

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra statistiky



Diplomová práce

Statistická analýza vývoje cen vybraných druhů akcií

Bc. Jiří Zahradníček

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Zahradníček

Ekonomika a management
Provoz a ekonomika

Název práce

Statistická analýza vývoje cen vybraných druhů akcií

Název anglicky

Statistical analysis of price development of selected types of shares

Cíle práce

Cílem diplomové práce je statistická analýza vývoje kurzu vybraných akciových titulů pomocí statistických metod včetně stanovení odhadu vývoje pro další časové období. Součástí práce bude také ověření použitelnosti statistických metod při obchodování s akciemi včetně uvedení možných přínosů pro investora na akciovém trhu.

Metodika

Při zpracování diplomové práce budou využity především metody z oblasti analýzy časových řad. Vedle základního popisu vývoje, který vychází z grafického zobrazení a elementárních charakteristik, bude stanoven model trendu, na jehož základě bude odvozena prognóza vývoje sledovaných akcií pro nejbližší období.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

Kapitálový trh, akcie, cena akcie, statistická analýza, časová řada, trend, modelování časových řad, prognóza

Doporučené zdroje informací

ARLT, Josef a Markéta ARLTOVÁ. Finanční časové řady: vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0330-0

ARLT, Josef. Moderní metody modelování ekonomických časových řad. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-539-4

BROCKWELL, Peter J. a Richard A. DAVIS. Introduction to time series and forecasting. Second edition. New York: Springer, 2002. Springer texts in statistics. ISBN 978-1-4757-7750-5

CIPRA, Tomáš. Praktický průvodce finanční a pojistnou matematikou. Praha: Ekopress, 2005. ISBN 80-86119-91-2

JÍLEK, Josef. Finanční trhy. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-453-3

KROPÁČ, Jiří. Statistika: náhodné jevy, náhodné veličiny, základy matematické statistiky, indexní analýza, regresní analýza, časové řady. 2., přeprac. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-7204-788-8

MUSÍLEK, P. *Trhy cenných papírů*. Praha: Ekopress, 2011. ISBN 978-80-86929-70-5.

RUPPERT, David a David S. MATTESON. Statistics and data analysis for financial engineering: with R examples. Second edition. New York: Springer, [2015]. Springer texts in statistics. ISBN 978-1-4939-2613-8

SEKERKA, Bohuslav. Cenné papíry a kapitálový trh. Praha: Profess, 1996. ISBN 80-85235-41-2

SHELTER, Björn, Matthias WINTERHALDER a Jens TIMMER. Handbook of time series analysis: recent theoretical developments and applications. Weinheim: Wiley-VCH, c2006. ISBN 3-527-40623-9

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Pavla Hošková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra statistiky

Elektronicky schváleno dne 2. 10. 2020

prof. Ing. Libuše Svatošová, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2020

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 31. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Statistická analýza vývoje cen vybraných druhů akcií" 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 použitých zdrojů 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 31.03.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí své diplomové práce, Ing. Pavle Hoškové, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky při konzultacích a v průběhu vypracování této práce.

Statistická analýza vývoje cen vybraných druhů akcií

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou investic na akciovém trhu a statistickou analýzou vývoje cen akcií. Cílem bylo nalezení prediktivního modelu, který dokáže předpovědět budoucí vývoj ceny vybrané akcie.

Teoretická východiska se zaměřují na popis pojmů a teorií spojených s tématem práce. Postupně je tak popsán trh cenných papírů, cenné papíry a základní typy investičních analýz. Značný prostor je věnován teorii efektivního trhu, jako zásadní kritice prognostických metod založených výlučně na informacích o historickém vývoji ceny. Metodika práce je obecným popisem statistických metod, které jsou použity v rámci vlastní práce. Jsou zde představeny základní charakteristiky využívané k popisu časových řad, metody analýzy časových řad a v samotném závěru pak algoritmus pro konstrukci prognózy budoucího cenového vývoje akcií s využitím Box-Jenkinsovy metodologie. Vlastní práce je zaměřena na analýzu cenového vývoje akcií společnosti AMD, Inc. . V rámci úvodní statistické analýzy je zhodnocen vývoj cen akcií v letech 2000 až 2020. V průběhu této činnosti je v období let 2016 až 2020 identifikována možnost právě vznikající spekulativní bubliny. Následující hledání prediktivního modelu je zaměřeno právě na období let 2016 až 2020. Nalezený model je ARIMA (16, 2, 0). Na základě srovnání predikovaných a skutečně dosažených cenových hodnot v průběhu ledna 2021, je možné nalezený model považovat za dobře vyhovující.

