

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Diplomová práce

Statistická analýza vývoje vybraných druhů akcií

Bc. Pavel Bělavský

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra statistiky

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bělavský Pavel

Provoz a ekonomika

Název práce

Statistická analýza vývoje vybraných druhů akcií

Anglický název

Statistical analysis of selected stock types development

Cíle práce

Cílem diplomové práce je analýza vývoje vybraných druhů akcií pomocí statistických metod a odhad jejich vývoje pro nejbližší období.

Metodika

Při hodnocení vývoje akcií budou použity statistické metody z oblasti analýzy časových řad.

Harmonogram zpracování

Zpracování literární rešerše: 06/2012

Sběr podkladových údajů: 07/2012 – 10/2012

Statistické zpracování dat a vyhodnocení výsledků: 11/2012 – 03/2013

Odevzdání práce: 03/2013

Rozsah textové části

60 - 80 stran

Klíčová slova

akcie, akciový trh, cena akcie, burza, časová řada, trend, předpověď

Doporučené zdroje informací

Hindls, R., Hronová, S., Seger, J.: Statistika pro ekonomy, 8. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-43-6

Hladík, R.: Trhy cenných papírů (akcie a dluhopisy). Ústí nad Labem: Reneco, 2009. ISBN 978-80-86563-24-4

Jílek, J.: Finanční trhy pro národohospodáře. Praha: VŠE, 1997. ISBN 80-7079-860-2

Jílek, J.: Akciové trhy a investování. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2963-3

Musílek, P.: Finanční trhy: instrumenty, instituce management. Praha: VŠE, 1996. ISBN 80-7079-726-6

Rejnuš, O.: Teorie a praxe obchodování s cennými papíry. Praha: Computer Press, 2001. ISBN 80-7226-571-7

Pavlát, V. a kol.: Kapitálové trhy. Praha: Professional Publishing, 2005. ISBN 80-86419-87-8

Musílek, P.: Trhy cenných papírů. Praha: Ekopress, 2002. ISBN 80-86119-55-6

Svatošová, L., Kába, B.: Statistické metody II. Praha: PEF ČZU, 2008. ISBN 978-80-213-1736-9

Rose, P.S.: Peněžní a kapitálové trhy. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85605-52-X

Krabec, J.: Finanční trhy – funkce, analytické metody, investiční management. Praha: Bankovní institut vysoká škola, 2002. ISBN 80-7265-050-5

Říha, J.: Technická analýza cenných papírů. Praha: Comenia Nova, 1994. ISBN 80-904784-0-5

Trešl, J.: Statistické metody a kapitálové trhy. Praha: VŠE, 1996. ISBN 80-7079-911-0

Vedoucí práce

Hošková Pavla, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2014

Kába

doc. RNDr. Bohumil Kába, CSc.

Vedoucí katedry



J. Hron

prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

V Praze dne 29.10.2013

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma “Statistická analýza vývoje cen akcií ČEZ, a.s. a Komerční Banky, a.s.” jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.08 2014

Bc. Pavel Bělavský

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Pavle Hoškové, Ph.D , za její odborné vedení, cenné rady, doporučení a pomoc, při zpracování této diplomové práce.

Statistická analýza vývoje vybraných druhů akcií

Statistical analysis of selected stock types development

Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na analýzu cen akcií energetické společnosti ČEZ, a.s., a bankovní společnosti Komerční banka, a.s. na vzorku ročních denních kurzů a na predikci pomocí autokoleračních metod pro jednorozměrné časové řady ve funkci na Box-Jenkisovu metodu. Pro analýzu jsou použity zavírací denní kurzy výše uvedených společností na Burze cenných papírů Praha, a.s., v období od 2. května 2013 do 2. května 2014. Před samotnou analýzou dat byla provedena vizuální kontrola průběhu řady, včetně komentářů k možným příčinám změn kurzu a následně byly vypočteny elementární charakteristiky pro měsíční hodnoty kurzů. Vždy byl vybrán poslední den v měsíci, kdy byla akcie obchodována. Vlastní zpracování časových řad bylo provedeno pomocí statistického softwaru STATISTICA 12. Byl vytvořen a diagnostikován model ARIMA (3, 1, 0) pro řadu ČEZ, a.s. a model ARIMA (0, 1, 3) pro Komerční banku, a.s. Oba diagnostikované modely po následném zhodnocení výsledků analýzy byly vyhodnoceny jako vyhovující pro následnou predikci budoucích hodnot.

Klíčová slova

Akcie, burza, Box- Jenkinsova metodologie , model, časová řada, analýza.

Summary

The thesis is focused on the analysis of stock prices from CEZ, SpA, banking company Komerční banka, SpA and their subsequent prediction using methods for univariate time series, namely the Box-Jenkins methodologies. For the analysis are used daily closing rates above companies on the Prague Stock Exchange, as in the period from 2 May 2013 to May 2, 2014. Before the analysis was visually inspected during the series, including comments on the possible causes of exchange rate changes and subsequently were calculated elemental characteristics for the monthly rate values, has always been taken the last day of the month in which the shares traded. The theory of time series analysis is described in the methodology. The processing of the time series was performed using the statistical software STATISTICA 12. Each title is processed separately. In conclusion, the described evaluation of the results of time series analysis and assessment of the appropriateness of using the selected method in problems of time series analysis of securities.

Key words

Stock, stock exchange, Box-Jenkinson methodology, model, time series, analysis.

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce.....	12
3. Literární rešerše	13
3.1 Finanční trh	13
3.2 Peněžní a kapitálový trh.....	14
3.3 Primární a sekundární trh.....	15
3.4 Akcie.....	17
3.4.1 Fundamentální analýza	20
3.4.2 Technická analýza.....	20
3.4.3 Psychologická analýza.....	22
3.4.4 Teorie efektivních trhů.....	24
3.5 Burza.....	25
3.5.1 Burza cenných papírů Praha, a.s. (BCPP)	26
3.5.1.1 SPAD	26
3.5.1.2 RM – SYSTÉM česká burza cenných papírů a.s. (RM-System).....	27
4. Metodika práce	29
4.1 Časové řady a jejich charakteristiky	29
4.1.1 Členění časových řad	29
4.1.2 Charakteristiky časových řad.....	30
4.2 Přehled základních metod analýzy časových řad	33
4.2.1 Modelování časových řad	34
• Trend (Tt).....	34
• Sezónní složka (St)	34
• Cyklická složka (Ct)	34
• Náhodná složka (ϵ t).....	35
4.2.2 Analýza neperiodických řad	35
4.2.3 Adaptivní přístupy modelování časových řad	37
4.2.4 Spektrální analýza časových řad.....	38
4.2.5 Lineárně dynamické modely.....	38
4.2.6 Box – Jenkinsova metodologie.....	38
4.2.6.1 Autokorelační vlastnosti časových řad	39
• Autokovariační a autokorelační funkce	40
• Parciální autokorelační funkce.....	41
• Bílý šum.....	41
• Logaritmická míra zisku r_t	41
4.2.6.2 Základní modely Box-Jenkinsovy metodologie	42
• Lineární proces	42
• Proces klouzavých součtů MA	43
Proces MA(1).....	43
Proces MA(2).....	44
• Autoregresní proces AR.....	44
Proces AR(1).....	45
Proces AR(2).....	45
• Smíšený proces ARMA	45

Procesy ARIMA	46
4.2.6.3 Konstrukce modelu Box – Jenkinsovy metodologie	47
4.2.6.4 Míry přesnosti pro předpovědi.....	50
5. Praktická analýza vybraných titulů akcií	52
5.1 Popis společnosti ČEZ, a.s.....	52
5.1.1 Identifikace modelu	53
5.1.2 Elementární charakteristiky	53
5.1.3 Odhad parametrů a verifikace.....	62
5.1.4 Predikce finanční časové řady ČEZ.....	63
5.1.5 Porovnání skutečných hodnot akcií ČEZ, a.s. a hodnot generovaných modelem ARIMA (3, 1, 0)	65
5.2 Popis společnosti Komerční banka, a .s. (KB, a.s.)	65
5.2.1 Identifikace modelu	67
5.2.2 Elementární charakteristiky	67
5.2.3 Odhad parametrů a verifikace.....	74
5.2.4 Predikce finanční časové řady akcií KB.....	77
5.2.5 Porovnání skutečných hodnot akcií KB, a.s. a hodnot generovaných modelem ARIMA (0, 1, 3)	78
6. Závěr	79
7. Seznam použité literatury	81
8. Seznam příloh	82

1. Úvod

Kapitálový trh je místo, kde dochází ke směně kapitálu prostřednictvím cenných papírů a jejich derivátů. Lze konstatovat, že je podmnožinou finančního trhu. Na tomto trhu na straně poptávky investoři, ať už fyzické osoby nebo finanční instituce a na straně nabídky jsou to emitenti reprezentovaní státními institucemi a podniky. Investoři na trhu mají zájem zhodnotit své volné peněžní prostředky. Emitenti vydáváním cenných papírů získávají finanční prostředky pro svoji činnost a rozvoj.

Obchodování s cennými papíry je atraktivní pro možný vysoký výnos, ale vzhledem k často vysoké volatilitě (míra kolísání aktiva resp. výnosu) volatilitě cenných papírů nese s sebou i vysokou míru rizika. Pro obchodování na kapitálovém trhu je potřebný dostatečný kapitál, který je nutnou podmínkou pro obchodování. Doporučení všech, co již obchodují na tomto trhu, je *“obchoduj jen s takovým množstvím finančních prostředků, které si můžeš dovolit ztratit”*. Vystihnout správný moment pro prodej či nákup cenného papíru je velmi obtížné a neobejde se bez analýz, které jsou pomocným nástrojem, jak se v daný moment zachovat. Akciové analýzy jsou jen vodítkem pro obchodování s cennými papíry a nejsou nikdy stoprocentní, slouží nám pouze k upřesnění odhadu termínu pro nákup či prodej cenného papíru.

Tato práce popisuje základní akciové analýzy, které mají v principu tři hlavní přístupy k oceňování akciových instrumentů. Jedná se o fundamentální analýzu, technickou analýzu a analýzu psychologickou. Nejvíce rozšířenou je fundamentální analýza, která hledá vnitřní hodnotu akcie a posuzuje ekonomická, účetní statistická data, stejně jako politické, historické a demografické faktory a zjišťuje, zda je cenný papír nadhodnocen nebo podhodnocen a podle toho se rozhoduje investor pro prodej nebo nákup cenného papíru. Technická analýza vychází ze zkoumání minulého vývoje kurzů, jejich trendů a obchodovaného objemu cenných papírů. Psychologická analýza je založena na předpokladu, že investování je ve značné míře ovlivněno emocemi. K těmto metodám můžeme zahrnout méně používanou statistickou analýzu dat. Tato práce popisuje právě statistickou analýzu dat a následnou předpověď hodnot akcií výše uvedených společností

realizovanou na bázi Box-Jenkinsovou metodou, a to formou lineárních modelů nestacionárních časových řad.

2. Cíl práce

Cílem diplomové práce je ověřit použitelnost modelu ARIMA vytvořeného Box-Jenkinsovou metodologií pro modelování stochastických procesů a následné predikce budoucích hodnot časových řad akciových kurzů energetické společnosti ČEZ, a.s. a bankovní společnosti Komerční banky, a.s. obchodovaných na Burze cenných papírů Praha, a.s.. V rámci analýzy potřebných dat a aplikace statistických metod budou vypočteny elementární charakteristiky časových řad a následně bude vytvořen předpovědní model pro generování budoucích hodnot akcií hodnocených společností. V diplomové práci budou analyzovány jednotlivé tituly samostatně. Časová řada pro oba tituly se skládá ze zavíracích denních kurzů v délce jednoho roku. V závěru práce budou shrnuty výsledky praktické části a bude zhodnocena použitelnost vybraného modelu pro tyto časové řady.

3. Literární rešerše

V literárních rešerších jsou popsány trhy, kde jsou akcie obchodovány, dále jsou popsány akcie. V této diplomové práci budou zmíněny analýzy, které jsou používány pro stanovení budoucí nebo aktuální hodnoty cenného papíru a taktéž bude popsána burza, místo, kde dochází k samotnému obchodu s cennými papíry.

3.1 Finanční trh

Finanční trh je systém institucí a instrumentů, zabezpečující pohyb peněz a kapitálu (nabízeného ve formě cenných papírů) ve všech jeho formách mezi různými ekonomickými subjekty, a to na základě poptávky a nabídky. Poptávka na finančním trhu má pro pořizovaný kapitál tři kritéria:

- *riziko*
- *likvidita*
- *výnosnost* [6]

Systém fungující tržní ekonomiky se skládá z řady subsystémů, které reprezentují objektivně existující, organické, strukturální prvky. Subsystémy se vzájemně doplňují, podmiňují a ovlivňují a hlavně při správné funkci z dlouhodobého hlediska zaručují fungování systému jako celku. [4]

Důležitost těchto subsystémů není stále stejná a neustále se mění a to z mnoha důvodů. V daném časoprostoru je však jejich množství i funkce danou veličinou, která když chybí nebo se změní a to i velmi málo, může daný systém rozkolísat. Nejčastější subsystémy jsou:

- *trh spotřebních statků a služeb*
- *trh výrobních faktorů*
- *trh kapitálu*
- *trh informací* [4]

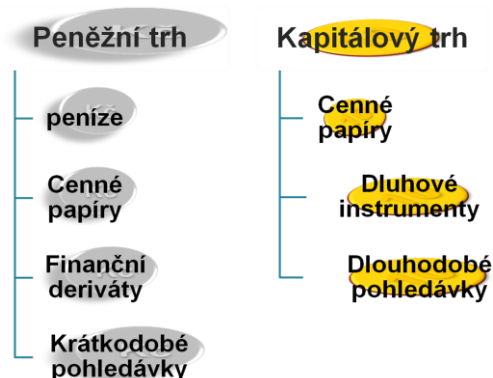
Subsystémy se odlišují hlavně předmětem koupě a prodeje na daném trhu a zároveň mají řadu společných nebo velmi podobných charakteristik. Jednou z hlavních společných charakteristik je, že směna se uskutečňuje pomocí peněz. Nicméně velmi často dochází k situacím, kdy peníze nemohou plnit svojí základní funkci, kterou je prostředek směny. Dochází k tomu tehdy, když peníze nejsou ve správném množství na požadovaném místě v požadovaném čase. K zamezení těmto negativním vlivům je potřeba neustálého toku peněz. [5] Hlavním úkolem finančních trhů je tudíž zajistit přesun volných finančních prostředků od subjektů, které s nimi disponují, k subjektům deficitním a tím umožnit jejich efektivní využití a následně tak napomoci správnému vývoji ekonomiky. [4] Mezi hlavní funkce finančního trhu lze uvést:

- *soustředování dočasně volných zdrojů peněžních prostředků*
- *rozmísťování a alokace volných zdrojů z hlediska efektivnosti jejich využití*
- *transformace zdrojů na investice*
- *funkce likvidity* [4]

3.2 Peněžní a kapitálový trh

Podle doby splatnosti emitovaných a obchodovaných cenných papírů dělíme trhy cenných papírů na *kapitálový a peněžní trh*. Peněžní trh je složka finančního trhu, kde aktiva představují krátkodobé půjčky (s dobou splatnosti rok a méně). Kapitálový trh je místo, kde dochází ke směně kapitálu prostřednictvím cenných papírů a jejich derivátů.

Obr. - Schéma peněžního a kapitálového trhu



Na *kapitálovém trhu* se upisují a obchodují investiční nástroje s dobou splatnosti delší než jeden rok, nebo ty, které nemají dobu splatnosti stanovenou. Zejména se to týká dluhových a majetkových cenných papírů. Hlavními nástroji využívanými na kapitálovém trhu jsou akcie, obligace, hypotéční zástavní listy. Díky těmto nástrojům bývá kapitálový trh často nazýván *trhem cenných papírů*. [4]

Peněžní trh je trh, kde se jednotlivci nebo organizace s přechodným přebytkem peněžních prostředků setkávají s těmi, kteří by si vzhledem k přechodnému nedostatku kapitálu potřebovali nějaký vypůjčit. Peněžní trhy umožňují ekonomickým jednotkám řídit jejich likviditu. Cenné papíry nebo půjčky, které jsou splatné do jednoho roku, jsou považovány za nástroje peněžního trhu. Jednou z hlavních funkcí peněžního trhu je financování provozního kapitálu firmám a poskytování krátkodobých peněžních prostředků vládám. Dále peněžní trhy poskytují finance pro spekulativní nákup cenných papírů a komodit. [6]

3.3 Primární a sekundární trh

Kapitálový trh lze pro přesnější charakteristiku dále dělit na trh *primární a sekundární*.

Obecně platí, že na *primárním trhu* dochází k prvotnímu prodeji (emisi) určitého instrumentu. Emitent tím získává určitý kapitál a zavazuje se splnit stanovené podmínky např. vyplácet úroky, při splatnosti dluhopisy „odkoupit zpět“. *Primární trh* je možno charakterizovat jako nejdůležitější složku celého systému trhů s cennými papíry. Není zdaleka tak efektní jako trh sekundární, ale právě na něm se naplňuje vlastní důvod existence finančního trhu a zároveň jeho základní úkol, který zajišťuje aktivizaci dočasně volných peněžních prostředků a jejich směrování tam, kde jsou schopny se s maximálním efektem zhodnotit. Primární trhy jsou tedy určeny pro obchodování s novými emisemi cenných papírů, tedy s těmi cennými papíry, které se objevují na trhu poprvé. [6] Do operací na primárním trhu se vstupuje, jestliže vzniklo rozhodnutí pro koupi akcií společnosti, které byly právě emitovány. Na primárním trhu dochází k realizaci specifických obchodů s cennými papíry, emisními obchody a setkáváme se zde s emitenty a upisovateli. Obyčejně si zde velké společnosti nebo státy půjčují peníze prodejem nových

emisí cenných papírů prvotním kupcům. [6] Souhrn činností, souvisejících s přípravou a vlastním provedením emise, včetně jejího následného zajišťování a podporování si organizuje emitent sám nebo k tomu používá služeb specializovaných firem jako např. investiční banky. [6] V závislosti na tom rozeznáváme:

Emise vlastní, která může být někdy levnější, ale hodí se buď pro malé a ve svém okolí známé firmy, které nebudou mít problémy ani s právní ani s finanční stránkou emise a pro které nebude problém ani její umístění. [6]

Emise cizí, je taková emise, kdy emisi zpravidla v celé její šíři provádí emisní konsorcium, v jehož čele stojí generální manažer emise. V souvislosti s formou řešení finančních vztahů a rizik je možno rozlišovat ručitelské, komisioní a prodejní konsorcium. [6]

Veřejnou emisi přístupnou široké veřejnosti prostřednictvím veřejné nabídky, volného prodeje nebo tendru. Je regulován ústředním regulačním orgánem, který schvaluje předložený prospekt cenného papíru. Obvykle je pak obchodován na veřejném trhu na základě registrace jejího organizátora. [6]

Soukromou emisi, při níž jsou cenné papíry nabízeny vybraným individuálním nebo institucionálním investorům, kteří většinou chtějí držet emitované cenné papíry po celou dobu jejich životnosti a nepožadují, aby byly registrovány k veřejnému obchodování na organizovaných trzích. Tyto skutečnosti pak podstatně ovlivňují povinnosti emitenta vůči regulačnímu orgánu, což výrazně snižuje náklady emise. [6]

Sekundární trh představuje nejznámější složku trhů s cennými papíry. Obecně platí, že na sekundárním trhu dochází k redistribuci dříve emitovaných dluhopisů mezi nové („někdy je nazýván trhem starých cenných papírů“).

Sekundární trhy cenných papírů je možné dělit na :

- *Veřejné trhy*
- *Neveřejné trhy (smluvní)*

Dochází zde, k vytváření takových podmínek pro obchodování s cennými papíry, které pro toto obchodování vytvářejí nezbytné podmínky a to pro případ potřeby získat investovaný kapitál před původně sjednanou splatností a tak zvyšují jejich likviditu. Zvýšená likvidita je jedním z důležitých předpokladů jejich bonity a zároveň i faktorem, usnadňujícím upisování na trhu primárním. [6] Sekundární trh stanovuje na základě nabídky a poptávky cenu investičního instrumentu, který pak v další emisi ovlivní jeho cenu na primárním trhu. Upisovatel na primárním trhu nezaplatí vyšší cenu, než je ta, kterou podle jeho odhadu pro daný cenný papír stanoví sekundární trh. Čím vyšší bude cena investičního instrumentu daného emitenta na trhu sekundárním, tím vyšší emisní kurz bude moci stanovit upisovatel cenného papíru pro další emisi a tím vyšší kapitál bude moci získat. Mají-li obchody na primárním trhu především investiční charakter, pak nákupy a prodeje cenných papírů na trhu sekundárním jsou především obchody spekulativními. Nejde tedy o to držet cenné papíry do doby jejich splatnosti nebo o dlouhodobé uplatňování z nich vyplývajících práv, ale o jejich opakované nákupy a prodeje vždy, když je pro to vhodná příležitost. [6]

3.4 Akcie

Akcie je majetkový cenný papír, který vyjadřuje podíl na majetku akciové společnosti. Počet akcií, jejich jmenovitá hodnota a výše akciového kapitálu je určena stanovami akciové společnosti. [5] Práva spojená s vlastnictvím akcie jsou např. podíl na majetku a zisku společnosti, právo na řízení společnosti, právo na likvidační podíl nebo hlasovací právo. Je třeba zmínit, že v době vypracovávání této diplomové práce došlo ke změně občanského zákoníku, který nově upravuje práva a povinnosti akciových společností s účinností od 1. ledna 2014. Dle nové právní úpravy (zákon č. 89/2012 Sb.) může akciová společnost vydávat i takové druhy akcií, které nejsou výslovně upraveny zákonem. Akcie mohou být vydávány v *listinné podobě* nebo v *podobě zaknihované*. Pokud jsou vydány v listinné podobě, mohou mít dvě části a to plášť a kupónový arch s talónem. Na plášti akcie musí být uvedeno:

- *firmu a sídlo společnosti*
- *číselné označení akcie a její jmenovitá hodnota*

- *druh akcie*
- *označení formy akcie, zda je akcie na majitele či na jméno, u akcie na jméno i jméno akcionáře*
- *výše základního kapitálu společnosti a počet akcií k datu emise a akcie*
- *datum vydání a podpisy dvou členů představenstva oprávněných podepisovat za společnost [4]*

Kupónový arch obsahuje určitý počet poukázek na dividendu neboli kupónů. Poslední ústřížek na kupónovém archu je *tzv. talón*, který opravňuje k vystavení nového kupónového archu.[4] Akcie jsou dále děleny na akcie podle ztělesněného práva a podle převoditelnosti.

Podle ztělesněného práva:

- *kmenové akcie* s těmito akciemi jsou spojena všechna práva akcionáře uvedená v zákonu o cenných papírech bez omezení
- *prioritní akcie* umožňují zvýhodnit majitele při rozdělení zisku tím, že mu dávají právo na přednostní vyplácení dividendy
- *zaměstnanecké akcie* jsou spojené s určitými výhodami pro zaměstnance akciové společnosti např. prodej za výhodnou cenu [4]

Akcie podle převoditelnosti:

- *akcie na majitele* jsou volně převoditelné
- *akcie na řad* používají k převodu rubopis, na kterém musí být uvedeno jméno nabyvatele a jeho sídlo nebo bydliště s podpisy zúčastněných stran
- *akcie na jméno* využívají k převodu písemnou formu podle stanov příslušné akciové společnosti [4]
- *kusové akcie* (dle zákona č. 90/2012 Sb. o obchodních korporacích), které nemají jmenovitou hodnotu a představují stejné podíly na základním kapitálu společnosti

Další druhy akcií mohou nově vzniknout tím, že jim stanovy společnosti přiřknou zvláštní práva, která musí být svou povahou akcionářská, tj. musejí se týkat řízení společnosti či podílu na zisku (případně na likvidačním zůstatku).

Akcie lze rozeznávat i podle dalších hledisek např. podle termínu emise jsou rozlišeny na *Staré*, které jsou vydány při založení akciové společnosti a *Mladé*, které jsou vydávány při navyšování základního kapitálu akciové společnosti.[4] Pro identifikaci akcie je používáno mezinárodní identifikační číslo, které je složeno z písemného kódu státu, kde byl cenný papír vydán a číselného kódu. Toto číslo je nazýváno ISIN.

Při stanovení ceny akcie se rozlišuje nominální hodnota akcie a kurz akcie. Nominální hodnota akcie představuje podíl na majetku akciové společnosti, který vyplývá z vlastnictví této akcie. Suma nominálních hodnot všech akcií je rovna výši základního kapitálu. Tržní cena akcie neboli kurz akcie, je cena, za kterou se akcie obchoduje na burzovním trhu. Tato cena je z velké části vytvářena základním ekonomickým pravidlem, a to poptávkou a nabídkou po cenných papírech. Emisním kurzem akcie se rozumí peněžní částka, za kterou emitent vydává akcii. Emisní kurz nemůže být nižší než jmenovitá hodnota akcie s výjimkou zaměstnaneckých akcií. [5] Zpravidla je však emisní kurz akcie vyšší než její hodnota jmenovitá. Kladný rozdíl mezi jmenovitou hodnotou a emisním kurzem akcie se označuje jako emisní ážio a slouží k vytvoření rezervního fondu při vzniku akciové společnosti. Vydává-li se akcie s emisním ážiem a zaplacená částka nestačí na zaplacení jmenovité hodnoty akcie i emisního ážia, započítává se placená částka nejprve na plnění povinnosti platit emisní ážio. [6]

Pro hodnocení akcií používáme *akciové analýzy*, které slouží k prognózování budoucího vývoje hodnot akcií. Analytické metody a nástroje umožňují extrapolovat budoucí vývoj kurzů, úroků, indexů s cílem prognózovat stav, ve kterém je akciová investice pro investora výhodná. Mezi základní přístupy pro analyzování cenných papírů jsou uváděny tyto analýzy a to, fundamentální analýza, technická analýza, psychologická analýza a tzv. teorie efektivních trhů, které budou popsány níže v textu.

