěrečný kurz	číslo	13	2
Změna dnešní/předchozí v %	číslo	7	2
Předchozí kurz	číslo	13	2
Minimální kurz za poslední rok	číslo	13	2
Maximální kurz za poslední rok	číslo	13	2
Počet zobchodovaných cenných papírů	číslo	11	0
Objem obchodů	číslo	17	2
Datum posledního obchodu	datum		
Obchodní skupina	text	1	
Mód obchodování	text	1	
Kód trhu	text	1	
Denní minimální cena	číslo	13	2
Denní maximální cena	číslo	13	2
Otevírací cena	číslo	13	2
Velikost lotu	číslo	5	0