Klíčová slova: Kapitálový trh, Akcie, Investice, Statistická analýza, Časová řada, Box-Jenkinsova metodologie, ARIMA model

Statistical analysis of price development of selected types of shares

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of investments in the stock market and statistical analysis of the development of stock prices. The main goal was to find a predictive model that can make prediction for the future development of the price of the selected stock.

Theoretical resources are based on description of concepts and theories related to the topic of the work. We gradually described the stock market, equities and basic types of investment analyzes. We have devoted considerable space to the theory of the efficient market. It is a fundamental critique of forecasting methods based solely on information about the historical development of the price. The methodology of this thesis is a general description of statistical methods which are used within this study. The basics characteristics are introduced to describe time series, methods of time series analysis and lastly the algorithm for constructing a forecast of future stock price development using the Box-Jenkins methodology are presented. This thesis is concentrated on the analysis of stock prices of AMD, Inc. The development of stock prices in the years 2000 to 2020 is assessed in the initial statistical analysis. As part of this activity, in the course of 2016 to 2020, the possibility of a newly emerging speculative bubble is identified. The following research for a predictive model is focused on the period from 2016 to 2020. ARIMA (16, 2, 0) is the model which we found. Based on the comparison of predicted and actually achieved values this model is considered as suitable for our work.

Keywords: Capital market, Shares, Investment, Statistical analysis, Time series, Box-Jenkins method, ARIMA model

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce a metodika	11
2.1	Cíl práce	11
2.2	Metodika	11
3	Teoretická východiska	Chyba! Záložka není definována.
3.1	Trh	13
3.2	Trh cenných papírů	14
3.2.1	Vymezení trhu cenných papírů v rámci finančního trhu	14
3.2.2	Klasifikace trhu cenných papírů	15
3.2.3	Burza jako organizátor trhu	18
3.3	Cenné papíry	21
3.3.1	Vymezení cenných papírů v rámci finančních instrumentů	21
3.3.2	Klasifikace cenných papírů	23
3.3.3	Emise cenných papírů	24
3.3.4	Akcie	25
3.3.5	Metody určení kurzu cenných papírů	28
3.4	Investiční analýzy	29
3.4.1	Teorie efektivního trhu	30
3.4.2	Technická analýza	32
3.4.3	Fundamentální a psychologická analýza	34
4	Metodika práce	37
4.1	Časové řady	37
4.1.1	Vymezení pojmů	37
4.1.2	Klasifikace časových řad	37
4.1.3	Základní charakteristiky	40

4.1.4	Metody analýzy časových řad.....	42
4.2	Predikce vývoje časových řad.....	46
4.2.1	Algoritmus konstrukce předpovědi.....	46
4.2.2	Implementace algoritmu v „R“	48
5	Vlastní práce	51
5.1	Statistická analýza vývoje cen akcií emitenta Advanced Micro Devices, Inc.	51
5.1.1	Profil emitenta.....	51
5.1.2	Základní analýza dosavadního vývoje kurzu.....	57
5.1.3	Konstrukce předpovědního modelu	65
5.1.4	Vyhodnocení a predikce	72
6	Závěr.....	77
7	Seznam použitých zdrojů	79
8	Seznam obrázků.....	81
9	Seznam tabulek.....	82
10	Seznam grafů	83
11	Seznam příloh	84

1 ÚVOD

Vývoj statistiky je pevně spjat s potřebou zaznamenávat a vyhodnocovat historická data. Ten, kdo dokáže analyzovat minulost a na jejím základě předpovídat budoucnost, má v rukou moc. Je však značně individuální zda, a jak, jí dokáže využít. Ten, kdo opravdu věří svým schopnostem predikovat budoucí dění, se může stát investorem a být odměněn. Třeba na akciových trzích. Každý investor by však měl být srozuměn se skutečností, že o investované prostředky může bez náhrady přijít. Každý racionální investor by tak mohl být rovněž popsán přívlastkem „odvážný“. Z této perspektivy lze statistickou analýzu vnímat jako nástroj, pomocí kterého racionálně uvažující člověk snižuje míru odvahy, nutnou pro vstup na akciové trhy.