3.4.1 *Fundamentální analýza*

Fundamentální analýza je považována za nejpoužívanější a nejkompexnější druh akciové analýzy. Jejím základem je předpoklad, že na trhu existují podhodnocené a nadhodnocené tituly. To nám vypovídá o tom, že vnitřní hodnota akcií neboli teoretická cena se liší od aktuálních tržních cen akcií. [6] Základem analýzy je vyhledání vnitřní hodnoty akcie a pak její porovnání s tržním kurzem. Akciový kurz za normální situace neustále osciluje okolo vnitřní hodnoty. Podle faktorů, které zkoumá lze rozlišit tři úrovně:

- *globální analýza* zahrnuje analýzu celkové hospodářské situace, cenového a úrokového vývoje, peněžní politiku centrální emisní banky, míru inflace, nezaměstnanost apod.
- *odvětvová analýza* se zabývá analýzou konkrétního odvětví
- *analýza konkrétní společnosti* zahrnuje finanční analýzu podniku [4]

3.4.2 *Technická analýza*

Technická analýza je založena na publikovaných datech. Vychází z předpokladu, že tržní ceny jsou determinovány nabídkou a poptávkou, tudíž kurz akcie zahrnuje a zároveň odráží vše, co ho může ovlivnit, souhrnně se dá uvést veškeré kurzotvorné faktory. Dalším důležitým předpokladem je hypotéza, že kurzy vykazují jasně definovaný směr pohybu tzv. *trend*. Kurzové změny jsou na sobě závislé, nejsou nahodilé, mají jistou míru setrvačnosti, lze je tedy znázornit v grafických formacích. Formace umožňují prognózovat budoucí kurzový vývoj. Kurzy se tvoří na základě předložených kupních a prodejních příkazů a jsou určovány tak, aby mohlo být splněno co možná nejvíce příkazů. [4]

Technická analýza je zpravidla prováděna pro jednotlivé akcie za účelem prognózy jejich kurzů. Z širšího pohledu slouží k prognózování vývoje akciových trhů, pro které využívá akciové indexy. Podkladová data tvoří otevírací, nejnižší, nejvyšší a uzavírací denní kurzy, objemy provedených transakcí za příslušný den, tj. počet zobchodovaných kusů, v co možná nejdelším časovém sledu. Platí delší časové řady kurzů, tím přesnější následné prognózy.[4] Základem analýzy jsou publikovaná tržní data, mezi které patří akciové kurzy a objemy realizovaných obchodů a hodnoty indexů. Analytici, kteří používají technickou

analýzu, vyčítají fundamentální analýze nepřesnost a mnohdy ji považují za nespolehlivou. Technická analýza se nezabývá cenovou úrovní a konkrétními příčinami pohybu kurzů, vychází pouze z toho, kde se střetne nabídka s poptávkou a jejím hlavním zájmem je předvídání okamžiku začátku změny. Cílem technické analýzy je tedy zachytit formou grafického znázornění vývoj kurzů akcií a burzovních indexů, následně pak rozborů vytvořených grafů zjišťovat budoucí směry dalšího vývoje. [5] Technická analýza je dělena na :

- *grafickou analýzu* – využívá dat, která se zanášejí do grafů a následně se vyhodnocují. Mezi ně patří grafy čárové, sloupcové, svícnové dále pak grafické formace, trendy a trendové linie.[4] Z dlouhodobého hlediska se v praxi vyskytují cykly, které vytvářejí typické formace, pomocí nichž se předvídá další vývoj. Mezi formace potvrzující trend, tzv. konsolidační formace, patří praporek, prapor, symetrický trojúhelník. Tyto formace znázorňují mírnou oscilaci kurzu ve směru zhruba vodorovném, která dočasně přeruší stoupající či klesající trend. Když se trend výrazně mění, hovoříme o reverzních či zvrátových formacích, ukazující na nerovnovážený stav nabídky a poptávky na trhu akcií. [4]
- *analýzu založenou na technických indikátorech* – do této analýzy jsou zahrnuty klouzavé průměry, pásmová analýza, oscilátory apod. Jedním z nejvíce používaných nástrojů technické analýzy jsou pravděpodobně indikátory postavené na klouzavých průměrech. Klouzavé průměry se porovnávají s aktuálním kurzem. Ze vzájemného vztahu jsou vyvozovány signály k nákupu či prodeji. Pro objektivnější posouzení je nutné doplnit o další indikátory a to zejména o objem obchodu. Je-li vzestup kurzů doprovázen i vzestupem objemu obchodů, potom je potvrzen i vzestupný pohyb kurzu a naopak. [4]

Mezi základní předpoklady pro technickou analýzu lze zařadit tržní cenu akcií, která je určována pouze prostřednictvím vztahu mezi nabídkou a poptávkou. Nabídka a poptávka po akciích je ovlivňována, jak fundamentálními tak i psychologickými faktory. Kurzy se pohybují v trendech, změna trendu je způsobena posunem nabídky a poptávky. Změny trendů mohou být včas identifikovány prostřednictvím studia historických cen a objemu

obchodů. Mnoho grafických formací se pravidelně opakuje a tímto umožňuje prognózy budoucího vývoje. [5]

3.4.3 *Psychologická analýza*

Psychologická analýza vychází a má základ v tom, že akciový kurz je ovlivněn psychologii investičního publika, která působí na všechny účastníky trhu. Investoři jsou pod silným tlakem masové psychologie, zejména z krátkodobého hlediska. Proto je velmi důležité, pro úspěšné obchodování na akciových trzích, porozumět masové psychologii, pochopit impulsy, které ovlivňují chování davu. [4]

Mezi psychologické analýzy můžeme zařadit čtyři základní koncepce: Keynesova spekulativní rovnovážná hypotéza, Kostolanyho burzovní psychologie, teorie spekulativních bublin, Drasnerova koncepce psychologické analýzy.

- *Spekulativní rovnovážná hypotéza*

Základy této teorie vytvořil John Maynard Keynes je nejstarší teorií psychologické analýzy. Teorie považuje poprvé v historii za hlavní znak ovlivňující kurzy akcií spekulativním chováním investičního publika. [6] Keynes tvrdí, že značný vliv na chování akciových kurzů mají subjektivní faktory, mezi které můžeme zařadit, strukturu vlastnictví akcií, nadměrné reakce na určité události, chování investičního publika. Keynes definoval dva typy účastníků akciového trhu. Jedná se o *spekulanta*, který se z pohledu Keynese rozhoduje na základě prognózy kolektivní psychologie. Druhý účastník trhu je *podnikavec*, který předpovídá budoucí výnos akcie po celou dobu její životnosti za pomoci fundamentální analýzy. Keynes považoval za velké nebezpečí situaci, kdy na trhu dochází k převaze spekulantů nad podnikavci. [6]

- *Kostolanyho burzovní psychologie*

Kostolanyho koncepce vychází z předpokladu, že v krátkém období, definovaném jako období jednoho roku, jsou kurzy akcií ovlivňovány především psychologickými reakcemi

burzovního publika na různé události, zatímco ve středním a dlouhém období jsou již hlavními kurzotvornými faktory fundamentální ukazatele. [6] Kostolanyho burzovní psychologie rozděluje burzovní účastníky podle jejich charakteristického chování. Na základě toku peněz a akcií mezi těmito skupinkami se snaží odhadnout kurzový pohyb. Rozlišujeme dvě skupiny účastníků burzovních obchodů. Hráči jsou investoři, kteří se snaží co nejrychleji dosáhnout zisků, a proto nejednají na základě znalosti fundamentálních údajů, ale reagují na nové informace či údaje. Chovají se emocionálně a jdou s proudem, což znamená, že kupují, pokud všichni kupují a prodávají, pokud i ostatní prodávají. Tato skupinka účastníků trhu je orientována na malé zisky a jedná spíše krátkodobě. [6] V krátkém období způsobují volatilitu kurzů, přičemž představují 90% investičního publika. Spekulanti realizují na rozdíl od hráčů dlouhodobější transakce a počítají s dlouhodobějšími kurzovými pohyby. Mají vlastní myšlenky, představy a prognózy a nechovají se emocionálně. Jejich odhady budoucích pohybů kurzů akcií jsou podloženy konkrétními argumenty, které vycházejí z fundamentálních údajů. Ze statistik vyplývá, že spekulanti jsou úspěšnější než hráči. [6] Hlavním znakem Kostolanyho teorie je výzkum v oblasti tzv. technického složení trhu, neboli toho, která skupina drží v dané době většinu akcií. Pokud bude jejich převážné množství v rukou spekulantů, tyto ruce Kostolany nazval „pevné ruce“, bude budoucí vývoj kurzů jiný, pokud většinu z nich budou vlastnit hráči. Kostolanyho předpovídání budoucích změn kurzů akcií v krátkém období je tedy postaveno na základě přesunů akcií a peněz z pevných rukou spekulantů do „roztřesených rukou“ hráčů a na základě znalostí způsobu chování těchto skupin. [6]

- *Teorie spekulativních bublin*

Na burzovních trzích se někdy stává, že kurzy akcií začnou rapidně stoupat a neustále rostou, aniž by se jejich růst dal vysvětlit pomocí fundamentálních údajů. Po určité době se však tento růst zastaví a kurzy akcií začnou neočekávaně klesat. Situace, kdy kurzy cenných papírů budou silně odchylovat oběma směry od svých vnitřních hodnot, aniž by k těmto výkyvům byl racionální důvod, jsou obecně nazývány spekulativními bublinami. Jejich výskyt je dočasný a za jejich příčinu je považována masová psychologie. Teoreticky je vznik těchto bublin spojen s nadměrnou reakcí na nějakou událost nebo řadu

událostí, které mohou, prostřednictvím informací a o nich podaných, ovlivnit chování investorů a změnou jejich poptávky a nabídky nastanou též podstatné změny kurzů a to v obou směrech. [6]

- *Drasnarova koncepce psychologické analýzy*

Drasnarova teorie pojednává o zhodnocování a znehodnocování kurzů cenných papírů jako výsledek působení dvou diametrálně odlišných vlastností, kterými podle Drasnara, disponuje každý z nás. Jde o *chamtivost a strach*. Podle toho, která vlastnost zrovna převládá, dochází na trhu cenných papírů buď k růstu, nebo poklesu. Stejně tak, jak se střídá strach a nenasycenost investorů na trhu, dochází i ke střídání stoupajících a klesajících trendů. Ty se ovšem vzájemně liší délkami svého trvání v závislosti na rychlosti, s níž je nenasycenost střídána strachem a naopak. [6]

3.4.4 *Teorie efektivních trhů*

Teorie efektivního trhu předpokládá, že akciové kurzy jsou ovlivňovány *kurzotvornými informacemi*, např. zisk, rizika apod., které jsou rychle absorbovány, je-li trh efektivní. Jde tedy o efektivní zpracování nových informací. [4] Efektivní chování akciových kurzů je charakterizováno několika aspekty, z nichž za nejdůležitější jsou považovány kurzotvorné informace, které jsou rychle vstřebávány, tudíž ihned ovlivňují novou rovnovážnou cenu. Dále se předpokládá, že kurz akcie odpovídá vnitřní hodnotě akcie. Změny kurzů jsou náhodné, způsobené neočekávanými informacemi, neexistují žádné obchodní cykly, tudíž nelze využít obchodní strategie založené na technické či fundamentální analýze. Akciové trhy tedy mohou mít různou formu efektivnosti od silných otřesů, přes středně silnou až ke slabé formě efektivnosti a to podle druhu informací. Slabá forma efektivnosti znamená, že kurz odráží všechny informace z historických dat. Středně silná forma efektivnosti vyjadřuje stav, kdy aktuální kurz akcie obsahuje nejen historická data, ale i aktuální veřejné informace. Silná forma efektivnosti je taková situace, kdy akciový kurz je výsledkem veškerých kurzotvorných informací včetně informací získaných podrobnými analýzami a informacemi. [4]

3.5 Burza

Burzu lze charakterizovat jako uspořádání trhu se zvláštním povolením pro obchodování s cennými papíry, které jsou přesně stanoveny. Burza slouží k uzavírání obchodů zastupitelnými předměty, s nimiž je přípustné obchodovat (cenné papíry, devizy, zboží). Předměty, jimiž se obchoduje, se fyzicky nenalézají na burze. Burzovní obchody se konají pravidelně v určenou dobu na určeném místě. Obchodu na burze se smí účastnit pouze přesně vymezený okruh osob. Na burze existuje flexibilita cen, množství, nabídky i poptávky. Tímto vymezením se burza liší od jiných, vysoce organizovaných trhů jako např. aukce, kdy se zboží prodá tomu, kdo nabídne nejvíce nebo veletrhu, který funguje jako zprostředkovatel mezi nabídkou a poptávkou, ale nevstupuje do žádného obchodního vztahu. Podle rozsahu, dosahu a významu činnosti se obchoduje na burzách lokálních, regionálních, národních a mezinárodních. [4] Podle předmětu obchodu rozlišujeme peněžní burzy na burzy cenných papírů, kde se obchodují se cenné papíry (akcie, obligace, dluhopisy), devizové burzy, na kterých jsou obchodovány národní měny, burzy s finančními deriváty, což jsou instrumenty, jejichž podstatou je určitá forma termínovaného obchodu (futures, forward, swap) a opční burzy. [4] Významné postavení mají zbožové burzy, na kterých se realizují okamžité i termínované obchody např. obchody s obilím, kávou, bavlnou, cukrem, ropou. Na burzách služeb se uzavírají obchody zejména s lodními prostorami. [4]

Burzy prošly vývojem a v dnešní podobě známe tři typy burz:

- *Francouzský typ* - burza je otevřená veřejnosti. Obchody lze uzavírat pouze prostřednictvím senzálů, kteří jsou jmenováni státním orgánem a správou burzy
- *Středoevropský typ* - je uzavřené shromáždění členů burzy. Obchody lze uzavírat prostřednictvím členů burzy. Stát zde vykonává přímý dozor prostřednictvím stálého státního zástupce.
- *Angloamerický typ* - burza je soukromoprávní organizace, spravovaná vlastními správními orgány. Stát do obchodování nezasahuje, pouze stanovuje předpisy pro obchodování. Obchody lze uzavírat pouze prostřednictvím členů burzy. Ti jsou jmenováni burzovními orgány. Počet členů je omezen „počtem křesel“. [6]

Všechny typy burz cenných papírů mají společné rysy vnitřní organizace. V čele stojí řídicí výbor nebo představenstvo rozhodující o tom, které osoby smějí navštěvovat burzu, jaké cenné papíry a za jakých podmínek mohou být obchodovány, zabezpečuje správní funkce, zabezpečuje veřejný pořádek na burze. Orgán reprezentující zájmy burzovních dohodců je většinou komora burzovních dohodců nebo řídicí výbor burzy. Jejich úkolem je sestavovat a vést jejich seznam, zabezpečovat, aby tito plnili svoji funkci v souladu s právními předpisy. Mezi základní funkce burzy patří obchodní funkce, alokační funkce, cenotvorná funkce a spekulativní funkce. [4]

3.5.1 *Burza cenných papírů Praha, a.s. (BCPP)*

Časové řady, které budou analyzovány, jsou složeny z denních závěrečných kurzů pražské burzy. Z tohoto důvodu je popsána v této kapitole Burza cenných papírů Praha, a.s. a její nejprestižnější trh SPAD. BCPP je největším organizátorem trhu s cennými papíry v České republice. Je založena na členském principu, to znamená, že přístup do burzovního obchodního systému mají pouze licencovaní obchodníci s cennými papíry, jež jsou členy burzy. Prostřednictvím svých členů burza organizuje poptávku a nabídku kótovaných cenných papírů, investičních nástrojů nebo jiných prostředků kapitálového trhu. [8] Veškeré aktivity burzy a jejích členů podléhají regulaci a dohledu Komise pro cenné papíry. Bezpečnost a spolehlivost obchodování zajišťuje interní legislativní rámec tzv. burzovní pravidla, která jsou plně v souladu se standardy EU. Vypořádání obchodů na burze řeší UNIVYC, a.s., dceřiná společnost BCPP. Jištění obchodu je garantováno burzovním fondem. [8]

3.5.1.1 *SPAD*

SPAD je nejprestižnějším akciovým trhem BCPP. Složení portfolia cenných papírů na tomto trhu zahrnuje nejlikvidnější a nejobchodovatelnější cenné papíry. V jeho rámci se obchoduje pouze s vybranými cennými papíry a to s jejich standardním množstvím v tzv. *lotech*. Nakupovat či prodávat se tedy smí pouze v násobcích daného standardního množství. Vynásobením lotu aktuálním kurzem cenného papíru se vypočítá požadovaný objem peněz, který je k obchodu potřeba. U většiny cenných papírů obchodovaných na

trhu dosahuje hodnota obchodů mnoha milionových částek. Obchodovat je možné i na úvěr, pak jsou tyto částky nižší, je to však riskantnější. Tento trh využívají hlavně větší nebo velcí investoři, čemuž odpovídá asi 80% podíl obchodů v tomto segmentu na všech burzovních transakcích. Zásadně tak ovlivňuje index PX, který je hlavním indexem pražské burzy. [11]

Hlavní podmínkou pro zařazení cenných papírů do tohoto trhu je, že pro daný titul musí být stanoveni alespoň tři tvůrci trhu. Tvůrce trhu je člen burzy, který s ní má uzavřenou smlouvu o vykonávání činnosti tvůrce trhu na vybrané emise, přičemž každý tvůrce trhu může vykonávat svou činnost v rámci více emisí. Obchodování v Systému pro podporu trhu akcií a dluhopisů je rozděleno do dvou hlavních fází - otevřenou a uzavřenou. V průběhu otevřené fáze zveřejňují všichni tvůrci trhu povinně ceny nákupu a prodeje těch akcií, pro které vykonávají činnost tvůrce trhu. [11] Na základě tohoto zveřejnění je na trhu průběžně stanovována nejvyšší nákupní a nejnižší prodejní cena, nebo-li tzv. *nejlepší kotace*. Transakce lze jen v povoleném rozpětí vymezeném nejlepší kotací rozšířenou o půl procenta oběma směry. Po dobu uzavřené fáze nejsou již tvůrci trhu povinni zveřejňovat žádné nákupní či prodejní ceny. Transakce mohou být všemi členy burzy uzavírány jen v rámci povoleného rozpětí, které je vymezeno nejlepší kotací v okamžiku ukončení otevřené fáze rozšířenou o pět procent oběma směry. [10]

3.5.1.2 RM – SYSTÉM česká burza cenných papírů a.s. (RM-Systém)

Pro úplnost míst, kde se obchoduje v České republice s cennými papíry je třeba uvést společnost RM-SYSTÉM, česká burza cenných papírů a.s., která je v současné podobě organizátorem trhu s cennými papíry a je zaměřena zejména na drobné a střední investory, kteří mají zájem investovat na kapitálovém trhu. Licence byla udělena v roce 1993 a měla určité specifické rysy a to, na trh mohla vstoupit libovolná osoba přímo, jestliže splnila podmínky v podobě pravidel obchodování. Všichni kupující a prodávající si byli rovni a nemohlo být jejich postavení ovlivněno výší majetkové účast na RM- Systému. Klienti mohli nákup nebo prodej cenných papírů realizovat přímo bez využití služeb makléřů. Příjímání cenných papírů k obchodování nepodléhalo žádným specifickým podmínkám. [4]

Od 1.12 2008 se RM- Systém transformoval z mimoburzovního trhu na standardní burzu a vydal nová pravidla k přístupu k obchodování na regulovaném trhu i mnohostranném obchodním systému, který stanovil nové požadavky na účastníky regulovaného trhu. Od této doby musí zákazníci, využít služeb licencovaného obchodníka s cennými papíry. Osoby, které mají zájem o tzv. *přímé obchodování*, musí uzavřít smlouvu o přístupu na trh a tím se stanou *přímými účastníky trhu*. [4] Mezi největší výhody obchodování na české burze RM-Systému patří široká nabídka cenných papírů a certifikátů obchodovaných v českých korunách, on-line vypořádání cenných papírů, nejdelší doba obchodování v České republice.

4. Metodika práce

Předmětná metodika je založena na analýze časových řad, obecně se jedná o soubor metod, které slouží k popisu těchto řad a případně k předpovídání jejich budoucího chování. V následujícím textu jsou popsána kritéria, tj. podpůrná členění, charakteristiky, typy analýz a procesů, které jsou ve vztahu na cílovou prognózu ceny akcií ČEZ, a.s. a Komerční banky, a.s.

4.1 Časové řady a jejich charakteristiky

Mnohé ekonomické informace, ať už na úrovni podniku nebo národního hospodářství se k nám velmi často dostávají v podobě chronologicky uspořádaných dat. Jedná se o data ve tvaru časových řad, která jsou pozorována v určitém časovém intervalu s určitou frekvencí záznamu. [2] Frekvencí záznamu se přitom rozumí velikost intervalu mezi jednotlivými pozorováními nebo pravidelnost, s jakou je záznam pořizován. Analýzou časových řad se rozumí soubor metod, které slouží k popisu celkového vývoje daného ukazatele a jeho periodicky se opakujících odchylek, případně lze pomocí nich konstruovat předpovědi budoucího vývoje. Je nutné ještě zdůraznit, že pod pojmem časová řada rozumíme statistickou časovou řadu, jejíž chování je zatíženo nejistotou, na rozdíl od deterministické řady, jejíž chování lze striktně popsat matematickým vzorcem a tudíž lze zkonstruovat přesnou předpověď. [1]

4.1.1 Členění časových řad

Časové řady se člení podle různých kritérií, nejčastěji pak podle hlediska časového období. Z tohoto hlediska jsou děleny na řady okamžikové a intervalové.

Okamžiková řada – je sestavována z ukazatelů, které se vztahují k určitému okamžiku, tudíž neexistuje žádný časový interval, pouze záznam k určitému časovému bodu např. počet nezaměstnaných k 17. 11. 2014.

Intervalová řada – se rozumí řada intervalového ukazatele, tj. ukazatele, jehož velikost závisí na délce intervalu, za který je sledován. Údaje tohoto typu lze sčítat a součet má

zpravidla reálný význam. Z povahy intervalových ukazatelů vyplývá, že se mají vztahovat ke stejně dlouhým intervalům, protože by šlo jinak o srovnání zkreslené.[14]

Další kritérium pro členění časové řady je podle *periodicity sledovaného ukazatele* a dělí se řady na krátkodobé a dlouhodobé. *Krátkodobé* časové řady jsou řady, kdy sledování dané statistiky je menší než jeden rok např. den, měsíc, týden, kvartál. O *dlouhodobé* časové řadě hovoříme v případě, kdy je období záznamu veličiny delší než rok např. vývoj HDP. [2]

Jako poslední kritérium dělení časové řady je podle druhu sledovaných ukazatelů a to buď, *primárních* nebo *sekundárních*. Primární (původní) ukazatel to jsou neupravená data hodnot ukazatelů. Sekundární (odvozené) ukazatel jsou data, která vznikají z jedné nebo více časových řad původních hodnot určité časové charakteristiky jako je průměr, součet atd. [2]

4.1.2 *Charakteristiky časových řad*

První krok při analýze časové řady je orientační představa o její charakteristice, kterou se tato řada jeví navenek. Mezi základní metody patří vizuální analýza ukazatele pomocí grafů a určování elementárních statistických charakteristik. [1] Analýza časové řady začíná vždy vyhodnocováním grafu, kde na ose x je čas, na ose y pak hodnoty ukazatele. Vizuální posouzení chování ukazatele může často vést k získání poznatků, jež lze později využít při exaktnějších metodách. Vývoj ukazatele v čase je možné vedle grafu posoudit pomocí jednoduchých číselných charakteristik, jak v absolutním tak i v relativním vyjádření, která umožňují popsat dynamiku časové řady. [14] Mezi nejvíce používané charakteristiky patří *absolutní charakteristiky*, které umožňují absolutní porovnání hodnot jednotlivých hodnot v časové řadě. Jsou to difference, které popisují absolutní přírůstek nebo úbytek pozorovaného ukazatele v určitém časovém vymezení. [2]

Známe tyto typy absolutních charakteristik:

první absolutní diference – v případě označení hodnot časové řady pomocí proměnné y_t , ($t = 1, 2, \dots, n$) můžeme první absolutní diferenci definovat jako rozdíl sousedních hodnot řady. Absolutní přírůstek charakterizuje, přírůstek hodnoty ukazatele v určitém období oproti období bezprostředně předcházejícímu. [14]

$$d_{y_t} = y_t - y_{t-1}, \text{ pro } t = 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

druhá absolutní diference – rozdíl dvou sousedních absolutních přírůstků (prvních absolutních diferencí). Druhé absolutní diference charakterizují absolutní zrychlení, respektive zpomalení vývoje ve zkoumané řadě. [14]

$$d^2_{y_t} = d_{y_t} - d_{y_{t-1}}, \text{ pro } t = 3, 4, \dots, n \quad (2)$$

Jako úhrnná charakteristika pro celou časovou řadu je používám *průměrný absolutní přírůstek*, vypočítaný jako aritmetický průměr z prvních diferencí.

$$d_1 = \frac{Y_n - Y_1}{n-1} \quad (3)$$

K elementárním charakteristikám časových řad patří i *relativní dynamiky změn* v časové řadě. Jsou bezrozměrnými veličinami a jejich ukazateli jsou koeficienty růstu nebo poklesu, které ukazují relativní postupnou rychlost změn hodnot v časové řadě. K těmto charakteristikám patří relativní diference nebo též *tempo přírůstku*, které představuje porovnání absolutního přírůstku s příslušnou hodnotou časové řady. [14]

$$r_t = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \quad (4)$$

Tempo přírůstku, které vyjadřuje dynamiku absolutního přírůstku porovnávaného s příslušným obdobím, se může vyjádřit ve formě koeficientů nebo v procentech. [14]

Vypočteme-li poměr mezi daným a předchozím členem časové řady, získáme *koeficient růstu*.

$$k_t = \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \quad t = 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

Koeficient růstu vyjadřuje rychlost růstu nebo poklesu hodnot časové řady a udává, kolikrát úroveň ukazatele daného období převyšuje úroveň bezprostředně předcházejícího období.[14]

Jako úhrnná charakteristika relativních změn pro celou časovou řadu se uvádí *průměrný koeficient růstu*, který je geometrickým průměrem z jednotlivých koeficientů růstu.

$$k = \sqrt[n-1]{\frac{Y_n}{Y_1}} \quad (6)$$

Méně častým ukazatelem dynamiky vývoje v časové řadě jsou *koeficienty zrychlení*, vypočítané jako poměr mezi danou druhou diferencí a k ní příslušející předchozí diferencí.

$$z_t = \frac{d_2t}{d_1(t-1)} \quad (7)$$

Mezi relativní charakteristiky se řadí i *bazický index*.

$$BI = \frac{Y_t}{Y_0} \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Hodnota Y_t je vybraná hodnota veličiny Y v časové řadě. Hodnota Y_0 je první hodnotou veličiny Y v časové řadě nazývané bazické období. Bazický index popisuje relativní změnu proměnné kdekoli v časové řadě vztaženou k počáteční hodnotě časové řadě. [3]

4.2 Přehled základních metod analýzy časových řad

V této části diplomové práce, jsou popsány základní přístupy k analýze časových řad. Volba metody pro analýzu časové řady závisí na mnoha faktorech, mezi ně patří účel analýzy, kde jde o rozpoznání mechanismu generování hodnot časové řady a předpovídání jejího budoucího vývoje, typ časové řady (některé metody jsou vhodné jen pro určité časové řady) a jako poslední lze uvést zkušenost statistika, dostupnou výpočetní techniku a programové vybavení. [1] Základní princip modelu časové řady je založen na předpokladu, že jediný faktor dynamiky ukazatele shromážděného v časové řadě představuje čas.[14]

Nejjednodušší jednorozměrný model pro modelování časové řady má tvar:

$$Y_t = f(t, \varepsilon_t), \quad (9)$$

kde, Y_t je hodnota modelovaného ukazatele v čase t , $t = 1, 2, \dots, n$, ε_t je náhodná složka v čase t . [1]

K analýze rozkladu časové řady patří tyto základní metody:

Dekompozice časových řad - model vychází z dekompozice řady na čtyři složky, souběžná existence všech složek není nutná a je podmíněna věcným charakterem zkoumaného ukazatele.

Spektrální analýza - považuje zkoumanou časovou řadu za směs sinusových a kosinusových křivek s různými amplitudami a frekvencemi. Tato metoda umožňuje explicitní popis periodického chování časové řady a vystopovat ty významné složky periodicity, které se podílejí na věcných vlastnostech zkoumaného procesu. Hlavním faktorem je faktor frekvenční.

Lineárně dynamické modely - speciální Box-Jenkinsovi modely, v nichž kromě popisované řady a bílého šumu vystupují další vysvětlující časové řady. [1]

Boxova – Jenkinsova (B-J) metodologie – za základní prvek konstrukce modelu časové řady, je zde považována náhodná složka, jež může být tvořena korelovanými náhodnými veličinami. Tato analýza bude více rozepsána v závěru kapitoly, a to z důvodu jejího použití v praktické části této diplomové práce.

4.2.1 *Modelování časových řad*

Provádění rozkladu (tzv. dekompozice) časové řady na jednotlivé složky je motivováno nadějí, že v jednotlivých složkách rozkladu se snadněji podaří identifikovat pravidelné chování řady než v původní nerozložené řadě.[1] Časovou řadu lze rozdělit na složku trendovou, sezonní, cyklickou a náhodnou.

- *Trend (T_t)*

Trend chápeme jako dlouhodobou tendenci ve vývoji hodnot analyzovaného ukazatele. Trend může růst, klesat nebo být konstantní. Když se jedná o konstantní trend tak hodnota osciluje na skoro neměnné úrovni. [3]

- *Sezónní složka (S_t)*

Popisuje periodické změny v časové řadě, které se odehrávají během roku nebo s periodicitou kratší než jeden rok. Jsou způsobeny sluneční soustavou působící na Zemi, střídáním ročních období nebo lidskými faktory, atd. [3]

- *Cyklická složka (C_t)*

Vyskytuje se okolo trendu a kolísá v důsledku dlouhodobého cyklického vývoje delšího než jeden rok. Statistika chápe cyklus jako dlouhodobé kolísání s neznámou periodou, která může mít i jiné příčiny než klasický ekonomický cyklus.[3]

- *Náhodná složka (\mathcal{E}_t)*

Též nazývaná reziduální, zbývá v časové řadě po odstranění trendu, sezónní a cyklické složky. Je tvořena náhodnými fluktuacemi v průběhu časové řady, které nemají rozpoznatelný systematický charakter. Proto se již také nepočítá mezi předchozí systematické složky časové řady. Reziduální složka také pokrývá chyby v měření údajů časové řady a některé chyby např. zaokrouhlování. [1]

Časovou řadu si lze na základě předchozího výkladu představit jako trend. Na tento trend jsou napojeny periodické složky a bílý šum. [1] Termín bílý šum označuje posloupnost nekorelovaných náhodných veličin s nulovou střední hodnotou a konstantním rozptylem. Vlastní tvar rozkladu je dvojího typu a to:

- *aditivní dekompozice*

$$Y_t = T_t + C_t + S_{zt} + \mathcal{E}_t \quad (10)$$

Při aditivním rozkladu jsou jednotlivé složky uvažovány ve skutečných absolutních hodnotách a jsou měřeny v jednotkách řady y_t . [2]

- *multiplikativní dekompozice*

$$Y_t = T_t C_t S_{zt} \mathcal{E}_t \quad (11)$$

Při multiplikativním (násobném) rozkladu je většinou jen trendová složka uvažována v absolutní hodnotě a tedy měřena v jednotkách řady y_t . Ostatní složky jsou pak uvažovány v relativních hodnotách vůči trendu a jsou tedy bezrozměrné. [1] Multiplikativní tvar lze převést logaritmickou operací na aditivní, který je více používán v praxi.

4.2.2 *Analýza neperiodických řad*

Jeden z nejdůležitějších úkolů analýzy časových řad představuje popis základní tendence vývoje analyzované řady. Je potřeba zjistit pravidelnosti a zákonitosti, které se ve

vývoji sledovaných ukazatelů projevily. Hledáme především trend časové řady. Při eliminaci trendu musíme zamezit působení ostatních vlivů, které trend zastírají a to provádíme tak, že zaznamenané hodnoty nahradíme teoretickými hodnotami, které neobsahují periodické nebo náhodné kolísání, tento způsob se nazývá vyrovnání časové řady. K metodám vyrovnání a vyjádření trendu časové řady patří mechanické vyrovnání pomocí klouzavých průměrů a analytické vyrovnávání.[14]

- *mechanické vyrovnávání časových řad pomocí klouzavých průměrů*

Podstata mechanického vyrovnávání spočívá v tom, že posloupnost údajů nahradíme řadou průměrů vypočtených z těchto údajů. Název klouzavý průměr vznikl z toho, že při postupném výpočtu průměrů postupujeme vždy o jedno pozorování kupředu, přičemž zároveň poslední pozorování ze skupiny, z níž je průměr počítán, vypouštíme. Výhodou tohoto způsobu vyrovnání časové řady je skutečnost, že vypočítané klouzavé průměry ohraničují náhodné výkyvy hodnot zkoumaného ukazatele a nejmenší míru a současně nás informují o tendenci vývoje sledované časové řady.[14] Nevýhodou této metody jsou nedostatky, mezi které patří např. při velkém počtu hodnot, zahrnutých do výpočtu, zůstává počet nevyrovnaných hodnot vysoký, dále lze uvést, že trend získaný aplikací klouzavých průměrů je pouze aproximací skutečného trendu.

- *analytické vyrovnávání časových řad*

Pro analytické vyrovnávání se používá relativně malý okruh trendových funkcí, od kterých se především vyžaduje, aby byly z matematického hlediska jednoduché. Matematickou jednoduchostí se rozumí např. minimální počet členů v rovnici, minimální možná mocnina argumentu, linearita v parametrech, spojitost a minimální počet extrémů inflexních bodů.[14] Výše uvedeným vlastnostem odpovídají následující křivky:

lineární trend	$y_t = a + bt$	(12)
----------------	----------------	------

kvadratický trend	$y_t = a + bt + ct^2$	(13)
-------------------	-----------------------	------

logaritmický trend	$y_t = a + b \log t$	(14)
--------------------	----------------------	------

exponenciální trend	$y_t = a \cdot b^t$	(15)
---------------------	---------------------	------

mocninný trend $y_t = a \cdot t^b$ (16)

logistický trend $y_t = \frac{k}{1 + e^{a+bt}}$ (17)

Gompertzova křivka $y_t = k \cdot a^{bt}$ (18)

Správný výběr trendové funkce je podmíněn znalostí, která z použitých funkcí nejlépe vystihuje vývoj sledované veličiny v minulosti a zároveň znalost vývoje sledované veličiny v budoucnosti. [3]

4.2.3 *Adaptivní přístupy modelování časových řad*

Dosud uváděné postupy vycházely z předpokladu, že v průběhu celé popisované řady se parametry modelu nemění. Pokud se pomocí těchto modelů konstruuji i předpovědi, tak jde o předpovědi vycházející ze situace, že i v budoucnu nedojde ke změnám systému. Vychází se ze situace, že informativní hodnota údajů pocházejících z počátku i z konce zkoumaného období je stejná. Bude-li se tedy takto extrapolovat trend, bude předpověď jenom kopií minulosti.[14] V zásadě jediným předpokladem, nutným pro konkrétní užívání adaptivních metod v procesu předvídání, je časová stacionarita rozdělení chyb prognózy. Adaptivní modely vychází z předpokladu, že pro konstrukci prognózy budoucího vývoje mají cenu nejnovější pozorování časové řady.[14] V praktických aplikacích je dosahováno nejlepších výsledků pomocí exponenciálního vyrovnávání.

- *Exponenciální vyrovnávání*

je flexibilní metoda odhadu trendu, v níž jednotlivá pozorování mají své váhy. Výpočet každé vyrovnané hodnoty je založen na všech dostupných minulých pozorováních. Novější pozorování mohou obsahovat více informací pro odhad budoucích hodnot vývoje řady, proto jim přiřazujeme větší váhu než předcházejícím hodnotám. [2] Mezi hlavní metody

lze zařadit např. Brownovo jednoduché exponenciální vyrovnávání, Brownovo dvojité exponenciální vyrovnávání, Holtovu metodu.

4.2.4 *Spektrální analýza časových řad*

Přístup, který považuje zkoumanou časovou řadu za nekonečnou směs sinusových a kosinusových křivek s různými amplitudami a frekvencemi, je analýza časových řad ve spektrální doméně neboli spektrální analýza časových řad (někdy se hovoří o fourierovské analýze). Pomocí speciálních statistických nástrojů, jako je periodogram a spektrální hustota, je možné při spektrální analýze získat obraz o intenzitě zastoupení jednotlivých frekvencí v časové řadě (tj. o tzv. spektru řady), pomocí něj lze vytipovat frekvence, které jsou v dané časové řadě zastoupeny nejvýrazněji, a explicitně odhadnout koeficienty periodických složek odpovídajících těmto frekvencím.[1]

4.2.5 *Lineárně dynamické modely*

Jak bylo uvedeno výše v textu, lineárně dynamické modely jsou speciálním případem Box-Jenkinsovi metodologie. V těchto modelech jsou hodnoty určité časové řady vysvětlovány pomocí proměnných (tzv. vysvětlujících nebo faktorových) časových řad, které vysvětlovanou řadu ovlivňují.[1]

Příkladem lineárního dynamického modelu je:

$$c_t = \alpha + \beta c_{t-1} + \gamma x_t + \delta p_t + \varepsilon_t \quad (19)$$

kde výdaje c_t obyvatelstva na nákup spotřebního zboží v roce t jsou vysvětlovány pomocí minulé hodnoty c_{t-1} a navíc pomocí disponibilních peněžních příjmů x_t a cenového indexu p_t spotřebního zboží (α , β , γ a δ jsou parametry a ε_t je reziduální složka). [1]

4.2.6 *Box – Jenkinsova metodologie*

Je pojmenována podle statistiků George Boxe a Gwilyma Jenkinsona. Box–Jenkinsova (B-J) metodologie se vyznačuje nejen stochastickým modelováním trendu a sezónnosti, ale především velkým důrazem na autokorelační analýzu, která představuje jádro jejích postupů. [2] Předmětem analýzy tak mohou být i časové řady se silně korelovanými pozorováními. Lineární modely typu ARMA (kombinace procesů AR a MA) představují zatím nejpropracovanější přístup k modelování rutinní korelovanosti v časových pozorováních v praxi. [1] ARMA (p,q) model, přičemž p výrazů je autoregresního typu a q reprezentuje zpožděné klouzavé průměry.

Výhody B-J metodologie:

- stochastické modely typu ARMA jsou značně flexibilní, takže jsou použitelné i pro časové řady velmi obecných průběhů
- lze doložit nepřeborné množství úspěšných aplikací
- zatím neexistuje „lepší“ rutinní nástroj pro analýzy časově závislých pozorování. [2]

Nevýhody B-J metodologie:

- B-J metodologie vyžaduje delší časové řady, jako minimum se doporučuje 50 pozorování
- B-J metodologie je v podstatě nerealizovatelná bez počítače vybaveného příslušným softwarem
- praktická interpretace zkonstruovaných modelů bývá obtížná. [2]

4.2.6.1 Autokorelační vlastnosti časových řad

- *Stacionarita*

V mnoha případech modelování časové řady je potřeba, aby časová řada byla tzv. stacionární. Stacionarita časové řady znamená, že chování této řady je stochasticky

ustálené. [2] Rozlišuje se striktní stacionarita, která znamená, že pravděpodobnostní chování příslušného stochastického procesu je invariantní vůči posunům v čase. Slabá stacionarita je méně omezující než striktní stacionarita, neboť stačí, aby příslušný proces byl invariantní vůči posunům v čase pouze v rámci momentů do druhého řádu. Úroveň a rozptyl stacionární řady jsou tedy konstantní v čase.[2] Stacionární proces je tedy rovnoměrně vyvážený, má konstantní rozptyl kolem konstantní úrovně (tj. má konstantní střední hodnotu). Závislost mezi oběma jeho pozorováními závisí pouze na jejich vzájemné časové vzdálenosti, nezávisí tedy na jejich skutečném časovém umístění v řadě. [1] Pokud má daný proces momenty do druhého řádu, pak zřejmě striktní stacionarita implikuje slabou stacionaritu. Je-li navíc proces normální (tj. každý konečně rozměrný výběr z procesu má sdružené normální rozdělení), pak jsou oba typy stacionarit navzájem ekvivalentní. [2] Stacionární stochastický proces je tedy proces s náhodnými veličinami, které mají konstantní (nulovou) střední hodnotu a konečný rozptyl. [1]

- *Autokovariační a autokorelační funkce*

Chování autokorelační funkce je v rámci B-J metodologie důležitým ukazatelem, neboť napovídá, jaký typ modelu je vhodné pro danou řadu použít a zároveň identifikuje příslušný model.[1] Pro identifikaci je důležité určit hodnotu $k = k_0$, za kterou začíná být autokorelační funkce nebo zjistit, zda taková hodnota vůbec existuje.

Autokovariační funkce pro zpoždění k se definuje jako:

$$\gamma = \text{cov}(Y_t, Y_{t-k}) = E(Y_t - \mu)(Y_{t-k} - \mu), k = \dots, -1, 0, 1, \dots \quad (20)$$

Analogicky autokorelační funkce pro zpoždění k (označovaná anglickou zkratkou ACF) se definuje jako:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma^2_y} = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-k})}{\sqrt{\text{var}(y_t)}\sqrt{\text{var}(y_{t-k})}} = \text{corr}(y_t, y_{t-k}) \quad (21)$$

Dále autokovariační a autokorelační funkce jsou zřejmě sudé funkce (tj. $\gamma_k = \gamma_{-k}$ a $\rho_k = \rho_{-k}$), takže pro jejich popis stačí omezit na $k \geq 0$. Přitom je vždy $\rho_0 = 1$ a $|\rho_k| \leq 1$. Grafický záznam ρ_k pro jednotlivá k se nazývá korelogram. [2]

- *Parciální autokorelační funkce*

Kromě autokorelační funkce ρ_k se používá parciální autokorelační funkce značená jako ρ_{kk} (s anglickou zkratkou PACF). Hodnota ρ_{kk} je definována jako parciální korelační koeficient mezi y_t a y_{t-k} při pevných hodnotách $y_{t-k+1}, \dots, y_{t-1}$. Vzhledem k definici parciální autokorelace ρ_{kk} je jejím logickým odhadem r_{kk} odhadnutý parametr ϕ_{kk} v modelu

$$y_t = \delta + \phi_{k1}y_{t-1} + \phi_{k2}y_{t-2} + \dots + \phi_{kk}y_{t-k} + \varepsilon_t \quad (22)$$

Podobně jako autokorelační funkce může mít také parciální autokorelační funkce bod useknutí, konkrétně pro autoregresní procesy, takže i ona je důležitým identifikačním nástrojem. [2]

- *Bílý šum*

Jestliže je stochastický proces $\{a_t\}$ nekorelovaných náhodných veličin jednoho pravděpodobnostního rozdělení s konstantní střední hodnotou $E a_t = \mu a$ (obvykle nulovou), konstantním rozptylem $D a_t = \sigma_{a_2}$ a $\gamma_k = C a_t$, $a_{t-k} = 0$, pro všechna $k \neq 0$. Z této definice plyne, že proces bílého šumu $\{a_t\}$ je stacionární s autokorelační funkcí ρ_k a parciální autokorelační funkcí ϕ_{kk} . Charakteristické pro tento proces je, že ACF a PACF jsou identicky nulové. [2]

- *Logaritmická míra zisku r_t*

Velmi často modelovanými řadami ve financích jsou řady logaritmických měr zisku r_t (*logarithmus cen*), různých finančních aktiv nebo cenových indexů. Tyto řady obvykle vykazují konstantní střední hodnotu v malé kladné výši, na kterou je nabalen bílý šum. [2]

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln P_t - \ln P_{t-1} = p_t - p_{t-1} \quad (23)$$

Pro odpovídající řadu logaritmických cen $p_t = \ln P_t$, proto platí $p_t = u + p_{t-1} + \varepsilon_t$, tj jedná se o náhodnou procházku, která přibližně roste tempem u .t. [2]

- *Náhodná procházka*

Náhodná procházka (random walk) na přímce je náhodný proces s celočíselnými hodnotami v diskrétním čase. Jeho trajektorii lze interpretovat jako zápis pohybu částice po celočíselných hodnotách na přímce s tím, že v čase 0 je částice v počátku každé časové jednotky a vždy se posune doprava s pravděpodobností p nebo doleva s pravděpodobností q . [2] Náhodná procházka u smíšených modelů má tvar ARIMA (0, 1, 0), který se v obecnosti uvažuje jako vhodný teoretický model pro akciová data. Na modelu náhodné procházky pro logarithmus ceny jsou postaveny složitější teorie, jako je oceňování akciových opcí.

4.2.6.2 Základní modely Box-Jenkinsovy metodologie

- *Lineární proces*

Teoretickým východiskem modelů B-J metodologie je *lineární proces* definovaný jako:

$$y_t = \varepsilon_t + \psi_1 \varepsilon_{t-1} + \psi_2 \varepsilon_{t-2} + \dots, \quad \varepsilon_t = \psi(B) \varepsilon_t \quad (24)$$

kde $\{\varepsilon_t\}$ je bílý šum tj. posloupnost nekorelovaných náhodných veličin s nulovou střední hodnotou a konstantním konečným rozptylem $\sigma^2 > 0$ a B je operátor časového posunu,

který je definován jako $B_y = Y_{t-1}$ a $B_{jyt} = Y_{t-j}$. [2] Tudíž je vytvořena mocninná řada $\psi(B)$, v níž se s operátorem B formálně zachází, jako by to byla proměnná z v klasické mocninné řadě $\psi(Z)$, navíc se předpokládá, že mocninná řada $\psi(Z)$ konverguje pro $z \leq 1$. [2] O lineárním procesu lze hovořit tehdy, když nekonečná řada náhodných veličin konverguje podle kvadratického středu, přičemž limitní hodnoty Y_t tvoří stacionární proces s nulovou střední hodnotou $E(Y_t) = 0$. [2]

- *Proces klouzavých součtů MA*

Na začátek je nutné zdůraznit varování, aby zde nedocházelo k záměně s metodou klouzavých průměrů používanou pro eliminaci trendu. Proces klouzavých součtů řádu q značený jako $MA(q)$ má tvar:

$$y_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (25)$$

kde $\theta_1, \dots, \theta_q$ jsou parametry a $\theta(B) = 1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q$ je operátor klouzavých součtů. $MA(q)$ zřejmě vzniká „useknutím“ lineárního procesu v bodě, který odpovídá zpoždění q . Proces $MA(q)$ je vždy stacionární s nulovou střední hodnotou a rozptylem

$$\sigma_y^2 = \gamma_0 = (1 + \theta_1^2 + \dots + \theta_q^2) \sigma_\varepsilon^2 \quad (26)$$

a jeho autokorelační funkce má tvar :

$$\rho_k = \frac{\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \dots + \theta_q - k \theta_q}{1 + \theta_1^2 + \theta_q^2} \quad (27)$$

pro $k = 1, \dots, q$ a $\rho_k = 0$ pro $k > q$

Proces MA(1)

$$\rho_{kk} = \frac{(-1)^{k-1} \theta_1^k (1 - \theta_1^2)}{1 - \theta_1^{2(k+1)}} \quad (28)$$

Řešením této soustavy lineárních rovnic, určíme parametry φ vyjádřené pomocí ρ autokorelační funkce. Proces $AR(p)$ je vždy invertibilní, neboť jeho zápis (20) je již přímo v invertovaném stavu. [2]

Proces AR(1)

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \mathcal{E}_t \quad (34)$$

je stacionární pro $|\varphi_1| < 1$. V tom případě má nulovou střední hodnotu a rozptyl

$$\varphi_y^2 = \frac{\sigma^2}{1 - \varphi_1^2} \quad (35)$$

a autokorelační funkci

$$\rho_k = \varphi_1^k \quad \text{pro } k \geq 0 \quad (36)$$

ve tvaru geometricky klesající posloupnosti bez bodu useknutí. Speciálně je pro $k = 1$

$$\rho_1 = \varphi_1 \quad (37)$$

Proces AR(2)

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \mathcal{E}_t \quad (38)$$

je stacionární pro

$$\varphi_1 + \varphi_2 < 1, \quad \varphi_2 - \varphi_1 < 1, \quad -1 < \varphi_2 < 1 \quad (39)$$

příslušná oblast stacionarity $AR(2)$ v rovině s vodorovnou osou pro hodnoty φ_1 a svislou osou pro hodnoty, φ_2 vyplní vnitřek trojúhelníku s vrcholy $(-2, -1)$, $(0, 1)$ a $(2, -1)$. V tom případě má proces $AR(2)$ nulovou střední hodnotu. Parciální autokorelační funkce procesu $AR(2)$ má bod useknutí $k_0 = 2$. [2]

- *Smíšený proces ARMA*

Smíšený proces řádu p, q značený jako $ARMA(p, q)$ má tvar:

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \mathcal{E}_t + \theta_1 \mathcal{E}_{t-1} + \dots + \theta_q \mathcal{E}_{t-q}, \quad \varphi(B)y_t = \theta(B)\mathcal{E}_t \quad (40)$$

kde operátory $\varphi(B)$ a $\theta(B)$ byly definovány v procesu $AR(p)$ a $MA(q)$. Podmínka stacionarity (resp. invertibility) procesu $ARMA(p, q)$ je shodná s podmínkou stacionarity procesu $AR(p)$ (resp. invertibility procesu $MA(q)$). [2] Stacionární proces $ARMA(p, q)$ má nulovou střední hodnotu a jeho autokorelační funkce splňuje diferenční rovnici:

$$\rho_k = \varphi_1 \rho_{k-1} + \varphi_2 \rho_{k-2} + \dots + \varphi_p \rho_{k-p} \quad \text{pro } k > q \quad (41)$$

Proces ARMA (1,1)

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \mathcal{E}_t + \theta_1 \mathcal{E}_{t-1} \quad (42)$$

podmínka stacionarity $|\varphi_1| < 1$ a podmínka invertibility $|\theta_1| < 1$

Parciální autokorelační funkce procesu $ARMA(1,1)$ je omezena klesající geometrickou posloupností počínaje ρ_1 . [2]

Procesy ARIMA

Původní časové řady (kurzy akcií) mají zpravidla nestacionární charakter, ať už z hlediska časově proměnné střední hodnoty nebo časově proměnného rozptylu. Tyto řady lze v některých případech modelovat pomocí modelů $ARIMA$. Tyto modely totiž modelují stochasticky vedle náhodných fluktuací i trendovou složku. Stacionarity lze v mnohých případech dosáhnout diferencováním původní časové řady. Pro časové řady z praxe se při tom málokdy použije řád diferencování než 2. Diferencováním se tedy stacionární řada převede na stacionární a po té lze proces vyjádřit pomocí modelů $ARMA$.

Integrovaný smíšený proces řádu p, d, q značený jako $ARIMA(p, d, q)$ má tvar:

$$\varphi(B)w_t = \alpha + \theta(B)\mathcal{E}_t \quad (43)$$

kde

$$w_t = \Delta^d y_t \quad (44)$$

je d -tá diference modelované časové řady y_t a je stacionární (a invertibilní) model ARMA(p,q). Speciálním případem je *integrováný proces* $I(d)$ zapisovaný většinou v jednoduchém tvaru:

$$\Delta^d y_t = \varepsilon_t, \quad (45)$$

který vzniká načítáním bílého šumu (odtud přívlastek „integrováný“). [2] Řád diferencování d přitom v praxi nepřekročí dvojku. Možnosti, jak stanovit řád diferencování d pro pozorovanou řadu jsou *testy na jednotkový kořen*. [2]

Možnost stacionarizace pomocí diferencování svědčí o přítomnosti (téměř) jednotkového kořenu v autoregresním operátoru příslušného modelu. Rozhodnutí o přítomnosti takového jednotkového kořenu (či vícenásobného jednotkového kořenu) je často klíčovým bodem analýzy. [2] Identifikaci na přítomnost jednotkového lze provádět i subjektivně, kdy na odhadnutém kolegramu, můžeme sledovat pomalý pokles od jednotkové hodnoty k nule. Protože pouhým posouzením odhadnutého koleogramu je velmi často nemožné od sebe odlišit nestacionární modely typu $y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$ od nestacionárních s téměř jednotkovým kořenem typu $y_t = 0,95y_{t-1} + \varepsilon_t$ je žádoucí používat statistické testy na dané hladině významnosti. Další možností je sestavení ACF dané řady, pokud hodnoty ACF klesají přibližně lineárně, bude kořen operátoru velice blízký jedné, tudíž je potřeba dále diferencovat. [2]

4.2.6.3 Konstrukce modelu Box – Jenkinsovy metodologie

Konstrukci modelu B-J metodologie pro danou časovou řadu se doporučuje provádět ve třech krocích a to: model identifikovat, odhadnout a diagnostikovat.