Statistická analýza může investorům pomáhat při tvorbě investičních rozhodnutí. Kdy nakoupit? A kdy prodat? Odpověď na tyto otázky může nabídnout prediktivní analýza. Investor se díky ní dozvídá, jakým směrem se může cena v nejbližší době ubírat. Tyto informace lze podle aktuálního stavu interpretovat jako doporučení, kdy prodávat, kdy nakupovat a kdy raději vůbec nic nedělat. Je to ale především právě investor, kdo se rozhoduje, jakou váhu bude zjištěným informacím přikládat.

Princip kauzality uvádí, že každý následek má svou příčinu. Prediktivní modely využitě touto prací jsou konstruovány na základě těch informací, které jsou obsažené v historickém vývoji ceny akcie. Všechny příčiny, které mohou mít vliv na budoucí cenu akcie, tak jsou agregovány do řady po sobě jdoucích hodnot. Je však takové zjednodušení přípustné?

Vznik této práce je motivován snahou zjistit, zda použití statistické analýzy dokáže investorům přinést užitek anebo zmar.

2 CÍL PRÁCE A METODIKA

2.1 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je popsat problematiku investic na akciovém trhu a statistická analýza cenového vývoje vybraného akciového titulu. Hlavním cílem je nalezení prediktivního modelu a jeho využití pro stanovení odhadu budoucího cenového vývoje zvoleného titulu. Záměrem je ověření platnosti slabé formy hypotézy efektivních trhů. Posledním cílem je zhodnocení použitelnosti zvolených statistických metod a uvedení jejich přínosu pro potenciálního investora.

2.2 METODIKA

Teoretická východiska vymezují konceptuální rámec pro aplikaci zvolených nástrojů statistické analýzy. Toho je dosaženo s využitím deskriptivního popisu trhu cenných papírů a cenných papírů samotných, a to se zvláštním důrazem na akcie. Značný prostor je věnován investičním analýzám, a především pak teorii efektivního trhu. Ta je chápána jako zásadní kritika všech prediktivních metod, založených výlučně na informacích o historickém vývoji kurzu aktiva.

Metodika práce je syntézou poznatků o statistických metodách a zaměřuje se na časové řady. Postupně je tak zmíněna definice a klasifikace časových řad, základní popisné charakteristiky a metody analýzy časových řad. Dále je popsán obecně platný algoritmus konstrukce předpovědi s využitím Box-Jenkinsovy metodologie. Samotný závěr metodiky se věnuje obecnému představení programovacího jazyka „R“ a několika základních funkcí, nutných ke konstrukci a testování prediktivních modelů.

Vlastní práce využívá dosud uvedené poznatky a demonstruje jejich použití na konkrétních příkladech. Začátek vlastní práce je věnován historickému vývoji emitenta vybraných akcií, jímž je Advanced Micro Devices, Inc. (AMD). Je zde uvedena základní charakteristika produktového portfolia společnosti, významné produktové řady, ale i další milníky ve vývoji společnosti. Součástí je základní statistická analýza ročních tržeb a hrubých zisků společnosti v letech 2000 až 2020. Motivací není jen snaha o nalezení ekonomických fundamentů jako základu, pro vysvětlení cenových změn. Smyslem je i

přiblížení způsobu, jakým je emitent vnímán potenciálním investorem, aby bylo cenový vývoj možné hodnotit z perspektivy psychologické analýzy. Rovněž jsou vypočteny elementární charakteristiky závěracích cen akcií v letech 2000 až 2020. Na jejich základě je nad denními závěracími cenami akcií ověřen vývoj trendu v období od 1.1.2016 do 31.12.2020.