- *Identifikace modelu*

Identifikační postup spočívá v prohlídce grafického záznamu odhadnutého korelogramu a parciálního korelogramu modelované časové řady, kdy se snažíme této řadě přiřadit nejvhodnější typ modelu. V případě pochybností testujeme potenciální bod useknutí k_0 pomocí Bartlettovy aproximace s přibližným (asymptotickým) kritickým oborem na hladině významnosti pět procent

$$r_k \geq 2 \sqrt{\frac{1}{n}} (1 + 2 \sum_{j=1}^{k_0} r_j^2) \quad \text{pro některé } k > k_0 \quad (46)$$

nebo pomocí Quenouilleovy aproximace s kritickým oborem na hladině významnosti pět procent

$$r_{kk} \geq 2 \sqrt{\frac{1}{n}} \quad \text{pro některé } k > k_0 \quad (47)$$

Někdy se také pro kontrolu správnosti identifikovaného modelu využívají nerovnosti pro odhadnuté autokorelace r_k , které by teoreticky měly platit za předpokladu stacionarity a invertibility modelu.[2]

- *Odhad modelu*

Odhady parametrů již identifikovaného modelu postupně upřesňujeme pomocí iteračních postupů. Klasickou metodou je metoda nejmenších nelineárních čtverců. V praxi se uplatňuje podmíněná metoda nejmenších nelineárních čtverců nebo metoda nepodmíněná nejmenších nelineárních čtverců. Určení odhadů parametrů v nynější době provádíme pomocí speciálního softwaru STATISTIKA. Závěrečným krokem této části je určení přesnosti získaných odhadů parametrů. [2] Je potřeba zmínit, že je možné dané modely odhadnout tak, že se využijí vztahy mezi parametry daného modelu a jeho autokorelacemi. Takové momentové odhady se však obvykle považují jen za předběžné a

slouží jako počáteční hodnoty pro vlastní odhadové procedury prováděné iteračně, jak bylo uvedeno výše v textu.

- *Diagnostika modelu*

Diagnostika modelu spočívá v tom, že pomocí různých diagnostických nástrojů verifikujeme adekvátnost zkonstruovaného modelu, tj. kontrolujeme, zda je skutečně kompatibilní s analyzovanými daty.[2] Přitom se zaměřujeme na kontrolu stacionarity, kontrola struktury ARMA, grafickou prohlídku vypočteného bílého šumu a na testování nekorelovanosti pro vypočtený bílý šum.

Především kontrolujeme, zda odhadnutý model skutečně splňuje podmínku stacionarity, tj. zda kořeny jeho odhadnutého autoregresního polynomu leží vně jednotkového kruhu v komplexní rovině. Je také možné rozdělit řadu do několika úseků a testovat shodnost odhadnutých úrovní, rozptylů a autokorelací mezi jednotlivými úseky.

Kontrolou struktury ARMA je myšlena shoda korelační struktury odhadnuté z dat a korelační strukturou vypočtenou z odhadnutého modelu, který ověřujeme. Jiná kontrola struktury modelu souvisí s testováním nekorelovanosti pro vypočtený bílý šum pomocí Q-testů.[2]

Velmi důležitým diagnostickým nástrojem je *vypočtený bílý šum* z odhadnutého modelu časové řady. Jeho grafický záznam, odhadnutý korelogram, histogram apod. mohou indikovat případné vady modelu. Ve standardní situaci obvykle očekáváme pro vypočtený bílý šum, nulovou střední hodnotu, konstantní rozptyl, nekorelovanost a normalitu.[2] Nekorelovanost vypočteného bílého šumu může být testována (za předpokladu normality) přímo pomocí testu založeného na Bartlettově aproximaci, kde je pracováno s odhadnutými autokorelacemi vypočteného bílého šumu. Nulová hypotéza nekorelovanosti má zřejmě kritický obor na hladině významnosti pět procent. Velmi často se používají tzv. Q-testy (Portmanteau testy), které testují souhrnně významnost prvních K autokorelací odhadnutého bílého šumu. Současně zde však také dochází k ověření

použité struktury ARMA(p, q), neboť testová Q-statistika za platnosti nulové hypotézy, že původní řada se řídí modelem ARMA(p, q), pak má asymptotické rozdělení $\chi^2(K-p-q)$. [2]

4.2.6.4 Míry přesnosti pro předpovědi

Chyba předpovědi \hat{y}_t skutečné hodnoty y_t je definována jako $e_t = y_t - \hat{y}_t$. Její hodnota se zjistí až tehdy, když poznáme skutečnou hodnotu y_t , kterou jsme přirozeně při konstrukci předpovědi neznali. Často, se však pro posouzení kvality navržené předpovědní metody konstruují předpovědi známých hodnot časové řady a provádí se porovnání těchto předpovědí se skutečnými známými hodnotami. Tento přístup bude použit i v této diplomové práci k hodnocení míry přesnosti. Prvořadým zdrojem chyb předpovědi je výskyt reziduální složky v časové řadě, neboť tato složka představuje nesystematickou fluktuaci v datech. Je-li podíl této složky v řadě značný, pak možnost dodat přesnou předpověď je omezena.[2]

Míry, které se nejčastěji používají pro ocenění kvality zkonstruovaných předpovědí, posuzují souhrnně vývoj předpovědi v čase. Mezi nejčastěji používané míry tohoto typu v jednoduché situaci, kdy souhrnně posuzujeme přesnost předpovědi patří:

- *Součet čtvercových chyb SSE*

$$SSE = \sum_{t=n+1}^{n+h} (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (48)$$

- *Střední čtvercová chyba MSE*

$$MSE = 1/h \sum_{t=n+1}^{n+h} (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad (49)$$

- *Střední absolutní chyba MAE*

$$\text{MEA} = 1/h \sum_{t=n+1}^{n+h} |y_t - \hat{y}_t| \quad (50)$$

- *Střední absolutní procentní chyba MAPE*

$$\text{MAPE} = 100/h \sum_{t=n+1}^{n+h} \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \quad (51)$$

5. Praktická analýza vybraných titulů akcií

5.1 Popis společnosti ČEZ, a.s.

Akciová společnost ČEZ, a.s. byla založena v roce 1992 Fondem národního majetku ČR. Hlavním akcionářem je Česká republika, pro kterou vykonává správu jejího akciového podílu Ministerstvo financí České republiky. [9]

Hlavním předmětem činnosti ČEZ, a.s., je výroba a distribuce elektřiny a s tím související podpora elektrizační soustavy. Zároveň se zabývá výrobou, rozvodem a prodejem tepla. V roce 2003 vznikla spojením ČEZ, a.s., s distribučními společnostmi (Severočeská energetika, Severomoravská energetika, Středočeská energetická, Východočeská energetika a Západočeská energetika). Skupina ČEZ, a.s, která se tak stala nejvýznamnějším energetickým uskupením regionu střední a východní Evropy. [9]

Skupina ČEZ, a.s. patří do evropské desítky největších energetických koncernů a je nejsilnějším subjektem na domácím trhu s elektřinou. V České republice je Skupina ČEZ, a.s největším výrobcem elektřiny a tepla, na většině území provozovatelem distribuční soustavy a nejsilnějším subjektem na velkoobchodním i maloobchodním trhu s elektřinou. [9]

Většina výrobních kapacit je soustředěna v mateřské společnosti ČEZ, a.s. Úspěšné akvizice distribučních firem v Bulharsku a Rumunsku, jakož i elektráren v Polsku a Bulharsku otevřely Skupině ČEZ, a.s. cestu na nové trhy. V průběhu roku 2006 přibýly do Skupiny ČEZ, a.s. nové dceřiné společnosti v Srbsku, Kosovu, v Bosně a Hercegovině a na Ukrajině. [9] Koncem roku 2007 pak Skupiny ČEZ, a.s. a MOL vytvořily strategickou alianci zaměřenou na budování plynových elektráren v Maďarsku. Společný podnik ČEZ, a.s. a MOL se sídlem v Nizozemském království byl založen v červenci 2008 pod názvem CM European Power International B.V.. [9]

Počátkem července 2008 uspěla společnost ČEZ, a.s. v konsorciu s místním turecký partnerem v aukci na distribuční společnost Sedas. V Turecku vznikla v listopadu 2008 nová společnost se sídlem v Istanbulu - AKCEZ ENERJI A.Ş. , ve které ČEZ, a. s., vlastní 50 % podíl. V srpnu 2008 ČEZ, a. s., uskutečnil koupi projektu výstavby dvou větrných

farem v Rumunsku - Fantanele a Cogealac - s celkovým instalovaným výkonem 600 MW, což je výstavba největší přímořské větrné farmy v Evropě. V roce 2008 byla také zaregistrována společnost CEZ RUS OOO se sídlem v Moskvě, která působí jako zázemí pro podporu aktivit Skupiny ČEZ, a.s. na území Ruské federace. [9]

V říjnu 2008 byla společnost ČEZ, a.s. vyhlášena vítězem tendru na majoritní 76% podíl v jediné albánské distribuční společnosti Operatori i Sistemit te Shperndarjes (OSSH sh.a.). Smlouva o prodeji byla podepsána v březnu 2009. V červnu 2009 konsorcium Severočeských dolů Chomutov, člena Skupiny ČEZ, a skupiny J&T převzalo 100 % podíl v německé důlní společnosti MIBRAG. Celková hodnota transakce dosáhla 404 mil. EUR. V srpnu 2010 byl získán 100% podíl v polské elektrárně ELCHO prostřednictvím navýšením původního podílu 75,2 % nákupem 24,8% akciového podílu od menšinového vlastníka Elektrownia Chorzów S.A. V roce 2012 začátek problémů v Albánii, společnost ČEZ, a.s. uvědomila albánskou vládu o úmyslu vést arbitráž na počátku února poté, co 21. ledna albánský regulační úřad rozhodl o odebrání licence společnosti CEZ Shpërndarje a určil administrátora, který pod jeho dohledem převzal správu společnosti, včetně všech rozhodovacích pravomocí a odpovědnosti za její chod, a na kterého se tudíž přenesla práva statutárních orgánů společnosti. V roce 2013 začaly protesty proti ČEZ, a.s. v Bulharsku a v roce 2014 byl zrušen tendr na dostavbu Temelína.

5.1.1 *Identifikace modelu*

Před identifikací modelu bude provedena vizuální analýza grafu 20 a spočítáme elementární charakteristiky.

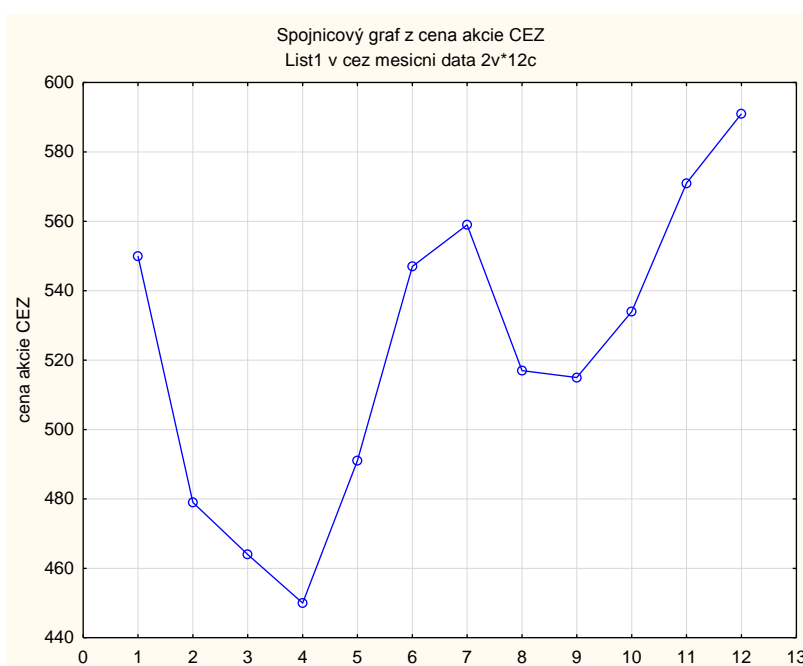
5.1.2 *Elementární charakteristiky*

Pro elementární charakteristiky, které budou vypočteny před samotnou analýzou, byla transformována původní řada denních hodnot a vytvořena časová řada hodnot cen akcií v měsíčním intervalu a jako rozhodující hodnota byl zvolen kurz akcie v posledním

dni měsíce. Elementární charakteristiky budou popsány, tak jak je uvedeno v metodice této diplomové práce. Pro lepší orientaci byl vytvořen graf 1 v programu Statistica 12, kde byly k jednotlivým pohybům kurzu vytvořeny komentáře důvodu pohybu tohoto kurzu.

Graf 1: Měsíční hodnoty akciových kurzů ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwarem.Statistica 12



Při vizuálním prostudování grafu 1 je možno pozorovat obrovský pokles cen akcií v období od května 2013 na nejnižší hodnotu ve sledovaném období. Analytici zdůvodnili tento propad problémy v Albánii a narůstajícím napětím mezi společnostmi ČEZ, a.s. a Bulharskem. Nejnižší hodnota byla zaznamenána v polovině roku a následně nastal růst, který je dáván do spojitosti s vyřešením problému ve výše uváděných destinacích. Kurz následně stoupal do doby, kdy média koncem roku 2013 poprvé zveřejnila uvažovanou možnost zastavení tendru na dostavbu Temelína. Stagnaci je možné pozorovat na přelomu roku. Toto období je charakteristické nepravidelnými obchodními dny (Vánoce, oslavy Nového roku) na burzách a nižším objemem obchodů. Začátkem roku 2014 akcie

posilovaly, analytici přisuzují růst zveřejněním finančních výsledků společnosti za uplynulý rok

Tabulka 1: Elementární charakteristiky upravené měsíční časové řady ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování Excel

Datum	cena akcie	I.diference	II.diference	tempo přírůstku	koeficient růstu	koeficient zrychlení
31.5.2013	550					
28.6.2013	479	-71		-12,91%	87,09%	
31.7.2013	464	-15	56	-3,13%	96,87%	-0,78873
30.8.2013	450	-14	1	-3,02%	96,98%	-0,06667
30.9.2013	491	41	55	9,11%	109,11%	-3,92857
31.10.2013	547	56	15	11,41%	111,41%	0,365854
29.11.2013	559	12	-44	2,19%	102,19%	-0,78571
30.12.2013	517	-42	-54	-7,51%	92,49%	-4,5
31.1.2014	515	-2	40	-0,39%	99,61%	-0,95238
28.2.2014	534	19	21	3,69%	103,69%	-10,5
31.3.2014	571	37	18	6,93%	106,93%	0,947368
30.4.2014	591	20	-17	3,50%	103,50%	-0,45946

Průměrný absolutní přírůstek	3,727 Kč
-------------------------------------	----------

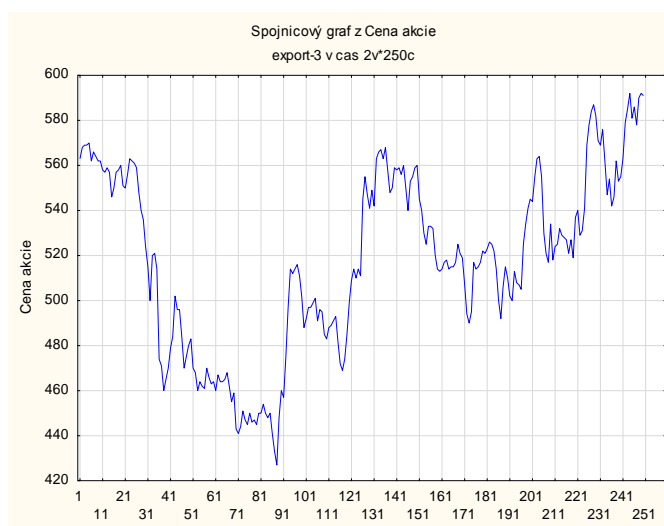
Průměrný koeficient růstu	9,73%
----------------------------------	-------

Z tabulky 1 lze vyčíst, že maximální absolutní úbytek ve sledovaném období byl 71 Kč, tedy v období, kdy vznikla krize na Balkáně. Největší přírůstek byl 56 Kč, kdy se akcie odrazily od nejnižší hodnoty ve sledovaném období. Tempo přírůstku dosáhlo svého maxima na 11,41%, největší tempo úbytku bylo 12,91%. Tempo růstu vykazuje postupnou rychlost změn v čase.

Po vypracování elementárních charakteristik, můžeme začít s identifikací modelu. Pomocí spojnicového grafu 2 znázorníme časovou řadu denních zavíracích kurzů a po prvním vizuálním prozkoumání grafu lze konstatovat, že časová řada je nestacionární. Řada nekolísá okolo žádné konstanty, můžeme pozorovat vysoké rozdíly mezi hodnotami. Na horizontální ose je zaznamenán čas a na vertikální ose je cena akcie v Českých korunách. Pro identifikaci řady ARMA modelů je potřeba řadu stacionarizovat. Jako první krok pro stacionarizaci řady odborná literatura doporučuje, provést logaritmickou transformaci časové řady danou vztahem $x_t^* = \ln x_t$, transformovanou řadu nám ukazuje graf 3. Transformovanou řadou získáme možnost objektivního měřítka posuzování změn r_t na ose y v celé délce časové řady.

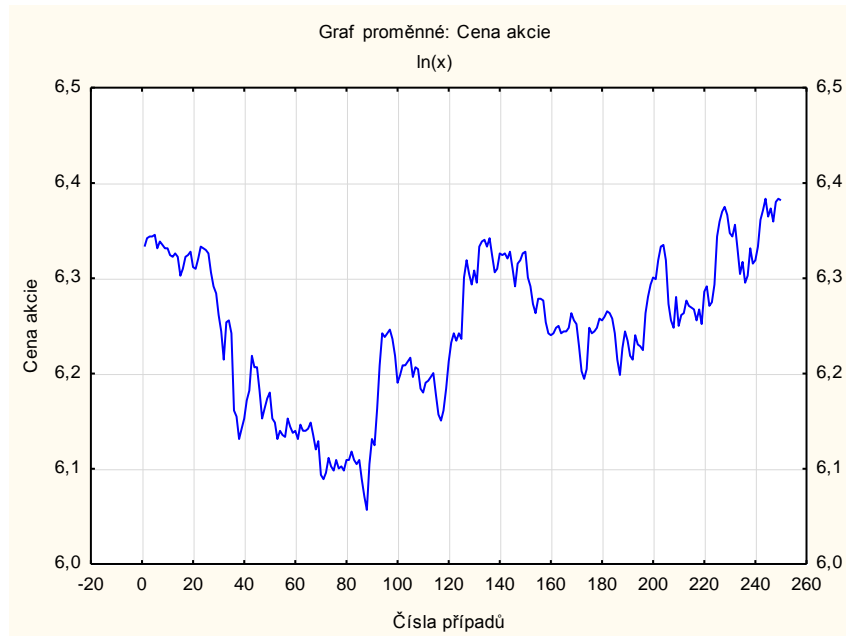
Graf 2: Spojnicový graf zavírací denní kurzy ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwarem.Statistica 12



Graf 3 : Logaritmovaná časová řada akcií ČEZ

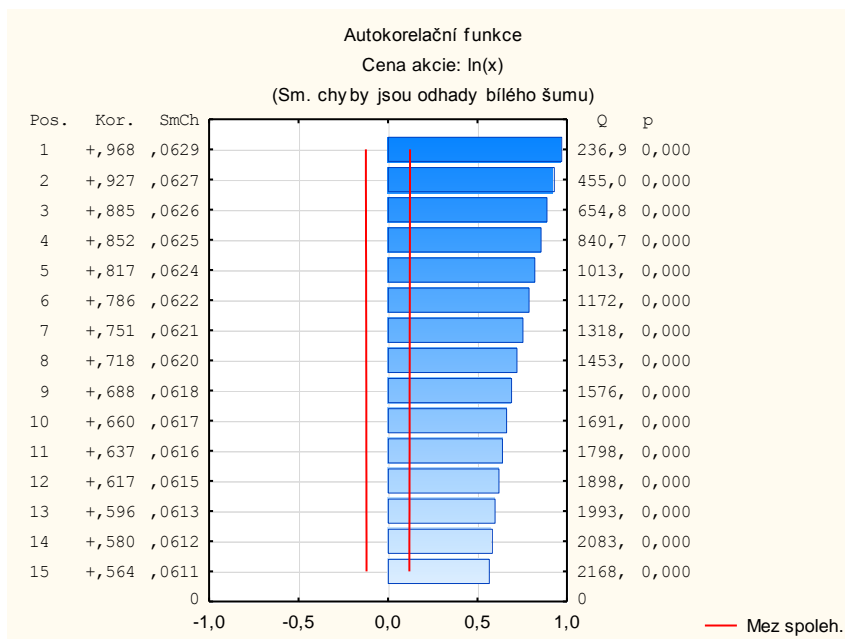
Zdroj: vlastní zpracování softwarem Statistika 12



Z průběhů časové řady po provedení logaritmické transformace graf 3 lze usuzovat, že řada je stále nestacionární. Na nestacionaritu ve střední hodnotě lze usuzovat podle průběhu autokorelační funkce ACF, obecně se definují znaky nestacionarity pro ACF způsobem, kdy první hodnota ACF je blízká jedné a klesá zhruba lineárním tempem viz. graf 4. I z průběhu parciální autokorelační funkce PACF, lze usuzovat na nestacionaritu. Po vizuálním vyšetření PACF lze konstatovat, že nastal stav, kdy se první hodnota PACF blíží jedné a ostatní hodnoty jsou v mezích spolehlivosti viz. graf 5.

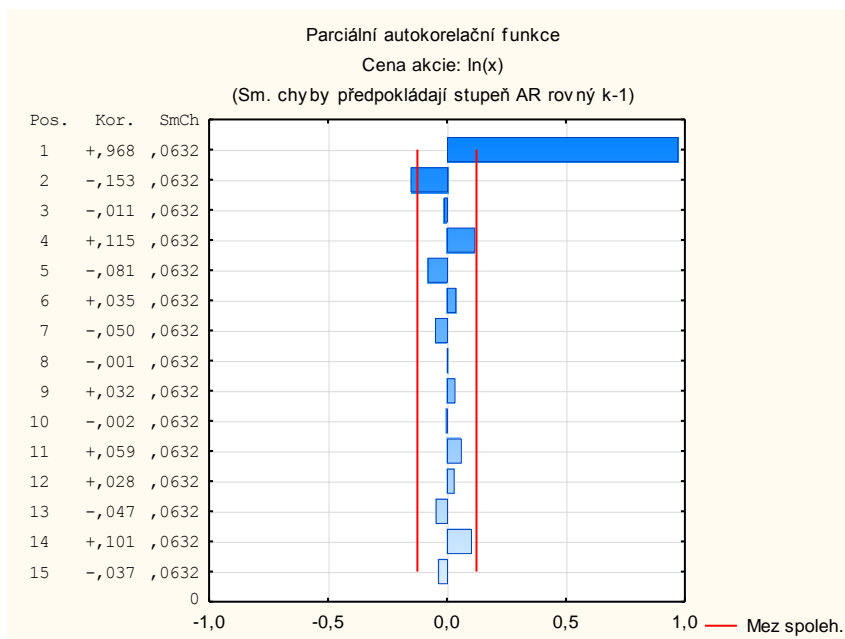
Graf 4: ACF logaritmované řady ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwarem Statistika 12



Graf 5: PACF logaritmované řady ČEZ

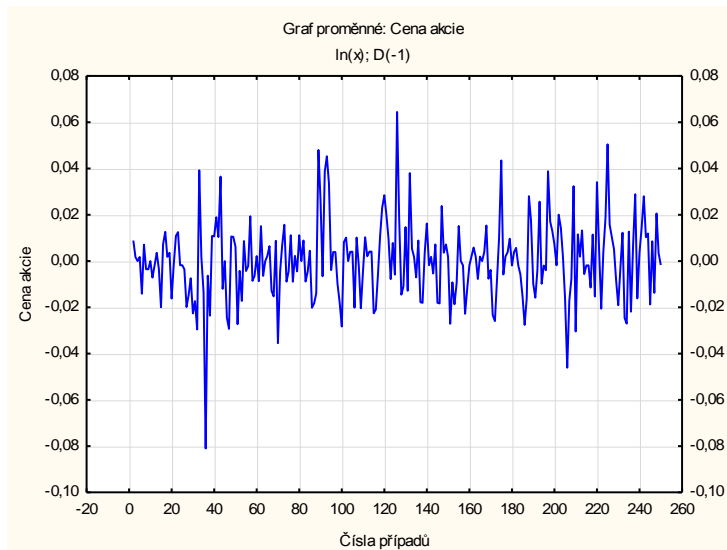
Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Jako další krok pro provedení stacionarizace se doporučuje provádět diferenci prvního řádu na logaritmované časové řadě 6, 7, 8. Tímto se posouváme od modelů ARMA, které mohou pracovat jen se stacionárními časovými řadami, k modelům ARIMA, které dovedou pracovat i s nestacionárními řadami. Časovou řadu aproximovanou diferencí prvního řádu vyjadřuje graf 6. Po vizuálním shlédnutí grafu 6 lze konstatovat, že časová řada po provedení první diference se jeví jako stacionární řada, kolísá okolo střední hodnoty. Pro potvrzení tohoto předpokladu provedeme autokorelaci a parciální autokorelaci pro logaritmovanou časovou řadu s první diferencí graf 7 a 8.