Na základě dosavadních zjištění je analýza cenového vývoje akcií rozšířena i na analýzu výnosnosti akcií. Je provedena aditivní dekompozice časové řady složené z denních závěracích kurzů a z původní časové řady je odebrána její sezónní složka. Takto upravená řada je pomocí logaritmu transformována na řadu reprezentující výnosnost zvolených akcií. Řady cen a výnosu jsou následně vizuálně posouzeny z hlediska stacionarity a pokud je z jejich průběhu zřejmá jejich nestacionarita, pak jsou transformovány pomocí první diference. U takto upravených řad je posouzena jejich stacionarita s využitím rozšířeného Dickey-Fullerova testu. Následně jsou určeny p , d a q řady potenciálních modelů, a to s využitím autokorelační funkce (ACF) a parciálně autokorelační funkce (PACF). Následně jsou zkonstruovány samotné modely, které jsou dále opětovně zkoumány s využitím dříve zmíněných autokorelačních funkcí. Modely s vysokou hodnotou korelačních koeficientů mezi zbytkovými rezidui jsou z dalšího zpracování vyloučeny. Zároveň jsou z dalšího zpracování vyloučeny modely, na jejichž základě nelze činit relevantní předpověď. Následná predikce zahrnuje vytvoření bodové předpovědi pro 19 budoucích hodnot, což představuje predikci cenového vývoje v průběhu ledna 2021. V rámci posledního kroku jsou hodnoty generované modelem porovnány s hodnotami, kterých ceny akcií skutečně dosáhly. Díky tomu je vyčíslena odmocnina ze střední kvadratické chyby odhadu RMSE a především pak střední absolutní procentní chyba odhadu MAPE, díky které lze určit přesnost dříve učiněné predikce. Na základě zjištěných výsledků je pak v samotném závěru učiněno konkrétní doporučení pro použití ARIMA modelů v oblasti analýzy cen akcií.

V rámci práce jsou použita data získaná z webových služeb umístěných na adresách <https://finance.yahoo.com/> a <https://ycharts.com/>. Veškerá vlastní práce byla prováděna pomocí aplikací LibreOffice Draw 7.1, Microsoft Office Word 2102 a Microsoft Office Excel 2102. Dále byl využit programovací jazyka R ve verzi 3.6.3 a vývojové prostředí RStudio 1.4.1.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

3.1 TRH

Po celém světě existuje mnoho typů ekonomik. Liší se objemem dostupných výrobních faktorů¹ a jejich regulací. Způsob, kterým jsou v určité oblasti distribuovány a organizovány výrobní zdroje společně se zbožím a službami, se nazývá **ekonomický systém**.

Existují tři základní ekonomické otázky. Jsou to:

- „**Co** vyrábět?“,
- „**Jak** vyrábět?“,
- „**Pro koho** vyrábět?“. (1)

Způsob, kterým jsou tyto otázky řešeny a případně i odpovídány, dává vzniknout čtyřem hlavním typům ekonomických systémů. Jsou to:

- **Zvykový (tradiční) systém** – Základní ekonomické otázky jsou řešeny na základě tradic anebo zvyklostí. Jedná se spíše historickou kategorií a tento systém lze očekávat u primitivních společností, jako jsou například Sentinelci, Křováci nebo civilizací nedotčené kmeny v Amazonii.
- **Příkazový (plánovaný) systém** – Základní ekonomické otázky jsou řešeny na základě rozhodnutí státu. Typické je centrální plánování a skutečnost, že alespoň část výrobních faktorů vlastní stát². V současné době má k tomuto systému nejbližší ekonomika KLDR anebo ekonomika Kubánské republiky.
- **Tržní systém** – Základní ekonomické otázky jsou řešeny v konkurenčním prostředí na základě střetu nabídky s poptávkou. K tomu dochází na **trhu**, kde jsou zároveň alokovány výrobní faktory. V tržním systému převládá soukromé vlastnictví.
- **Smišený systém** – Kombinuje tržní a plánovaný přístup. K řešení ekonomických otázek se typicky využívají **trhy**, nicméně pravidla jejich fungování jsou regulována

¹ Výrobními faktory se rozumí práce, půda a kapitál. Jedná se o vstupy (primární zdroje), používané při výrobě ekonomických statků.

² Typicky se jedná o půdu a kapitál. Lze si ale nárokovat i práci.

státem. Stát může korigovat přerozdělení bohatství³ nebo být vlastníkem některých odvětví ekonomiky. Vzhledem ke skutečnosti, že není přesně určeno, které vlastnosti musí být převzaty z tržního systému a které z příkazového (a ani jejich poměr), lze do smíšeného systému zařadit ekonomiky většiny států světa (2).

Význam trhu spočívá v řešení základních ekonomických otázek v tržních anebo smíšených ekonomikách. Prostřednictvím trhu dochází k ohodnocení statků penězi, tedy k určení tržní ceny jednotlivých statků (1).