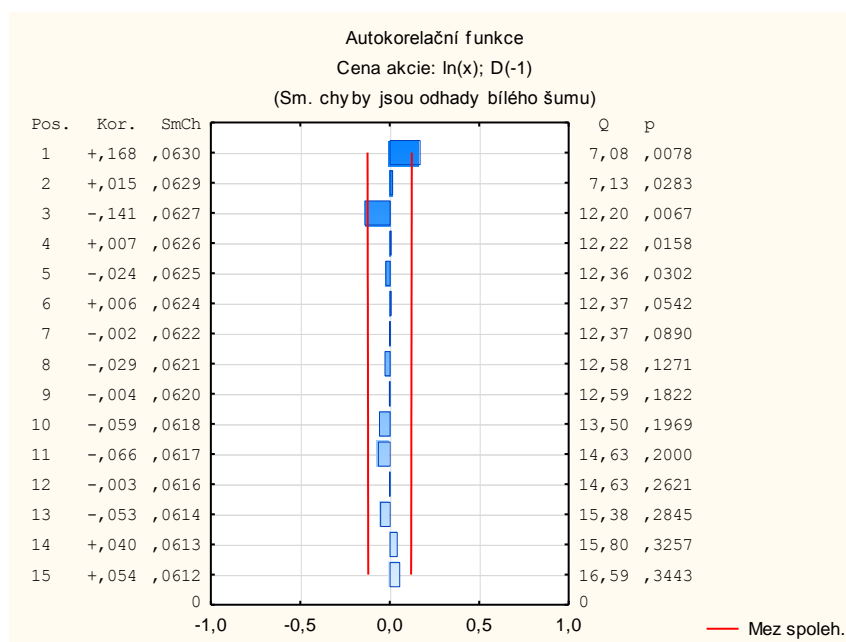
Graf 6: první diference logaritmované časové řady ČEZ

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



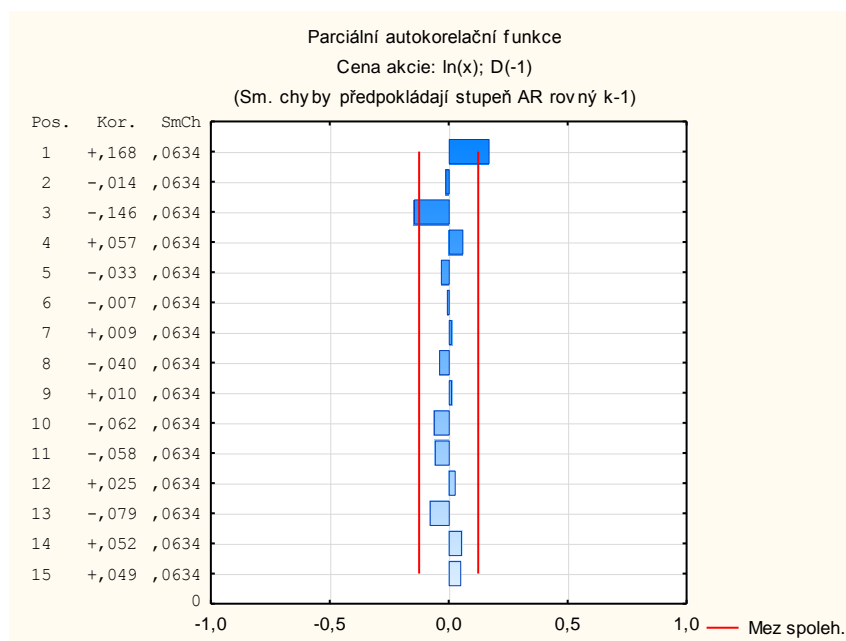
Graf 7: ACF logaritmované řady první diferencí akcií ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwaru.Statistica 12



Graf 8: PACF logaritmované řady první diferencí akcií ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwaru.Statistica 12



V grafu 7 a 8 je vidět, že na první a třetí pozici hodnoty reziduálních autokorelačních koeficientů mírně převyšují meze spolehlivosti, což znamená, že časová řada obsahuje systematickou složku a můžeme je pokládat za nenulové. Lze tedy identifikovat modely:

$$AR(1) = ARMA(1, 0)$$

$$ARIMA(1, 1, 0)$$

$$AR(3) = ARMA(3, 0)$$

$$ARIMA(3, 1, 0)$$

$$MA(1) = ARMA(0, 1)$$

$$ARIMA(0, 1, 1)$$

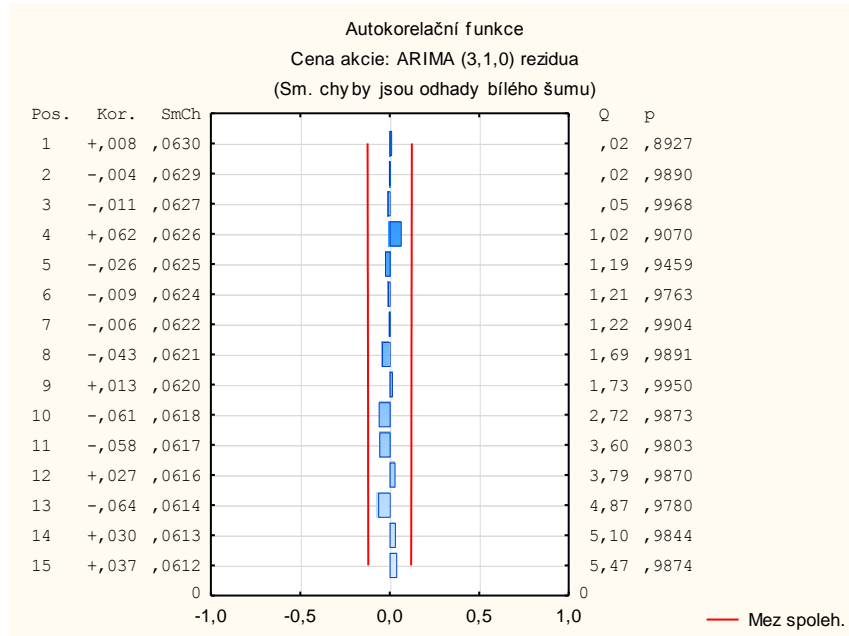
$$MA(3) = ARMA(0, 3)$$

$$ARIMA(0, 1, 3)$$

Ve stacionárních modelech má konstanta souvislost se střední hodnotou (tj. úrovní) odpovídajícího procesu např. pro MA(1) je přímo $u = E = \alpha$ pro AR(1) je $u = \alpha / (1 - \alpha_1)$. Z věcného důvodu odhadujeme konstantu φ a to proto, že investor, který pracuje s akciemi podstupuje riziko při jejich prodeji nebo nákupu. Konstanta je velmi blízká nule, ale s postupem času by měla ukazovat stoupající trend a to z důvodu, že investor se snaží dlouhodobě růst a posilovat hodnotu svého portfolia. Po prostudování grafů 7 a 8 zvolíme model ARIMA (3, 1, 0), pro další odhad a verifikaci. Pro potvrzení správnosti výběru byl proveden autokorelační test pro model ARIMA (3, 1, 0) graf 9. Při porovnání normálního rozdělení reziduí, vidíme, že ani jedna hodnota nepřekračuje mez spolehlivosti.

Graf 9: ACF ARIMA (3,1,0) časové řady ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwarem.Statistica 12



5.1.3 Odhad parametrů a verifikace

Následujícím krokem, který aplikujeme po identifikaci je odhad parametrů zkoušeného modelu a potom následuje verifikace . Pro odhad jsme použili model ARIMA (3, 1, 0) Provedeme otestování parametrů $p(1)$ a $p(3)$. Oba parametry jsou nižší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$, tímto se dá prokázat střední hodnota a parametry jsou nenulové. Pro další porovnání použijeme t -test každého parametru s hodnotou $t = 1,96$ pro 95% kvantil. Parametr $p(1)$ má hodnotu t -testu 2,67227 tento parametr je vyšší než 1,96 i parametr $p(3)$ je vyšší než hodnota 1,96.

Tabulka 2: Odhad parametrů ARIMA (3, 1, 0)

Zdroj: vlastní zpracování softwarem.Statistica 12

Vstup: Cena akcie (export-3 v cas) Transformace: ln(x),D(1) Model:(3,1,0) PČ Rezid. = ,00029						
Paramet.	Param.	Asympt. SmCh	Asympt. t(245)	p	Dolní 95% spol	Horní 95% spol
Konstant	0,00018:	0,001111:	0,16390:	0,86994:	-0,00200:	0,00236:
p(1)	0,16797:	0,06333:	2,6522:	0,00851:	0,04323:	0,29272:
p(2)	0,01078:	0,06422:	0,16798:	0,86673:	-0,11571:	0,13729:
p(3)	-0,14650:	0,06351:	-2,3066:	0,02190:	-0,27160:	-0,02140:

Výsledný model má podobu ARIMA (3,1,0)

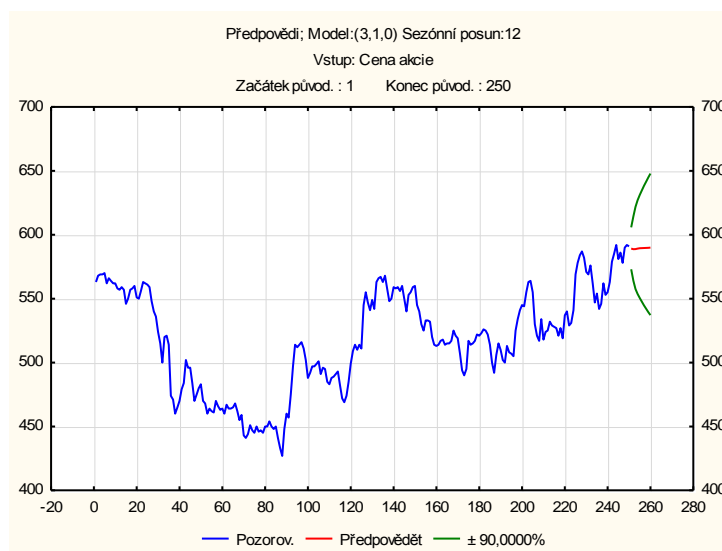
$$y_t = 0,000182 + 0,167978y_{t-1} + 0,010788y_{t-2} - 0,146506y_{t-3} + \epsilon_t$$

5.1.4 *Predikce finanční časové řady ČEZ*

Pomocí modelu ARIMA (3, 1, 0) nyní provedeme predikci časové řady pro deset hodnot. Predikce hodnot je ukázána červenou barvou, zelenou barvou je vykreslen interval s 90% přesností viz. graf 10.

Graf 10: Predikce časové řady ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwaru. Statistica 12



V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty předpovědi. V prvním sloupci vidíme hodnoty dat předpovědi, ve druhém bodový odhad, ve třetím a čtvrtém sloupci předpovědní interval s dolní a horní hranicí při 90%.

Tabulka 3: Bodové a intervalové předpovědi časové řady ČEZ

Zdroj: vlastní zpracování softwaru. Statistica 1

Předpovědi; Model:(3,1,0) Sezónní posun:12 (export-3 v c Vstup: Cena akcie Začátek původ. : 1 Konec původ. : 250			
ČísloPříp.	Předpově	Dolní 90,0000%	Horní 90,0000%
251	589,1814	572,9665	605,8547
252	588,6775	563,9527	614,4862
253	588,8228	557,5635	621,8346
254	589,2114	553,6950	627,0061
255	589,4560	550,4884	631,1820
256	589,5838	547,5656	634,8263
257	589,6547	544,7232	638,2924
258	589,7360	542,0374	641,6320
259	589,8355	539,5178	644,8461
260	589,9466	537,1617	647,9184

5.1.5 *Porovnání skutečných hodnot akcií ČEZ, a.s. a hodnot generovaných modelem ARIMA (3, 1, 0)*

Tabulka č.4 Porovnání skutečných hodnot ČEZ, a.s. s odhadnutými konstantami

Datum	Čas t	Predikce	Skutečná hodnota	Abs. Chyby předpovědi
5.5.2014	251	589,18	591,7	2,52
6.5.2014	252	588,67	597,4	8,73
7.5.2014	253	588,82	603,5	14,68
9.5.2014	254	589,21	599	9,79
12.5.2014	255	589,45	591,1	1,65
13.5.2014	256	589,58	575,2	14,38
14.5.2014	257	589,65	569	20,65
15.5.2014	258	589,73	567	22,73
16.5.2014	259	589,83	573,9	15,93
19.5.2014	260	589,94	579	10,94

5.2 Popis společnosti Komerční banka, a .s. (KB, a.s.)

Komerční banka byla založena v roce 1990 jako státní instituce a v roce 1992 byla transformována na akciovou společnost. Akcie KB, a.s. jsou kótovány na Burze cenných papírů Praha i v RM-Systemu již od jejich vzniku. [12]

Globální depozitní certifikáty (GDR) zastupující akcie KB, a.s. se obchodují na Burze cenných papírů v Londýně (London Stock Exchange) od roku 1995. V roce 2001 koupila státní 60 % podíl v Komerční bance společnost Sociétés Générale. Po této privatizaci začala KB, a.s. kromě své tradičně silné pozice na trhu podniků a municipalit výrazně rozvíjet aktivity také pro individuální zákazníky a podnikatele. [12]

Součástí rozvoje retailových aktivit byl i nákup zbývajících 60 % podílu v Modré pyramidě v roce 2006, kterým KB, a.s. získala plnou kontrolu nad třetí největší stavební

spořitelnou v České republice. Dne 31. 12. 2010 nabyla účinnosti příhraniční fúze sloučením mezi Komerční bankou a Komerční bankou Bratislava s tím, že nástupnickou společností se stala Komerční banka, která pokračuje v aktivitách na Slovensku prostřednictvím pobočky. [12]

KB, a.s. je mateřskou společností Skupiny KB, a.s. a je součástí mezinárodní skupiny Sociétés Générale. Komerční banka patří mezi přední bankovní instituce v České republice a v regionu střední a východní Evropy. KB, a.s. je univerzální bankou se širokou nabídkou služeb v oblasti retailového, podnikového a investičního bankovníctví. Společnosti Skupiny KB nabízejí další specializované služby, mezi které patří penzijní připojištění, stavební spoření, faktoring, spotřebitelské úvěry a pojištění, dostupné prostřednictvím sítě poboček KB, a.s. přímého bankovníctví vlastní distribuční sítě. Prostřednictvím pobočky poskytuje KB své služby rovněž ve Slovenské republice. [12]

Obsluha korporátní klientely Komerční banky je rozdělena do dvou segmentů, parametrem je obvykle roční obrát klienta a škála produktů, které využívá. Společnosti s obrátem od 60 do 1.500 mil. Kč jsou obsluhovány zpravidla na obchodních centrech segmentu Corporate, klienti s obrátem vyšším jsou obsluhováni zpravidla divizemi segmentu Top Corporations, které jsou v Praze, Brně a v Bratislavě. [12]

Ve Slovenské republice obsluhuje KB své klienty prostřednictvím pobočky s názvem „Komerční banka, a.s., pobočka zahraniční banky“. Pobočka KB ve Slovenské republice se orientuje zejména na velké a středních firmy s obrátem od 33 milionů EUR. Pozice pobočky KB ve Slovenské republice je v této oblasti silná, disponuje know-how mateřské KB a využívá synergie v rámci skupiny KB i SG, díky které dokáže poskytovat svým klientům komplexní finanční řešení. [12]

5.2.1 *Identifikace modelu*

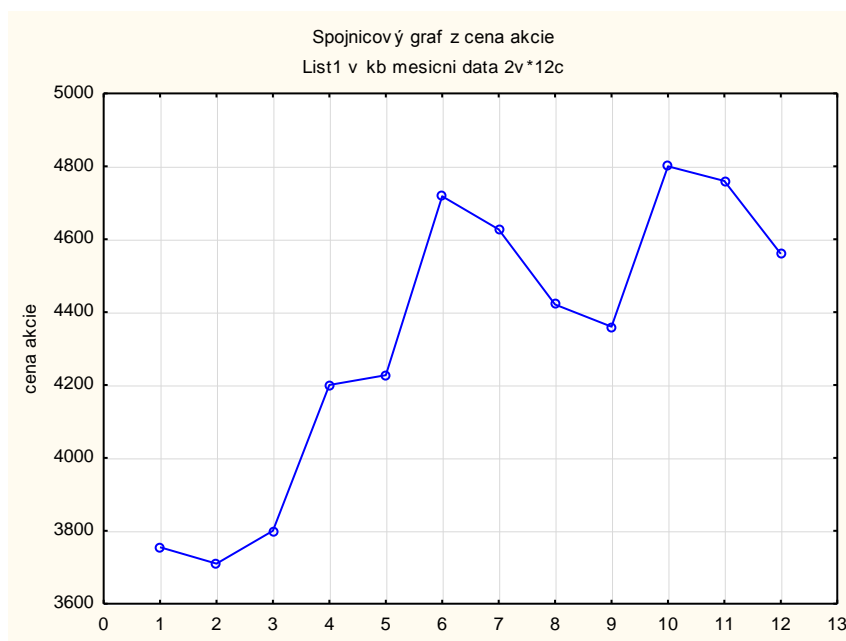
Před identifikací modelu bude provedena vizuální analýza grafu 10 a spočítáme elementární charakteristiky.

5.2.2 *Elementární charakteristiky*

Pro elementární charakteristiky, které budou provedeny před samotnou analýzou, byla transformována původní řada denních hodnot a vytvořena časová řada hodnot cen akcií v měsíčním intervalu a jako rozhodující hodnota byl zvolen kurz akcie v posledním dni měsíce. Elementární charakteristiky budou popsány, tak jak je uvedeno v metodice této diplomové práce. Pro lepší orientaci byl vytvořen graf 10 v programu Statistica 12, kde budou k jednotlivým pohybům kurzu vytvořeny komentáře důvodu pohybu tohoto kurzu.

Graf 10: Spojnicový graf zavírací měsíční kurzy KB

Zdroj: vlastní zpracování softwarem.Statistica 12



Začátkem roku se objevují známky oživení českého hospodářství, Česká republika se díky zlepšení zahraniční poptávky vymanila z dlouhé recese. Navzdory ekonomickému oživení nebyly patrné tlaky na zvyšování cen a inflace zůstala pod cílem ČNB. To vedlo centrální banku k tomu, aby 7. listopadu 2013 zahájila přímou intervenci s cílem oslabit českou korunu nad hranici 27 CZK/EUR. Reakce spotřebitelů na toto znehodnocení pravděpodobně přispěla k silnému růstu maloobchodních tržeb na konci roku. Nový měnový kurz také zvýšil korunovou hodnotu cizoměnových úvěrů a vkladů v českém bankovním systému, které vedlo k posílení cen akcií bankovních institucí. Celkové úvěrování zrychlilo v posledním čtvrtletí a to především díky hypotékám, financování velkých podniků a mírnému oživení v oblasti spotřebitelských úvěrů, v tomto období je kurz na nejvyšší hodnotě v roce 2013.[12] Stagnaci je možné pozorovat na přelomu roku. Toto období je charakteristické nepravidelnými obchodními dny (Vánoce, oslavy Nového roku) na burzách a nižším objemem obchodů, zde platí analogie vývoje ke kurzům akcií ČEZ, a.s. Komerční banka předložila začátkem února hospodářské výsledky za uplynulý rok a trhy velmi rychle reagovaly na toto oznámení pádem kurzu akcií KB, a.s. ve výsledcích je uváděn konsolidovaný čistý zisk připadající akcionářům ve výši 12,5 miliardy Kč, což představuje meziroční pokles o 10,2 procenta. Konsolidované výnosy Skupiny KB, a.s. klesly meziročně o 5,4 procenta na 30,9 miliardy Kč. Pokles výnosů ovlivnilo několik jednorázových položek a především velmi nízké tržní úrokové sazby, které omezovaly výnos z reinvestování likvidity a nižší ceny u některých bankovních služeb.[12]

Tabulka 5: Elementární charakteristiky upravené měsíční časové řady KB

Zdroj: vlastní zpracování Excel

Datum	cena akcie	I.diference	II.diference	tempo přírůstku	koeficient růstu	koeficient zrychlení
31.5.2013	3755					
28.6.2013	3710	-45		-1,20%	98,80%	
31.7.2013	3800	90	135	2,43%	102,43%	-3
30.8.2013	4200	400	310	10,53%	110,53%	3,444444
30.9.2013	4227	27	-373	0,64%	100,64%	-0,9325

31.10.2013	4718	491	464	11,62%	111,62%	17,18519
29.11.2013	4627	-91	-582	-1,93%	98,07%	-1,18534
30.12.2013	4421	-206	-115	-4,45%	95,55%	1,263736
31.1.2014	4360	-61	145	-1,38%	98,62%	-0,70388
28.2.2014	4800	440	501	10,09%	110,09%	-8,21311
31.3.2014	4760	-40	-480	-0,83%	99,17%	-1,09091
30.4.2014	4560	-200	-160	-4,20%	95,80%	4

Průměrný absolutní přírůstek	73,182 Kč
-------------------------------------	-----------

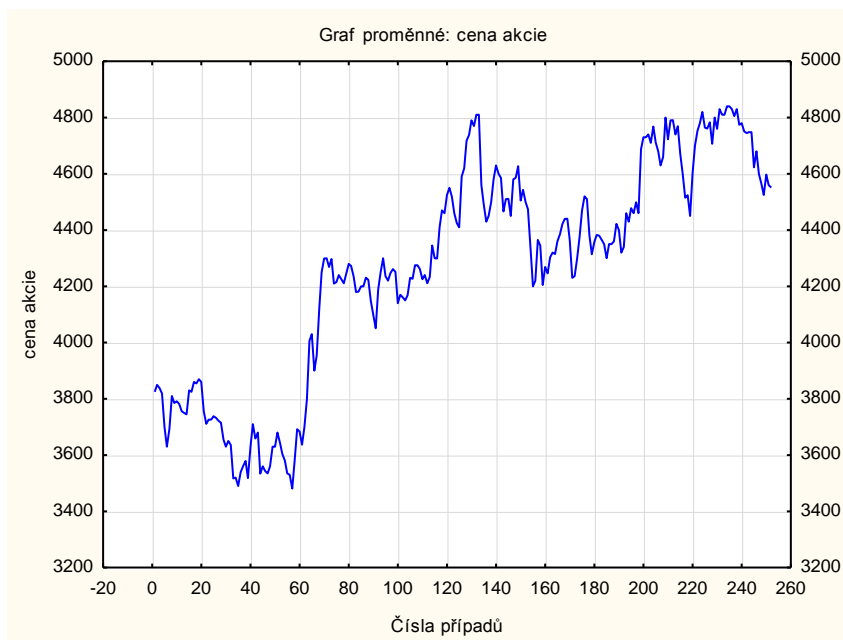
Průměrný koeficient růstu	3,29%
----------------------------------	-------

V tabulce 5 lze vyčíst, že největší absolutní úbytek ve sledovaném období byl 206 Kč, v tomto období po několikaměsíčním růstu kurzů dochází k jejich pádu, toto období je před koncem kalendářního roku, toto období je charakteristické pro nižší objem obchodů, jak bylo uvedeno výše v textu. Největší přírůstek byl 440 Kč, v tomto období se očekávalo zveřejnění výsledků hospodaření za rok 2013. Tempo přírůstku dosáhlo svého maxima na 11,62 % ve čtvrtém kvartále roku 2013, toto období je charakterizováno nárůstem a nejvyšší hodnotou kurzu v roce 2013, jak bylo uvedeno výše v textu, největší tempo úbytku bylo 4,45 %.

Po vizuálním vyhodnocení grafu 10 a vypočtení elementárních charakteristik, můžeme začít s identifikací modelu. Časovou řadu akcií KB, a.s. zobrazuje spojnicový graf 11. Na ose x jsou zaznamenány denní zavírací kurzy akcií KB, a.s. na BCCP, osa y nám ukazuje hodnotu akcie v Czk. Po prostudování grafu je patrný rostoucí trend cen akcií v první půlce zaznamenaných dat. Další studie nám ukáže, že časová řada je nestacionární. Řadu bude dále logaritmicky transformovat a testovat na stacionaritu pomocí funkcí ACF a PCF.

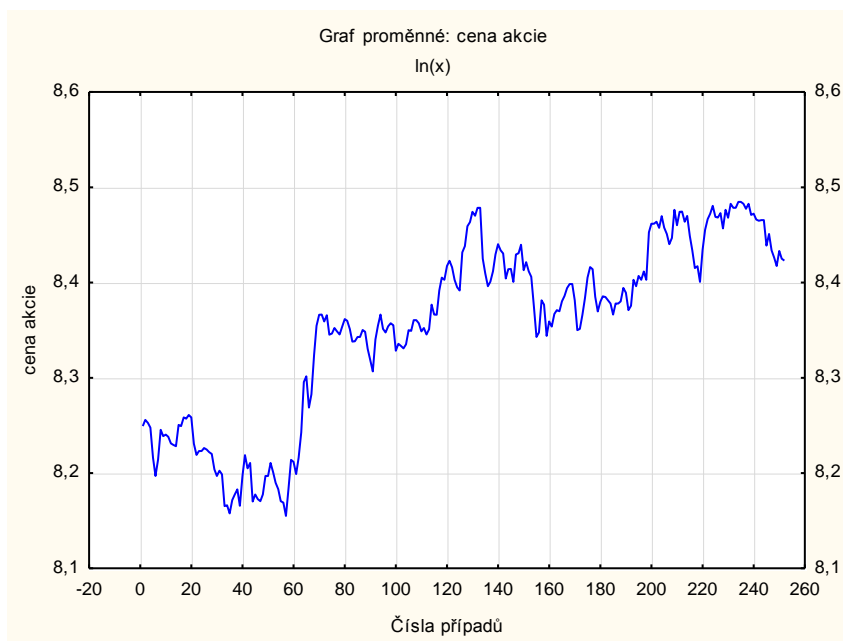
Graf 11: časová řada akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Graf 12: Logaritmovaná časová řada akcií KB

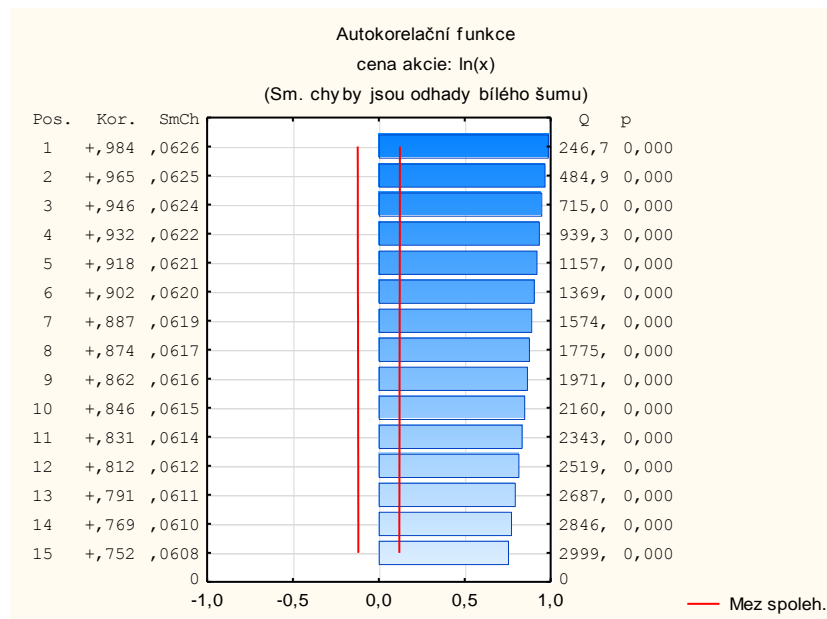
Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Graf 12 nám ukazuje časovou řadu pro provedení logaritmické transformace, je možné pozorovat jistou změnu hodnot, ale časová řada není stacionární, z grafu 12 je patrné již vizuální kontrolou, že hodnoty neoscilují kolem jedné konstanty. Podle průběhu křivky v grafu lze konstatovat, že sledovaná hodnota roste ve druhé třetině zaznamenaných hodnot časové řady.

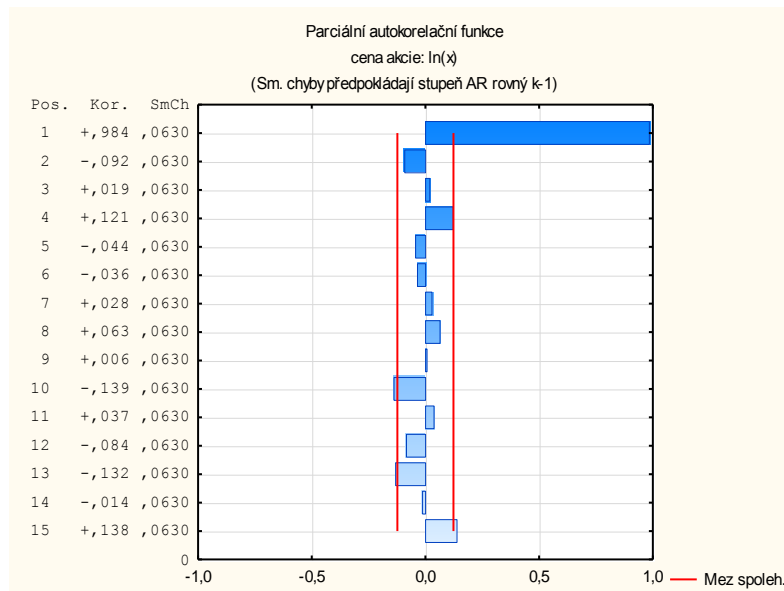
Graf 13: ACF logaritmované řady akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistiky 12



Graf 14: PACF logaritmované řady akcií KB

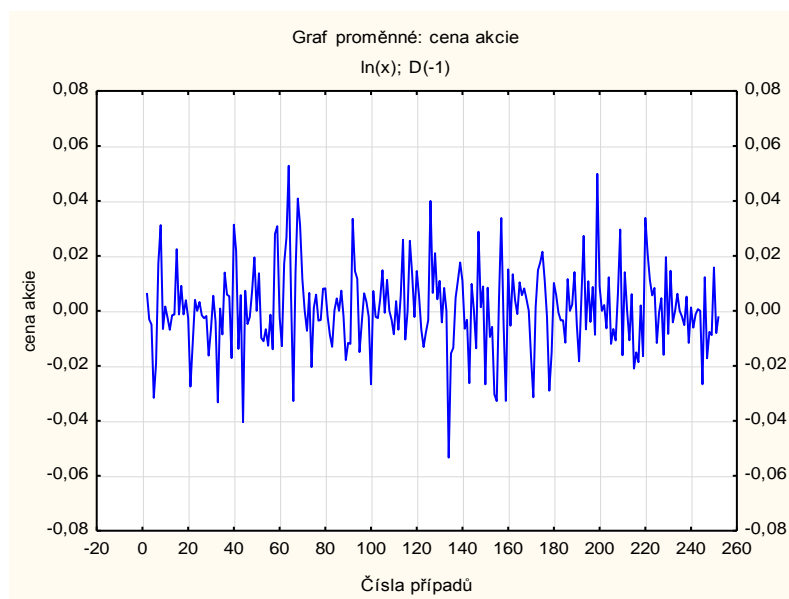
Zdroj: zpracování softwarem Statistiky 12



Na grafu 13 vidíme všechny hodnoty blízké jedné a jen velmi pomalé snižování těchto hodnot u PACF na grafu 14 vidíme první hodnotu blízkou jedné a ukazující na nestacionaritu střední hodnoty. Pro stacionarizaci řady provedeme první diferenci této řady.

Graf 15: První diference logaritmované řady akcií KB

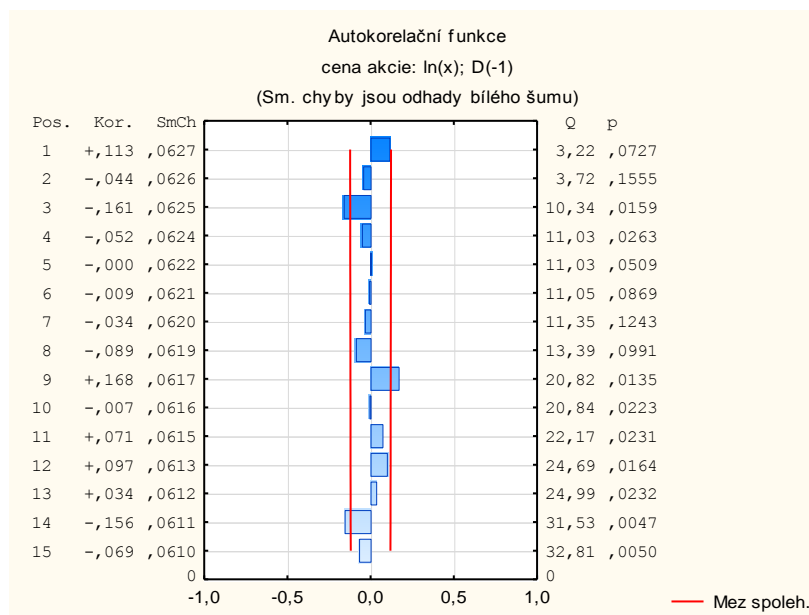
Zdroj: zpracování softwarem Statistiky 12



Na grafu 15 můžeme pozorovat, že časová řada osciluje kolem střední hodnoty s maximální odchylkou od střední hodnoty 5%. Můžeme konstatovat, že po provedení první diference časové řady se řada stacionarizovala. To potvrdí i následné testy ACF a PACF.

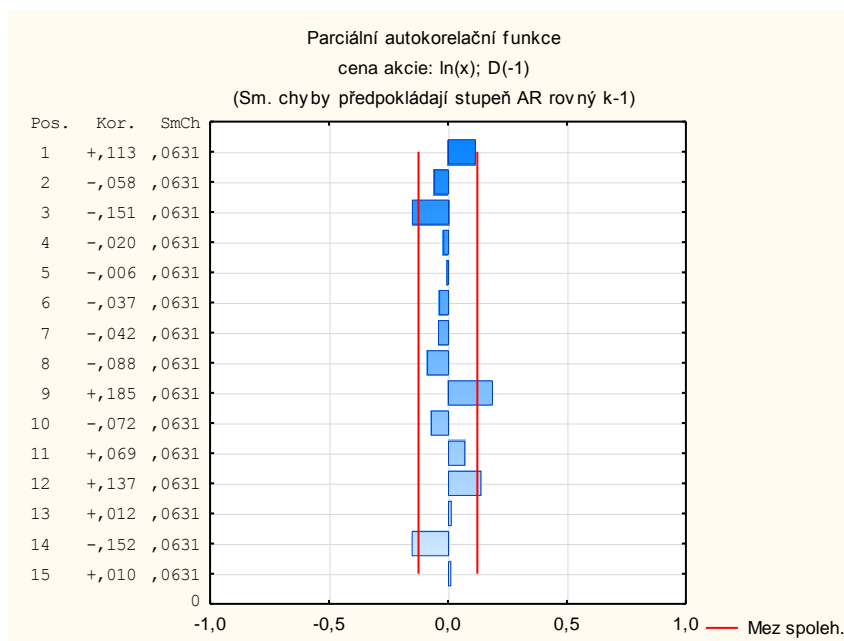
Graf 16: ACF první diference logaritmované řady akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Graf 17: PACF první diference logaritmované řady akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



5.2.3 Odhad parametrů a verifikace

Po zkušenostech z předchozí analýzy akcií ČEZ budeme analyzovat tuto časovou řadu modely ARIMA. Po prostudování průběhu funkcí ACF a následně pak PACF u první diference logaritmované řady nám vychází tyto modely:

$$AR(1) = ARMA(1, 0)$$

$$ARIMA(1, 1, 0)$$

$$AR(3) = ARMA(3, 0)$$

$$ARIMA(3, 1, 0)$$

$$MA(1) = ARMA(0, 1)$$

$$ARIMA(0, 1, 1)$$

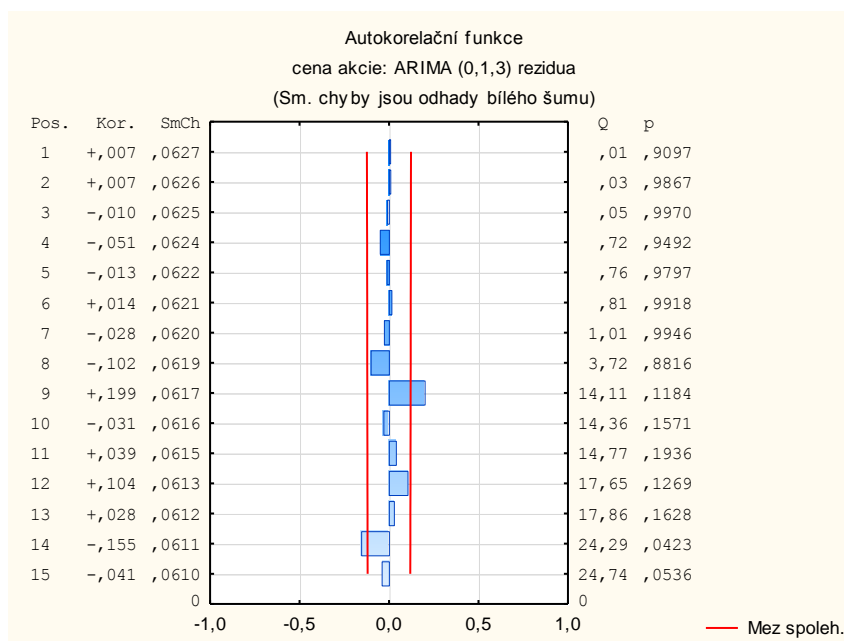
$$MA(3) = ARMA(0, 3)$$

$$ARIMA(0, 1, 3)$$

V analýze akcií ČEZ jsme zvolili model ARIMA (3, 1, 0) nyní se zaměříme na model ARIMA (0, 1, 3). Model otestujeme funkcemi ACF a PACF.

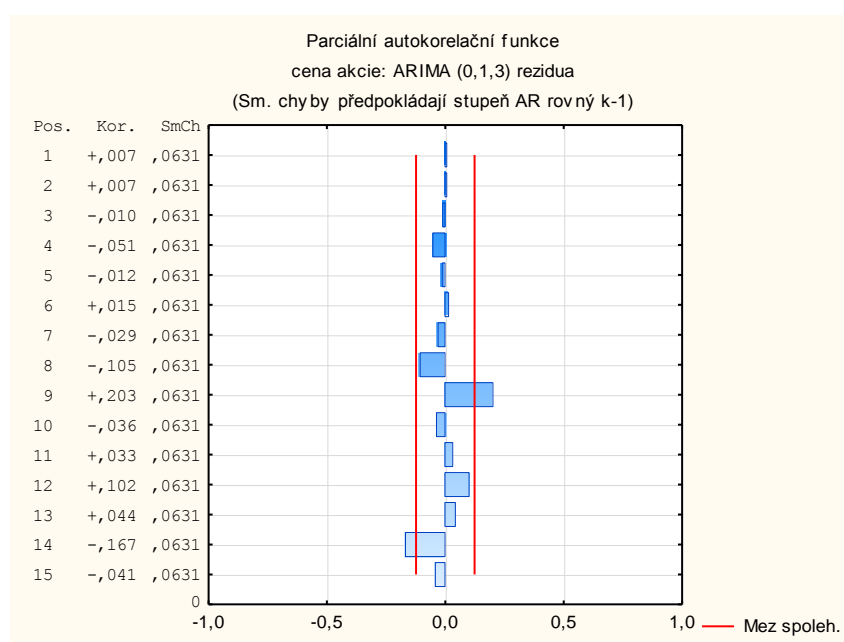
Graf 18: ACF modelu ARIMA (0, 1, 3)

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Graf 19: PACF odhadnutého modelu ARIMA (0, 1, 3)

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Oba grafy nám ukazují, že volba modelu ARIMA (0, 1, 3) dle průběhu jejich autokorelacích a parciálních korelačních funkcí splňuje meze spolehlivosti a je vhodný pro odhad jeho parametrů.

Tabulka 6: Odhadnuté parametry modelu ARIMA (0, 1, 3)

Zdroj: zpracování softwarem Statistiky 12

Vstup: cena akcie (List1 v KB cas rada) Transformace: ln(x),D(1) Model:(0,1,3) PČ Rezid. = ,00023						
Paramet.	Param.	Asympt. SmCh	Asympt. t(247)	p	Dolní 95% spol	Horní 95% spol
Konstant	0,000700	0,000862	0,81207	0,417532	-0,000998	0,002399
q(1)	-0,099931	0,063757	-1,56753	0,118271	-0,225495	0,025633
q(2)	0,041925	0,066970	0,62602	0,531877	-0,089980	0,173830
q(3)	0,151272	0,060524	2,49937	0,013092	0,032063	0,270482

Model má tvar:

$$y_t = 0,0007 - 0,099931 \varepsilon_{t-1} + 0,041925 \varepsilon_{t-2} + 0,151272 \varepsilon_{t-3} + \varepsilon_t$$

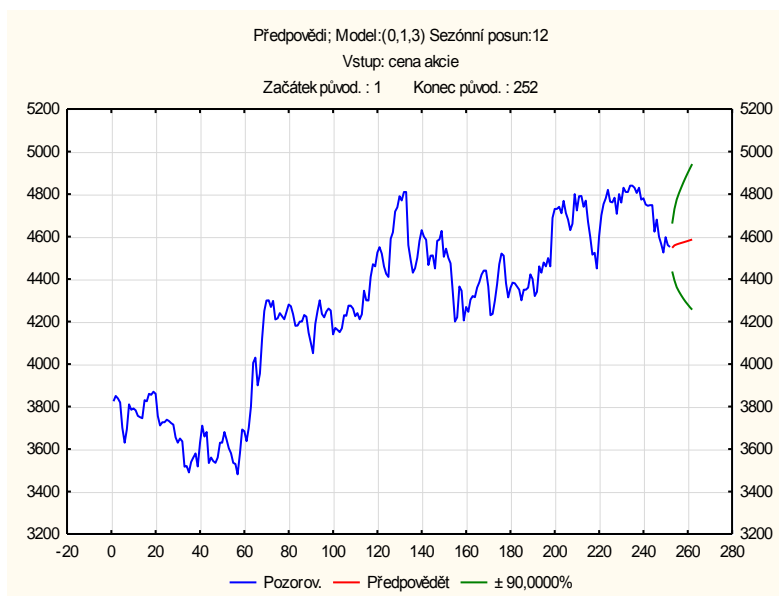
Následujícím krokem, který aplikujeme po identifikaci je odhad parametrů zkoušeného modelu a potom následuje verifikace . Pro odhad jsme použili model ARIMA (0, 1, 3). Provedeme otestování parametru $q(3)$. Parametr je nižší než hladina významnosti $\alpha = 0,05$, tímto se dá prokázat střední hodnota a parametr jsou nenulové. Pro další porovnání použijeme t -test každého parametru s hodnotou $t = 1,96$ pro 95% kvantil. Parametr $q(3)$ má hodnotu t -testu 2,49937 tento parametr je vyšší než 1.

5.2.4 Predikce finanční časové řady akcií KB

Predikci časové řady provedeme pro 10 budoucích hodnot. Opět červená barva ukazuje bodovou předpověď a zelená barva předpovědní interval v 90%.

Graf 20: Předpověď pro časovou řadu akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12



Tabulka 7: Předpověď v hodnotách pro časovou řadu akcií KB

Zdroj: zpracování softwarem Statistika 12

ČísloPříp.	Předpovědi; Model:(0,1,3) Sezónní posun:12 (List1 v KB cas ra Vstup: cena akcie Začátek původ. : 1 Konec původ. : 252		
	Předpově	Dolní 90,0000%	Horní 90,0000%
253	4547,064	4435,756	4661,165
254	4558,775	4393,875	4729,863
255	4563,403	4361,639	4774,501
256	4566,600	4341,727	4803,120
257	4569,800	4324,074	4829,489
258	4573,001	4308,133	4854,154
259	4576,205	4293,548	4877,471
260	4579,412	4280,070	4899,689
261	4582,620	4267,518	4920,988
262	4585,831	4255,756	4941,506

5.2.5 *Porovnání skutečných hodnot akcií KB, a.s. a hodnot generovaných modelem ARIMA (0, 1, 3)*

Tabulka č.8 Porovnání skutečných hodnot s odhadnutými hodnotami KB

Datum	Čas t	Predikce	Skutečná hodnota	Abs. Chyby předpovědi
5.5.2014	251	4547	4562	15
6.5.2014	252	4558	4620	62
7.5.2014	253	4563	4578	15
9.5.2014	254	4566	4500	66
12.5.2014	255	4569	4520	49
13.5.2014	256	4573	4465	108
14.5.2014	257	4576	4420	156
15.5.2014	258	4579	4456	123
16.5.2014	259	4582	4500	82
19.5.2014	260	4585	4542	43

6. Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat dva tituly obchodované na BCPP, a.s. a to akcií energetické společnosti ČEZ, a.s. a společnosti Komerční banka, a.s. pomocí stochastického modelování časových řad a zhodnotit použitelnost tohoto přístupu k problematice predikce kurzů cenných papírů. Pro oba tituly byla provedena analýza časových řad pomocí Box-Jenkinsovy metodologie. V rámci této analýzy byly identifikovány a následně ověřeny modely smíšeného procesu ARIMA. Pro analýzu byla vybrána časová řada akcií obou společností, která se skládala z denních zavíracích kurzů v období od 2. května 2013 do 2.května 2014. Vstupní časové řady se analyzovaly samostatně pomocí statistického programu STATISTICA 12.

Časová řada akcií společnosti ČEZ, a.s. byla analyzována jako první. Před samotnou analýzou byly vypočteny elementární charakteristiky a provedeno vizuální vyšetření časové řady, kde byla patrná nestacionarita této časové řady. Nestacionaritu byla odstraněna provedením logaritmické transformace časové řady a následnou diferencí prvního řádu. Na takto transformované řadě, byly provedeny testy na autokorelační funkci ACF a parciální autokorelační funkci PACF, na jejichž základu byla vytvořena soustava vhodných modelů pro analýzu časové řady. Z nabízených modelů byl vybrán model ARIMA(3, 1, 0), který byl použit pro odhad parametrů modelu a následnou bodovou a intervalovou předpověď pro deset budoucích hodnot. Tato předpověď byla porovnána se skutečnými hodnotami pro dané období a následně byly spočítány absolutní chyby předpovědi. V bodové předpovědi se hodnoty pohybovaly kolem své reálné hodnoty. V intervalové předpovědi všechny budoucí hodnoty byly pokryty na dané hladině spolehlivosti. Na základě tohoto srovnání lze konstatovat, že model prokázal výsledky úměrné metodě predikce budoucích hodnot této časové řady.

Další analýza vstupní časové řady byla provedena na titulu Komerční banky, a.s. Před samotnou analýzou byly vypočteny elementární charakteristiky a provedeno vizuální

vyšetření časové řady a bylo konstatováno, že i tato řada je nestacionární. Byl tam velmi patrný růst ceny akcií od poloviny časové řady. I zde byla provedena logaritmická transformace a diference prvního řádu, s cílem stacionarizovat časovou řadu. Stacionarizovaná řada byla odhadnuta funkcemi ACF a PACF. Dále byly identifikovány vhodné modely smíšeného procesu ARIMA. Z nabízených modelů byl vybrán model ARIMA(0, 1, 3) a pro tento model byly nalezeny a otestovány parametry. Následně byla provedena bodová a intervalová predikce budoucích hodnot a bylo provedeno porovnání se skutečnými hodnotami včetně výpočtu absolutních chyb. Predikční interval opět dokázal pokrýt všechny budoucí reálné hodnoty na dané hladině spolehlivosti. I tento model prokázal dobré vlastnosti pro predikci budoucích hodnot časové řady.

Podle výsledků obou analýz časových řad lze konstatovat, že popsanou metodu formou zvoleného postupu pro predikci kurzů akcií lze uplatnit. Pro přesnější odhad však sama tato metoda nestačí, lze ji brát jako doplňující složku souboru analýz, nezbytných pro přesnější predikci. Do tohoto souboru analýz můžeme přiřadit výše popsané analýzy (fundamentální, technickou a psychologickou), které v celkovém výsledku zajistí přesnější predikci.

Při použití aplikované metody přihlížíme jen k minulosti časové řady a nezjišťujeme, proč takové hodnoty řada reálně nabyla. Skutečné hodnoty akcií na burze jsou obvykle ovlivňovány i množstvím dalších ekonomických, společenských a jiných vlivů, které nejsou v použitých modelech brány do úvahy. S ohledem na tyto stupně volnosti je třeba brát výsledky předpovědí vždy s určitou tolerancí, protože v praxi se uplatňují velkou měrou zkušenosti profesionálních týmů - specialistů na danou problematiku.

7. Seznam použité literatury

- [1] CIPRA, Tomáš. Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii. Praha: SNTL, 1986
- [2] CIPRA, Tomáš. Finanční ekonometrie. Praha: Ekopress, 2008. ISBN 978-80-86929-43-9
- [3] ARTL, Josef, ARTLOVÁ, Markéta. Ekonomické časové řady: Vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace. 1.vyd. Praha: 2007. ISBN 978-80-247-1319-9
- [4] ŽEHROVÁ, Jana. Finance. 5 vydání CZU Praha: 2010. ISBN 978-80-213-2124-3
- [5] REJNUŠ, Oldřich. Teorie a praxe obchodování s cennými papíry. Praha: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-571-7
- [6] JÍLEK, Josef. Finanční trhy a investování. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-1653-4
- [7] KRABEC, Jaroslav. FINANČNÍ TRHY – funkce, analytické metody, investiční management. Praha: Bankovní institut, 2002. ISBN 80-7265-050-5.
- [8] Pražská burza Dostupné na www.bcpp.cz.
- [9] ČEZ - [Www.cez.cz](http://www.cez.cz). Dostupné na www.cez.cz
- [10] Události pražské burzy [Www.finance.cz](http://www.finance.cz). Dostupné z www.finance.cz/kapitalovy-trh/informace/burza-praha/udalosti
- [11] SPAD - [Www.finance.cz](http://www.finance.cz). Dostupné z www.finance.cz/kapitalovy-trh/informace/burza-praha/spad/
- [12] KB- www.kb.cz Dostupné na www.kb.cz
- [13] RM- Systém [Www.rmsystem.cz](http://www.rmsystem.cz). Dostupné z www.rmsystem.cz/spolecnost/zakladni-informace
- [14] HOŠKOVÁ, Pavla, JINDROVÁ, Andrea, PROCHÁZKOVÁ, Radka. Statistika v manažerské a obchodní praxi CZU PEF katedra statistiky 2014 Dostupné na <https://moodle.czu.cz/>

8. Seznam příloh

- Příloha č.1: Graf 1: Měsíční hodnoty akciových kurzů ČEZ
- Příloha č.2: Graf 2: Spojnicový graf závěrací denní kurzy ČEZ
- Příloha č.3 : Graf 3: Logaritmovaná časová řada akcií ČEZ
- Příloha č. 4: Graf 4: ACF logaritmované řady ČEZ
- Příloha č. 5: Graf 5: PACF logaritmované řady ČEZ
- Příloha č. 6: Graf 6: První diference logaritmované řady ČEZ
- Příloha č. 7: Graf 7: ACF logaritmované diferencované řady ČEZ
- Příloha č. 8: Graf 8: PACF logaritmované diferencované řady ČEZ
- Příloha č. 9: Graf 9: ACF ARIMA (3, 1, 0) časové řady ČEZ
- Příloha č. 10: Graf 10: Predikce časové řady ČEZ
- Příloha č. 11: Graf 11: Měsíční hodnoty akciových kurzů KB
- Příloha č. 12: Graf 12: Časová řada akcií KB
- Příloha č. 13: Graf 13: Logaritmovaná časová řada KB
- Příloha č. 14: Graf 14: ACF logaritmované řady KB
- Příloha č. 15: Graf 15: PACF logaritmované řady KB
- Příloha č. 16: Graf 16: První diference logaritmované řady KB
- Příloha č. 17: Graf 17: ACF logaritmované diferencované řady KB
- Příloha č.18: Graf 18: PACF logaritmované diferencované řady KB
- Příloha č.19: Graf 19: ACF modelu ARIMA (0, 1, 3)
- Příloha č.20: Graf 20: PACF modelu ARIMA (0, 1, 3)
- Příloha č.21: Graf 21: Predikce časové řady KB
- Příloha č.22: Tabulka 1: : Elementární charakteristiky časové řady ČEZ
- Příloha č.23: Tabulka 2: Odhad parametrů časová řada ČEZ model ARIMA (3, 1, 0)
- Příloha č.24: Tabulka 3: Bodová a intervalová předpověď řady ČEZ
- Příloha č.25: Tabulka 4: Porovnání predikce se skutečnými hodnotami
- Příloha č.26: Tabulka 5: Elementární charakteristiky časové řady KB
- Příloha č.27: Tabulka 6: Odhad parametrů časová řada KB model ARIMA (0, 1, 3)

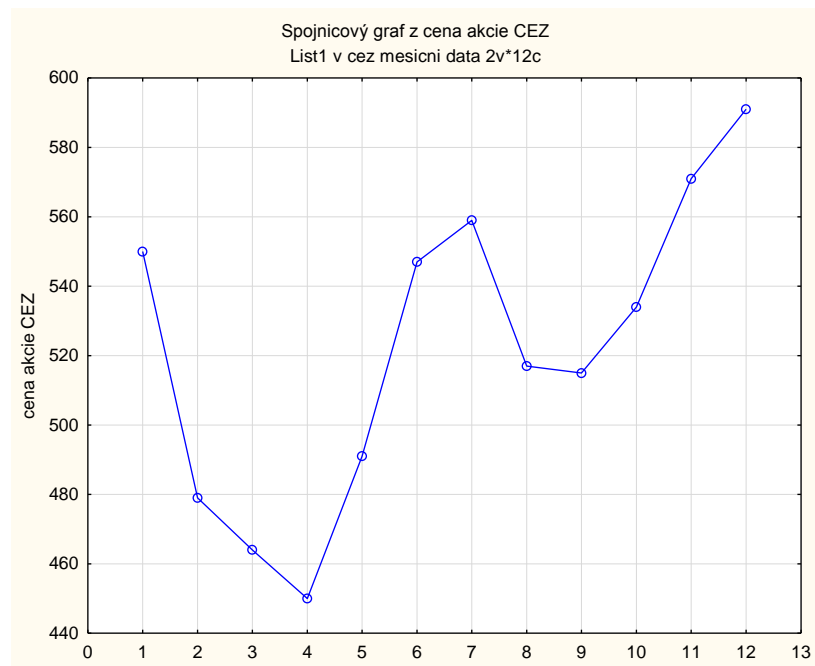
Příloha č. 28: Tabulka 7: Bodová a intervalová předpověď řady KB

Příloha č. 29: Tabulka 8: Srovnání skutečných a predikovaných hodnot KB

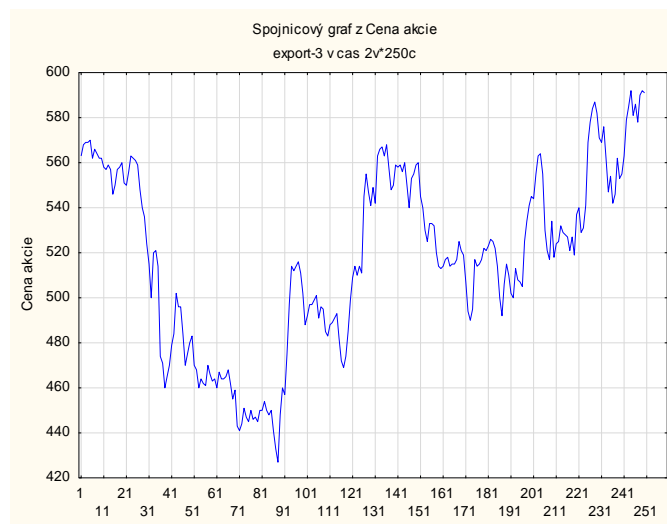
Příloha č. 30: časová řada ČEZ, a.s.

Příloha č. 31: časová řada Komerční banky, a.s.

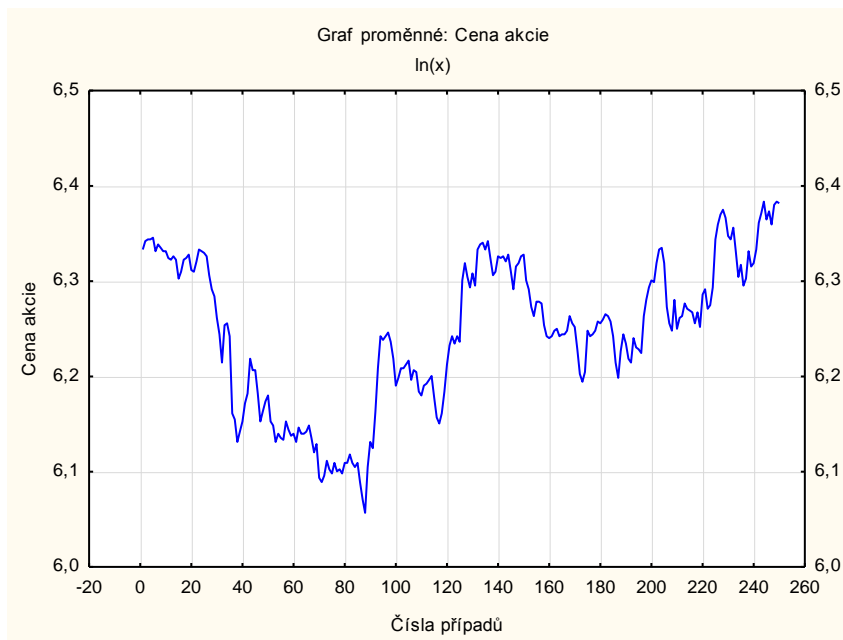
Příloha č.1: Graf 1



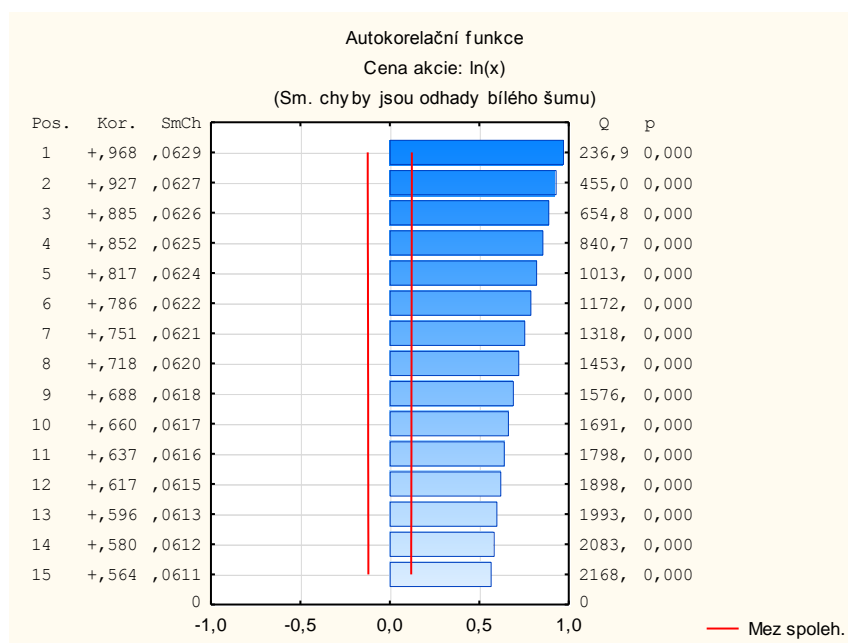
Příloha č.2 - Graf 2



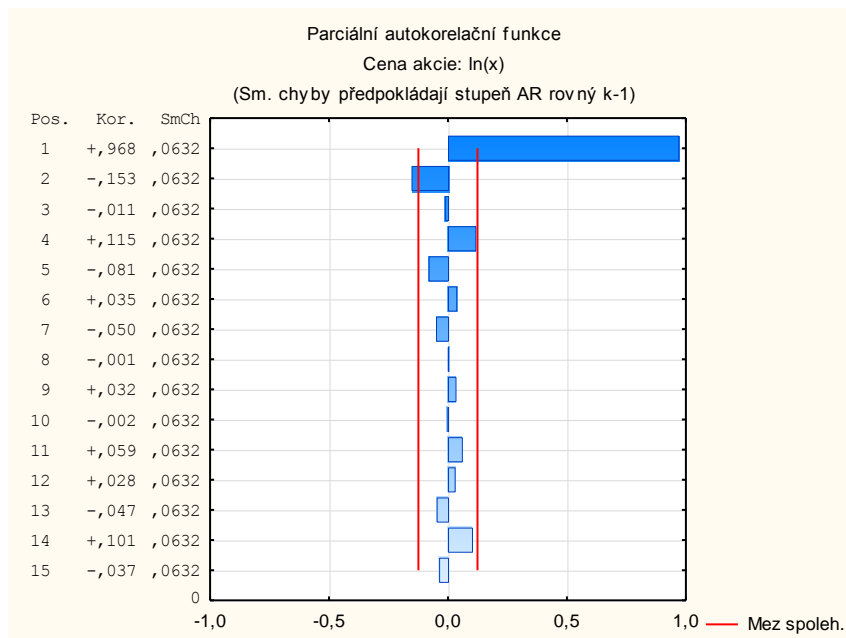
Příloha č.3 - Graf 3



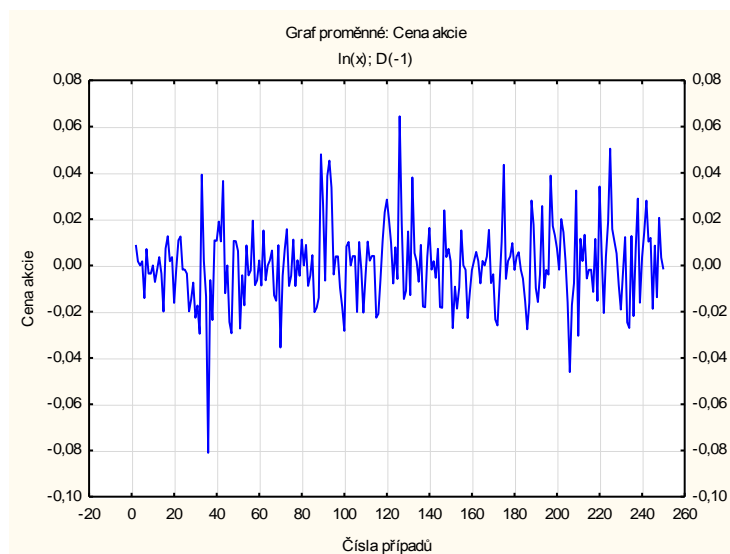
Příloha č.4 - Graf 4



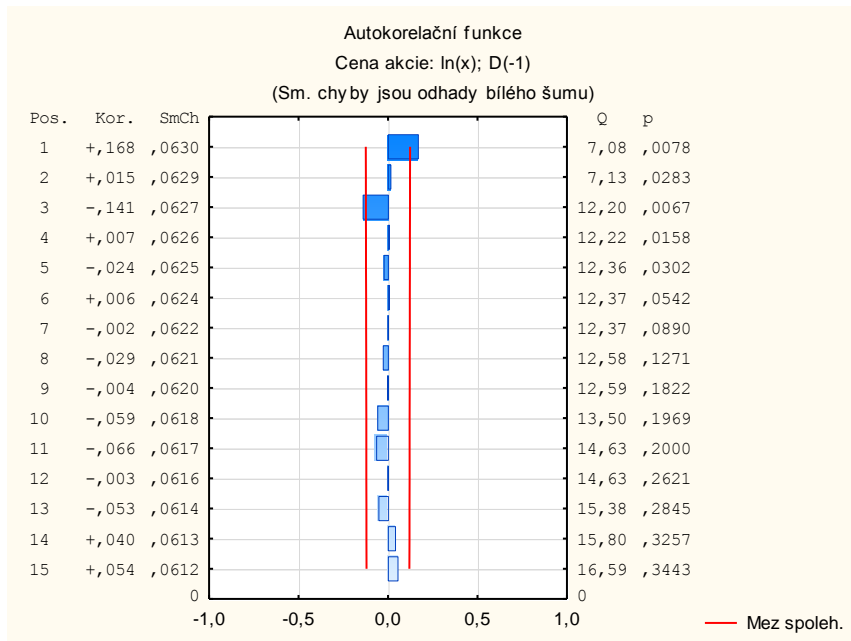
Příloha č.5 - Graf 5



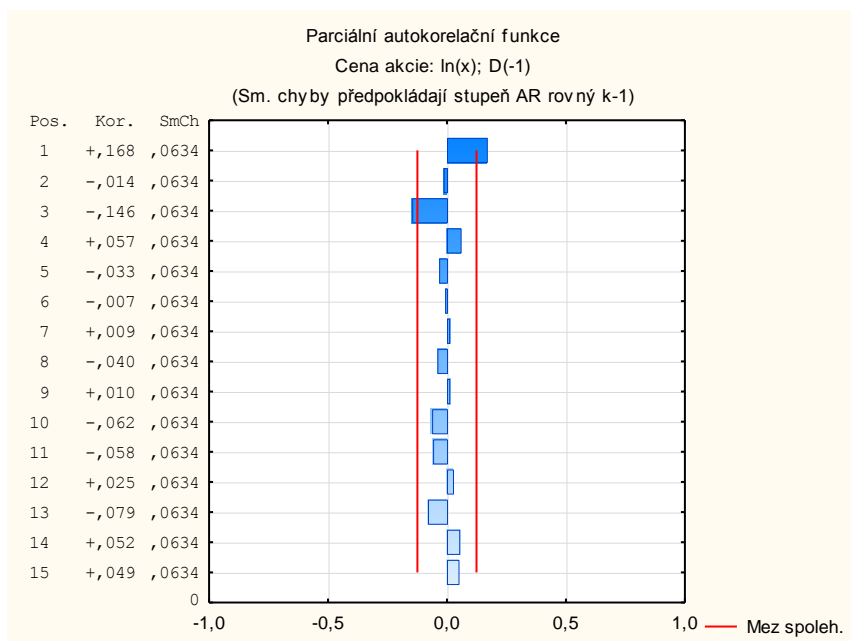
Příloha č.6 - Graf 6



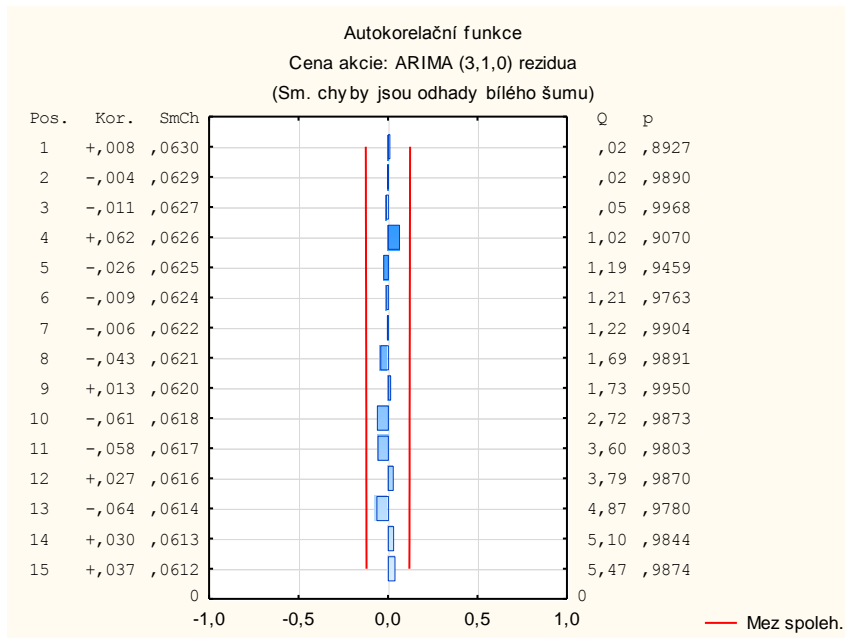
Příloha č.7 - Graf 7



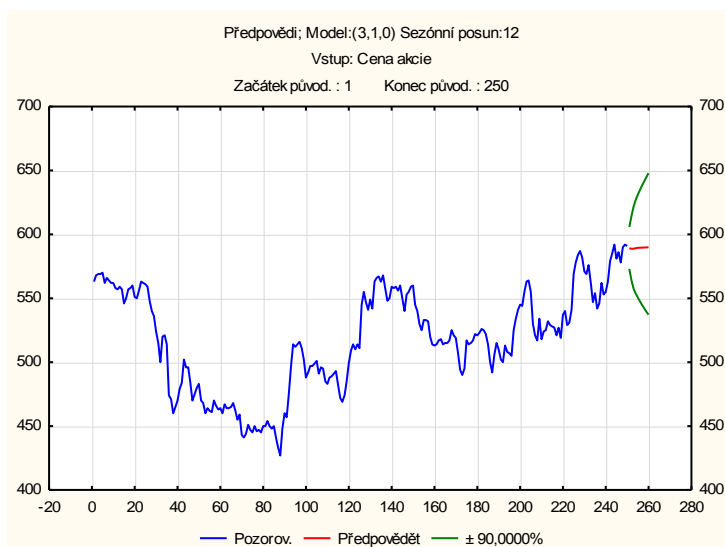
Příloha č.8 - Graf 8



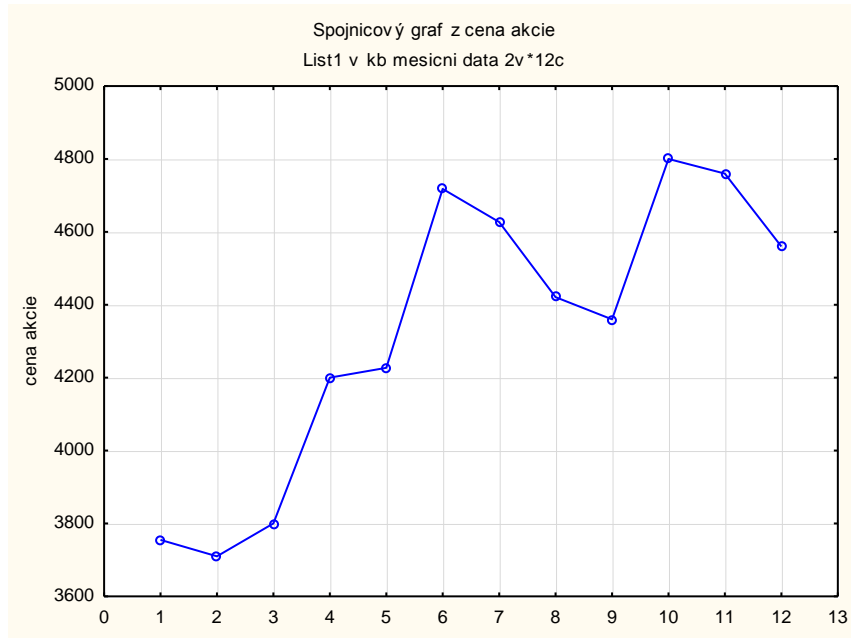
Příloha č.9 - Graf 9



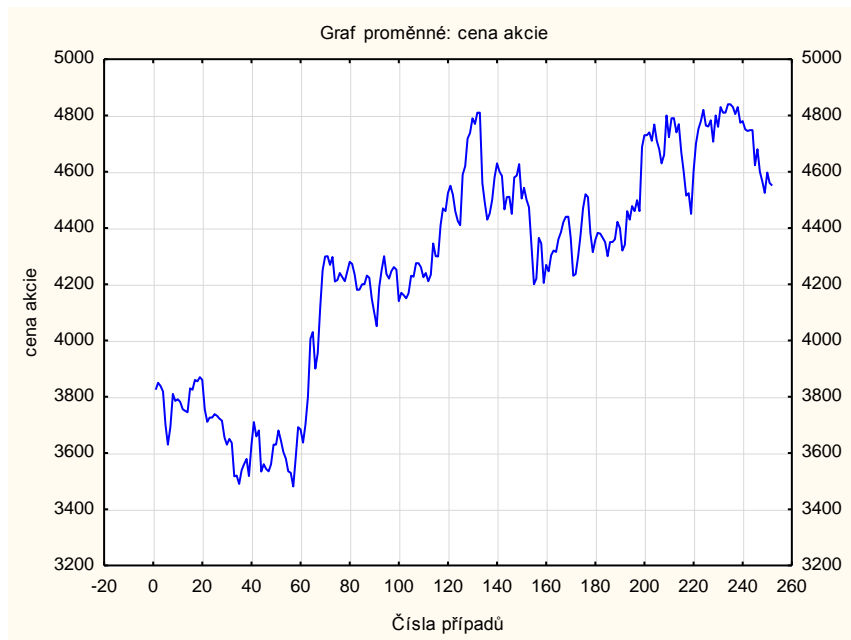
Příloha č.10 - Graf 10



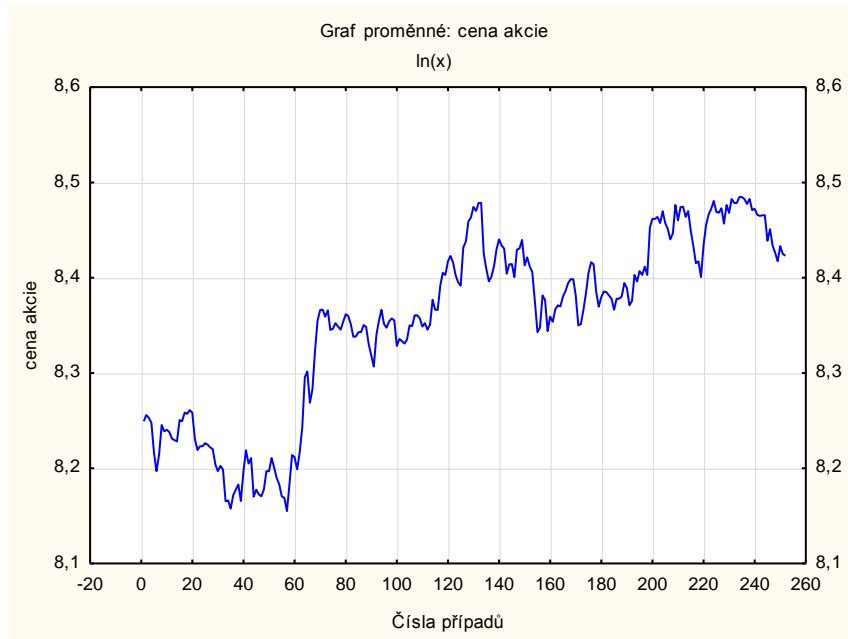
Příloha č.11 - Graf 11



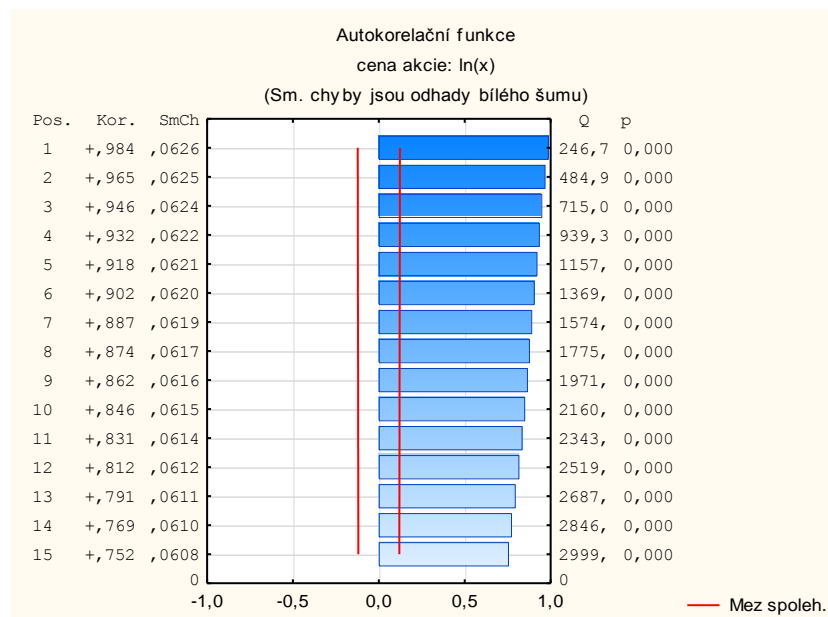
Příloha č. 12: Graf 12



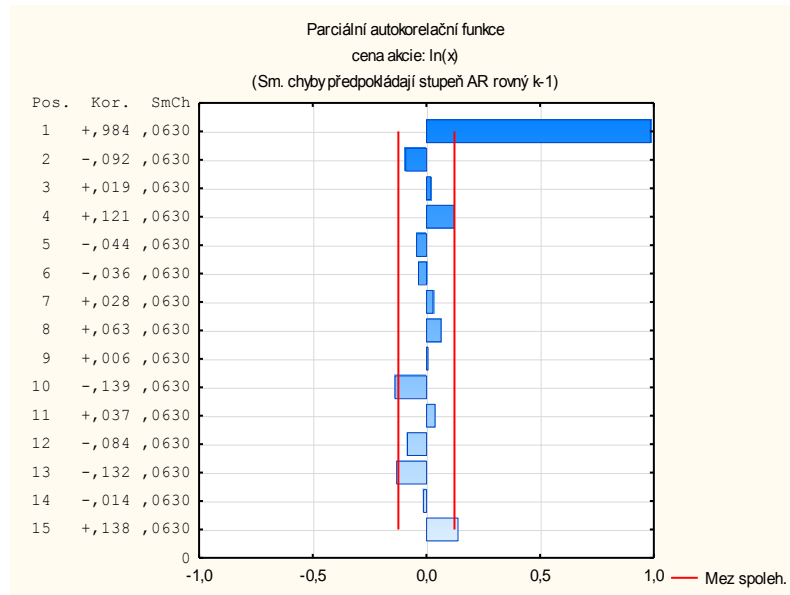
Příloha č.13 - Graf 13



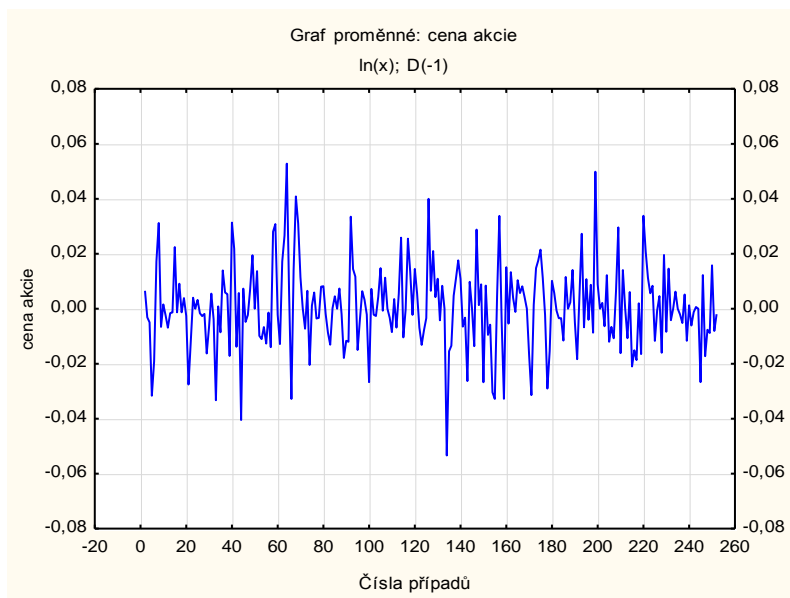
Příloha č.14 - Graf 14



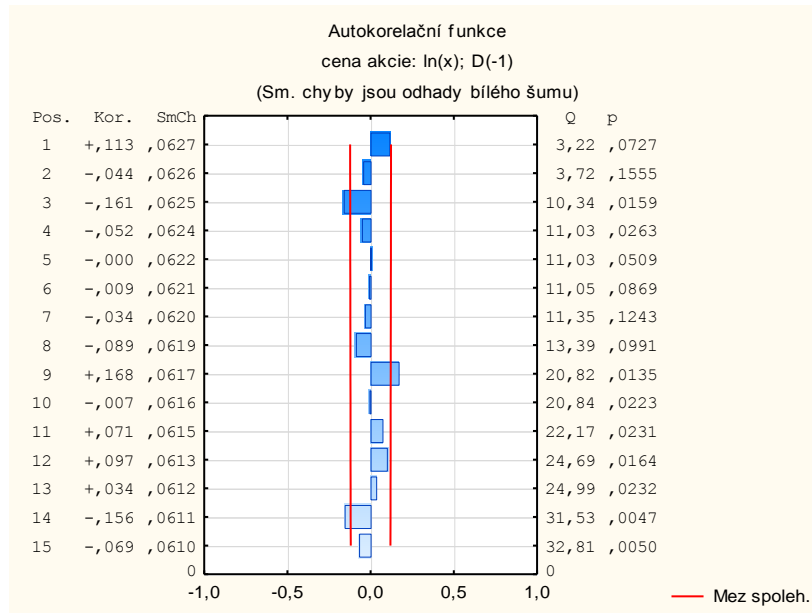
Příloha č.15 - Graf 15



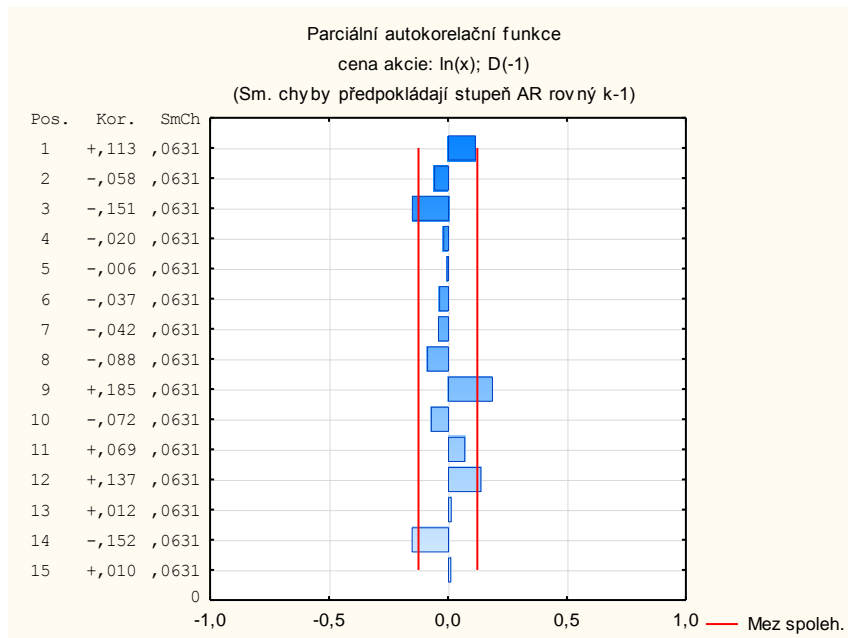
Příloha č.16 - Graf 16



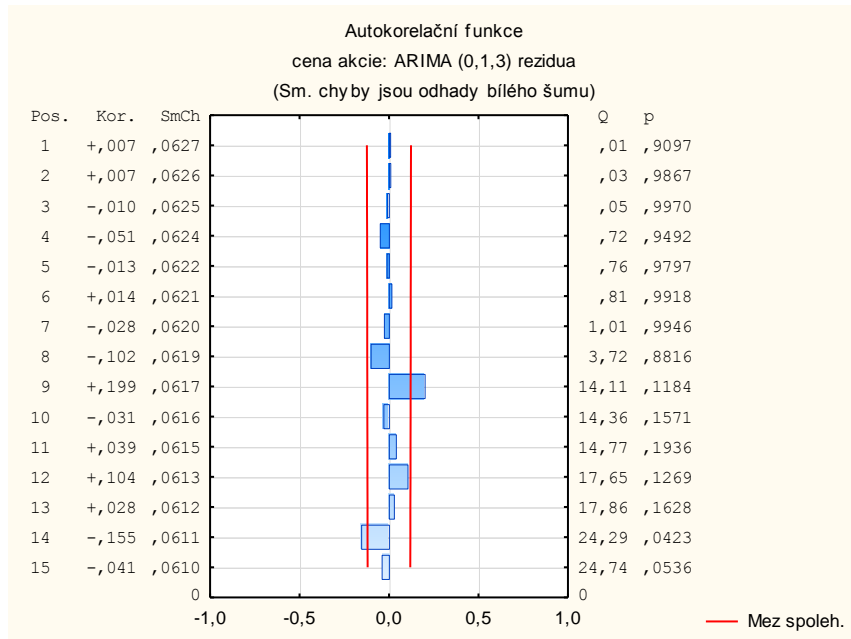
Příloha č.17 - Graf 17



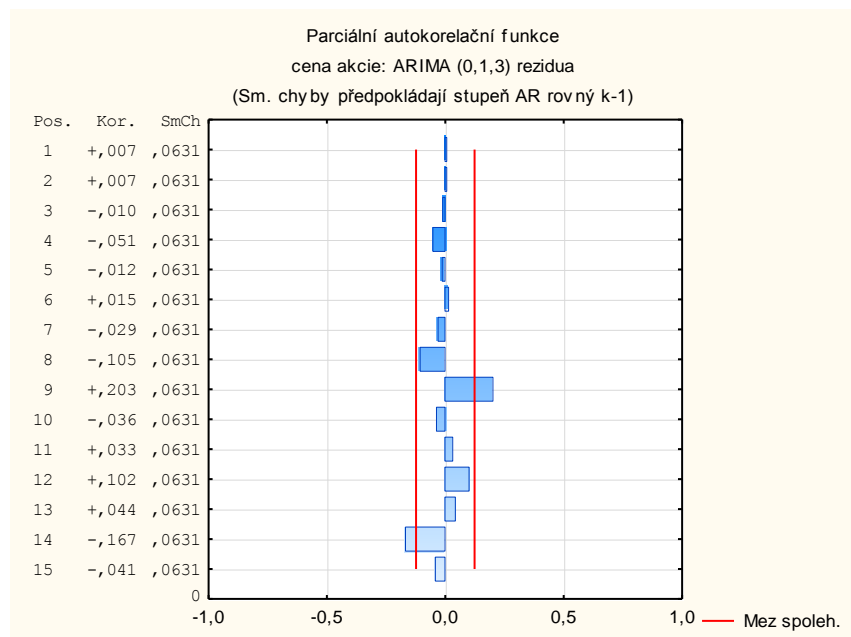
Příloha č.18 - Graf 18



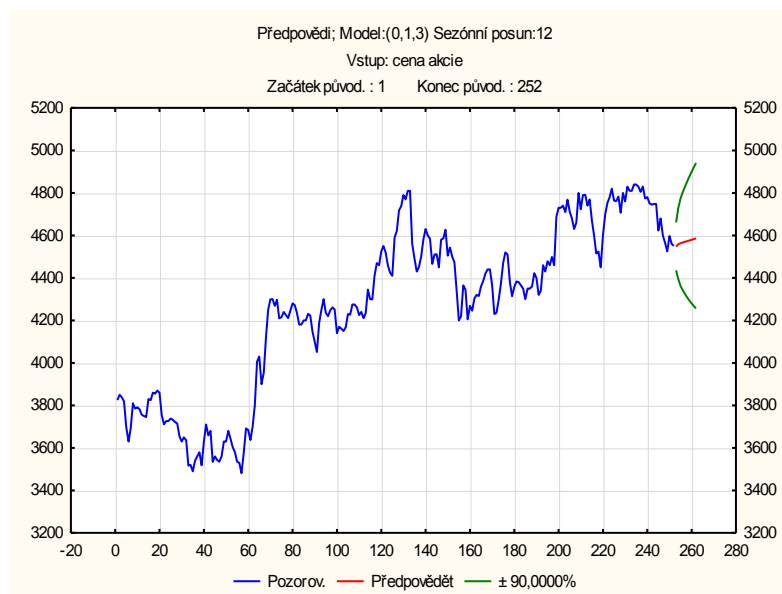
Příloha č.19 - Graf 19



Příloha č.20 - Graf 20



Příloha č.21 - Graf 21



Příloha č.22 - Tabulka 1

Datum	cena akcie	I.diference	II.diference	tempo přírůstku	koeficient růstu	koeficient zrychlení
31.5.2013	550					
28.6.2013	479	-71		-12,91%	87,09%	
31.7.2013	464	-15	56	-3,13%	96,87%	-0,78873
30.8.2013	450	-14	1	-3,02%	96,98%	-0,06667
30.9.2013	491	41	55	9,11%	109,11%	-3,92857
31.10.2013	547	56	15	11,41%	111,41%	0,365854
29.11.2013	559	12	-44	2,19%	102,19%	-0,78571
30.12.2013	517	-42	-54	-7,51%	92,49%	-4,5
31.1.2014	515	-2	40	-0,39%	99,61%	-0,95238
28.2.2014	534	19	21	3,69%	103,69%	-10,5
31.3.2014	571	37	18	6,93%	106,93%	0,947368
30.4.2014	591	20	-17	3,50%	103,50%	-0,45946

Průměrný absolutní přírůstek	3,727 Kč
-------------------------------------	----------

Průměrný koeficient růstu	9,73%
----------------------------------	-------

Příloha č.23 - Tabulka 2

Vstup: Cena akcie (export-3 v cas) Transformace: ln(x),D(1) Model:(3,1,0) PČ Rezid. = ,00029						
Paramet.	Param.	Asympt. SmCh	Asympt. t(245)	p	Dolní 95% spol	Horní 95% spol
Konstant	0,00018:	0,00111:	0,1639:	0,86994:	-0,00200:	0,00236:
p(1)	0,16797:	0,06333:	2,6522:	0,00851:	0,04323:	0,29272:
p(2)	0,01078:	0,06422:	0,1679:	0,86673:	-0,11571:	0,13729:
p(3)	-0,14650:	0,06351:	-2,3066:	0,02190:	-0,27160:	-0,02140:

Příloha č.24 - Tabulka 3

Předpovědi; Model:(3,1,0) Sezónní posun:12 (export-3 v c Vstup: Cena akcie Začátek původ. : 1 Konec původ. : 250			
ČísloPřip.	Předpově	Dolní 90,0000%	Horní 90,0000%
251	589,1814	572,9669	605,8547
252	588,6779	563,9527	614,4862
253	588,8228	557,5639	621,8340
254	589,2114	553,6950	627,0061
255	589,4560	550,4884	631,1820
256	589,5838	547,5656	634,8263
257	589,6547	544,7232	638,2924
258	589,7360	542,0374	641,6320
259	589,8359	539,5179	644,8461
260	589,9466	537,1617	647,9184

Příloha č.25 - Tabulka 4

Datum	Čas t	Predikce	Skutečná hodnota	Abs. Chyby předpovědi
5.5.2014	251	589,18	591,7	2,52
6.5.2014	252	588,67	597,4	8,73
7.5.2014	253	588,82	603,5	14,68
9.5.2014	254	589,21	599	9,79
12.5.2014	255	589,45	591,1	1,65
13.5.2014	256	589,58	575,2	14,38
14.5.2014	257	589,65	569	20,65
15.5.2014	258	589,73	567	22,73
16.5.2014	259	589,83	573,9	15,93
19.5.2014	260	589,94	579	10,94

Příloha č.26 - Tabulka 5

Datum	cena akcie	I.diference	II.diference	tempo přírůstku	koeficient růstu	koeficient zrychlení
31.5.2013	3755					
28.6.2013	3710	-45		-1,20%	98,80%	
31.7.2013	3800	90	135	2,43%	102,43%	-3
30.8.2013	4200	400	310	10,53%	110,53%	3,444444
30.9.2013	4227	27	-373	0,64%	100,64%	-0,9325
31.10.2013	4718	491	464	11,62%	111,62%	17,18519
29.11.2013	4627	-91	-582	-1,93%	98,07%	-1,18534
30.12.2013	4421	-206	-115	-4,45%	95,55%	1,263736
31.1.2014	4360	-61	145	-1,38%	98,62%	-0,70388
28.2.2014	4800	440	501	10,09%	110,09%	-8,21311
31.3.2014	4760	-40	-480	-0,83%	99,17%	-1,09091
30.4.2014	4560	-200	-160	-4,20%	95,80%	4

Průměrný absolutní přírůstek	73,182 Kč
-------------------------------------	-----------

Průměrný koeficient růstu	3,29%
----------------------------------	-------

Příloha č.27 - Tabulka 6

Vstup: cena akcie (List1 v KB cas rada) Transformace: ln(x),D(1) Model:(0,1,3) PČ Rezid. = ,00023						
Paramet.	Param.	Asympt. SmCh	Asympt. t(247)	p	Dolní 95% spol	Horní 95% spol
Konstant	0,000700	0,000862	0,81207	0,417532	-0,000998	0,002398
q(1)	-0,099931	0,063757	-1,56753	0,118271	-0,225495	0,025633
q(2)	0,041925	0,066970	0,62602	0,531877	-0,089980	0,173830
q(3)	0,151272	0,060524	2,49937	0,013092	0,032063	0,270482

Příloha č.28 - Tabulka 7

Předpovědi; Model:(0,1,3) Sezónní posun:12 (List1 v KB cas ra Vstup: cena akcie Začátek původ. : 1 Konec původ. : 252			
ČísloPřip.	Předpově	Dolní 90,0000%	Horní 90,0000%
253	4547,064	4435,756	4661,168
254	4558,778	4393,878	4729,862
255	4563,403	4361,639	4774,501
256	4566,600	4341,727	4803,120
257	4569,800	4324,074	4829,489
258	4573,007	4308,133	4854,154
259	4576,208	4293,548	4877,471
260	4579,412	4280,070	4899,689
261	4582,620	4267,518	4920,988
262	4585,837	4255,756	4941,506

Příloha č.29 - Tabulka 8

Datum	Čas t	Predikce	Skutečná hodnota	Abs. Chyby předpovědi
5.5.2014	251	4547	4562	15
6.5.2014	252	4558	4620	62
7.5.2014	253	4563	4578	15
9.5.2014	254	4566	4500	66
12.5.2014	255	4569	4520	49
13.5.2014	256	4573	4465	108
14.5.2014	257	4576	4420	156
15.5.2014	258	4579	4456	123
16.5.2014	259	4582	4500	82
19.5.2014	260	4585	4542	43

Příloha 30 - časová řada ČEZ,a.s. (vstupní data)

Datum	Cena akcie
2.5.2013	563
3.5.2013	568
6.5.2013	569
7.5.2013	569
9.5.2013	570
10.5.2013	562
13.5.2013	566
14.5.2013	564
15.5.2013	562
16.5.2013	562
17.5.2013	558
20.5.2013	557
21.5.2013	559
22.5.2013	557
23.5.2013	546
24.5.2013	550
27.5.2013	557
28.5.2013	558
29.5.2013	560
30.5.2013	551
31.5.2013	550
3.6.2013	556
4.6.2013	563
5.6.2013	562
6.6.2013	561

7.6.2013	559
10.6.2013	548
11.6.2013	540
12.6.2013	536
13.6.2013	524
14.6.2013	515
17.6.2013	500
18.6.2013	520
19.6.2013	521
20.6.2013	514
21.6.2013	474
24.6.2013	471
25.6.2013	460
26.6.2013	465
27.6.2013	470
28.6.2013	479
1.7.2013	484
2.7.2013	502
3.7.2013	496
4.7.2013	496
8.7.2013	484
9.7.2013	470
10.7.2013	475
11.7.2013	480
12.7.2013	483
15.7.2013	470
16.7.2013	468
17.7.2013	460
18.7.2013	464
19.7.2013	462
22.7.2013	461
23.7.2013	470
24.7.2013	466
25.7.2013	463
26.7.2013	464
29.7.2013	460
30.7.2013	467
31.7.2013	464
1.8.2013	464
2.8.2013	465
5.8.2013	468
6.8.2013	462
7.8.2013	455

8.8.2013	459
9.8.2013	443
12.8.2013	441
13.8.2013	444
14.8.2013	451
15.8.2013	447
16.8.2013	445
19.8.2013	450
20.8.2013	446
21.8.2013	447
22.8.2013	445
23.8.2013	450
26.8.2013	450
27.8.2013	454
28.8.2013	450
29.8.2013	448
30.8.2013	450
2.9.2013	441
3.9.2013	433
4.9.2013	427
5.9.2013	448
6.9.2013	460
9.9.2013	457
10.9.2013	475
11.9.2013	497
12.9.2013	514
13.9.2013	512
16.9.2013	514
17.9.2013	516
18.9.2013	511
19.9.2013	502
20.9.2013	488
23.9.2013	492
24.9.2013	497
25.9.2013	497
26.9.2013	499
27.9.2013	501
30.9.2013	491
1.10.2013	496
2.10.2013	495
3.10.2013	485
4.10.2013	483
7.10.2013	488

8.10.2013	489
9.10.2013	491
10.10.2013	493
11.10.2013	482
14.10.2013	472
15.10.2013	469
16.10.2013	474
17.10.2013	485
18.10.2013	499
21.10.2013	509
22.10.2013	514
23.10.2013	510
24.10.2013	514
25.10.2013	511
29.10.2013	545
30.10.2013	555
31.10.2013	547
1.11.2013	541
4.11.2013	549
5.11.2013	542
6.11.2013	563
7.11.2013	566
8.11.2013	567
11.11.2013	563
12.11.2013	568
13.11.2013	558
14.11.2013	548
15.11.2013	550
18.11.2013	559
19.11.2013	558
20.11.2013	559
21.11.2013	556
22.11.2013	560
25.11.2013	550
26.11.2013	540
27.11.2013	553
28.11.2013	555
29.11.2013	559
2.12.2013	560
3.12.2013	545
4.12.2013	540
5.12.2013	530
6.12.2013	525

9.12.2013	533
10.12.2013	533
11.12.2013	532
12.12.2013	520
13.12.2013	514
16.12.2013	513
17.12.2013	514
18.12.2013	517
19.12.2013	518
20.12.2013	514
23.12.2013	515
27.12.2013	515
30.12.2013	517
2.1.2014	525
3.1.2014	521
6.1.2014	519
7.1.2014	507
8.1.2014	494
9.1.2014	490
10.1.2014	495
13.1.2014	517
14.1.2014	514
15.1.2014	515
16.1.2014	517
17.1.2014	522
20.1.2014	521
21.1.2014	523
22.1.2014	526
23.1.2014	525
24.1.2014	522
27.1.2014	514
28.1.2014	500
29.1.2014	492
30.1.2014	506
31.1.2014	515
3.2.2014	510
4.2.2014	502
5.2.2014	500
6.2.2014	513
7.2.2014	508
10.2.2014	507
11.2.2014	505
12.2.2014	525

13.2.2014	534
14.2.2014	541
17.2.2014	545
18.2.2014	544
19.2.2014	555
20.2.2014	563
21.2.2014	564
24.2.2014	555
25.2.2014	530
26.2.2014	521
27.2.2014	517
28.2.2014	534
3.3.2014	518
4.3.2014	524
5.3.2014	525
6.3.2014	532
7.3.2014	529
10.3.2014	528
11.3.2014	527
12.3.2014	521
13.3.2014	527
14.3.2014	519
17.3.2014	537
18.3.2014	540
19.3.2014	529
20.3.2014	531
21.3.2014	541
24.3.2014	569
25.3.2014	578
26.3.2014	584
27.3.2014	587
28.3.2014	582
31.3.2014	571
1.4.2014	569
2.4.2014	576
3.4.2014	562
4.4.2014	547
7.4.2014	554
8.4.2014	542
9.4.2014	546
10.4.2014	562
11.4.2014	553
14.4.2014	555

15.4.2014	563
16.4.2014	579
17.4.2014	585
22.4.2014	592
23.4.2014	581
24.4.2014	586
25.4.2014	578
28.4.2014	590
29.4.2014	592
30.4.2014	591
2.5.2014	583

Příloha č.31 – vstupní data KB

datum	cena akcie
2.5.2013	3825
3.5.2013	3850
6.5.2013	3838
7.5.2013	3819
9.5.2013	3700
10.5.2013	3630
13.5.2013	3693
14.5.2013	3810
15.5.2013	3785
16.5.2013	3791
17.5.2013	3782
20.5.2013	3756
21.5.2013	3750
22.5.2013	3745
23.5.2013	3830
24.5.2013	3825
27.5.2013	3860
28.5.2013	3855

29.5.2013	3870
30.5.2013	3860
31.5.2013	3755
3.6.2013	3711
4.6.2013	3726
5.6.2013	3726
6.6.2013	3738
7.6.2013	3732
10.6.2013	3722
11.6.2013	3715
12.6.2013	3655
13.6.2013	3630
14.6.2013	3650
17.6.2013	3636
18.6.2013	3517
19.6.2013	3520
20.6.2013	3490
21.6.2013	3539
24.6.2013	3560
25.6.2013	3579
26.6.2013	3518
27.6.2013	3630
28.6.2013	3710
1.7.2013	3659
2.7.2013	3680
3.7.2013	3534
4.7.2013	3560
8.7.2013	3543
9.7.2013	3535
10.7.2013	3560
11.7.2013	3630

12.7.2013	3630
15.7.2013	3680
16.7.2013	3644
17.7.2013	3604
18.7.2013	3580
19.7.2013	3535
22.7.2013	3530
23.7.2013	3481
24.7.2013	3580
25.7.2013	3692
26.7.2013	3684
29.7.2013	3637
30.7.2013	3700
31.7.2013	3800
1.8.2013	4006
2.8.2013	4030
5.8.2013	3900
6.8.2013	3955
7.8.2013	4120
8.8.2013	4250
9.8.2013	4299
12.8.2013	4300
13.8.2013	4269
14.8.2013	4297
15.8.2013	4210
16.8.2013	4215
19.8.2013	4240
20.8.2013	4225
21.8.2013	4211
22.8.2013	4245
23.8.2013	4280

26.8.2013	4272
27.8.2013	4235
28.8.2013	4180
29.8.2013	4181
30.8.2013	4200
2.9.2013	4200
3.9.2013	4231
4.9.2013	4223
5.9.2013	4148
6.9.2013	4100
9.9.2013	4051
10.9.2013	4189
11.9.2013	4250
12.9.2013	4300
13.9.2013	4236
16.9.2013	4220
17.9.2013	4247
18.9.2013	4261
19.9.2013	4252
20.9.2013	4140
23.9.2013	4170
24.9.2013	4161
25.9.2013	4150
26.9.2013	4168
27.9.2013	4230
30.9.2013	4227
1.10.2013	4275
2.10.2013	4275
3.10.2013	4261
4.10.2013	4225
7.10.2013	4240

8.10.2013	4211
9.10.2013	4234
10.10.2013	4345
11.10.2013	4300
14.10.2013	4299
15.10.2013	4410
16.10.2013	4470
17.10.2013	4460
18.10.2013	4525
21.10.2013	4550
22.10.2013	4519
23.10.2013	4460
24.10.2013	4425
25.10.2013	4410
29.10.2013	4590
30.10.2013	4620
31.10.2013	4718
1.11.2013	4738
4.11.2013	4790
5.11.2013	4770
6.11.2013	4810
7.11.2013	4810
8.11.2013	4560
11.11.2013	4490
12.11.2013	4430
13.11.2013	4451
14.11.2013	4500
15.11.2013	4580
18.11.2013	4630
19.11.2013	4600
20.11.2013	4585

21.11.2013	4466
22.11.2013	4510
25.11.2013	4511
26.11.2013	4450
27.11.2013	4580
28.11.2013	4586
29.11.2013	4627
2.12.2013	4505
3.12.2013	4543
4.12.2013	4500
5.12.2013	4474
6.12.2013	4340
9.12.2013	4200
10.12.2013	4220
11.12.2013	4365
12.12.2013	4345
13.12.2013	4205
16.12.2013	4269
17.12.2013	4246
18.12.2013	4303
19.12.2013	4320
20.12.2013	4315
23.12.2013	4360
27.12.2013	4385
30.12.2013	4421
2.1.2014	4440
3.1.2014	4440
6.1.2014	4365
7.1.2014	4230
8.1.2014	4236
9.1.2014	4299

10.1.2014	4375
13.1.2014	4470
14.1.2014	4520
15.1.2014	4510
16.1.2014	4381
17.1.2014	4314
20.1.2014	4358
21.1.2014	4383
22.1.2014	4380
23.1.2014	4365
24.1.2014	4350
27.1.2014	4300
28.1.2014	4350
29.1.2014	4350
30.1.2014	4360
31.1.2014	4422
3.2.2014	4400
4.2.2014	4320
5.2.2014	4340
6.2.2014	4460
7.2.2014	4430
10.2.2014	4478
11.2.2014	4460
12.2.2014	4499
13.2.2014	4460
14.2.2014	4688
17.2.2014	4730
18.2.2014	4730
19.2.2014	4740
20.2.2014	4710
21.2.2014	4768

24.2.2014	4711
25.2.2014	4680
26.2.2014	4630
27.2.2014	4660
28.2.2014	4800
3.3.2014	4723
4.3.2014	4790
5.3.2014	4791
6.3.2014	4740
7.3.2014	4769
10.3.2014	4670
11.3.2014	4600
12.3.2014	4515
13.3.2014	4524
14.3.2014	4450
17.3.2014	4603
18.3.2014	4700
19.3.2014	4753
20.3.2014	4780
21.3.2014	4820
24.3.2014	4764
25.3.2014	4761
26.3.2014	4783
27.3.2014	4707
28.3.2014	4800
31.3.2014	4760
1.4.2014	4830
2.4.2014	4810
3.4.2014	4810
4.4.2014	4840
7.4.2014	4840

8.4.2014	4830
9.4.2014	4805
10.4.2014	4830
11.4.2014	4774
14.4.2014	4780
15.4.2014	4751
16.4.2014	4745
17.4.2014	4748
18.4.2014	4748
22.4.2014	4623
23.4.2014	4680
24.4.2014	4600
25.4.2014	4565
28.4.2014	4525
29.4.2014	4597
30.4.2014	4560
2.5.2014	4551