Obvyklá **klasifikace trhů** je na:

- Trh zboží a služeb,
- Trh výrobních faktorů,
- **Finanční trh.**

3.2 TRH CENNÝCH PAPIRŮ

3.2.1 Vymezení trhu cenných papírů v rámci finančního trhu

Na **finančním trhu** se poptává investování a nabízí spoření. Je zde soustředěna nabídka i poptávka peněz a kapitálu (3). Na finančním trhu dochází k přelévání (alokaci) peněžních prostředků mezi nabízejícími a poptávajícími za využití finančních nástrojů (4).

Finanční trh se dělí na:

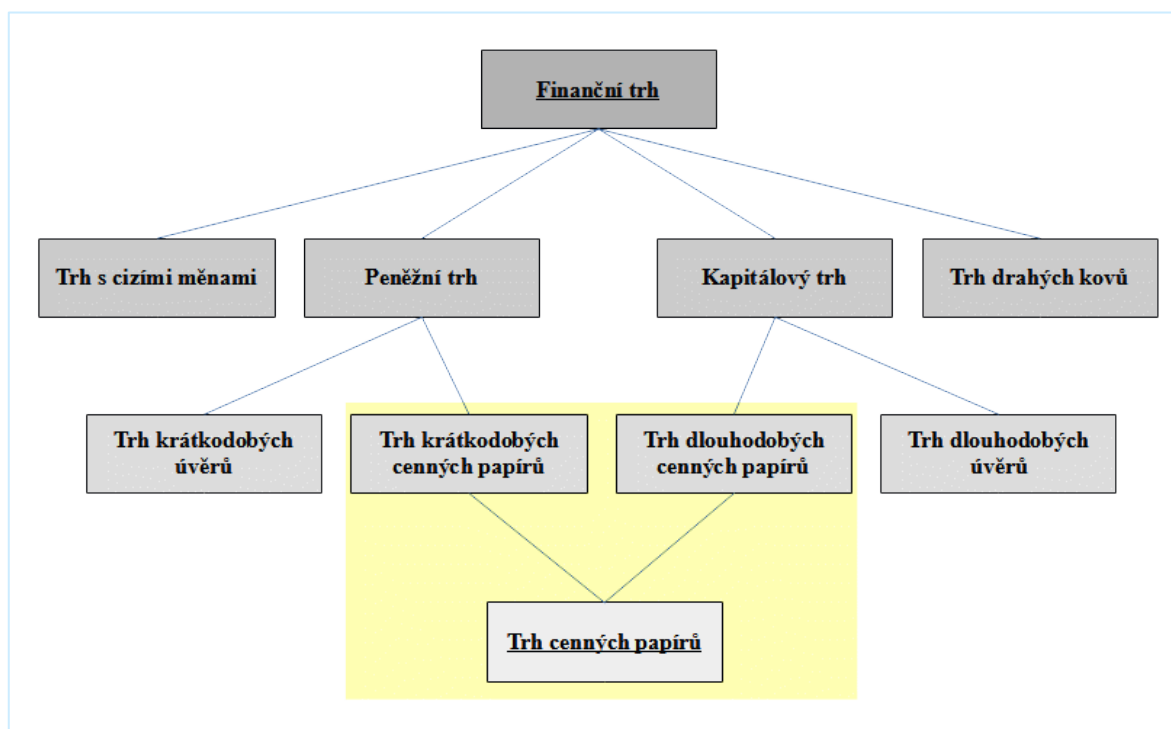
- **Trh s cizími měnami** – Je charakterizován směnou konvertibilních měn, čímž dochází k tvorbě jejich kurzů. Tyto trhy se dále dělí na trhy bezhotovostní (devizové) a hotovostní (valutové).
- **Peněžní trh** – Je charakterizován původní splatností obchodovaných nástrojů do jednoho roku. Peněžní trh se dále dělí na:
 - Trh krátkodobých úvěrů,
 - Trh krátkodobých cenných papírů.

³ Bohatství lze vnímat jako „veškeré disponibilní zdroje“ určité jednotky. (5)

- **Kapitálový trh** – Je charakterizován původní splatností obchodovaných nástrojů nad jeden rok. Kapitálový trh se dále dělí na:
 - Trh dlouhodobých úvěrů,
 - Trh dlouhodobých cenných papírů.
- **Trh drahých kovů** – Za drahé kovy jsou tradičně považovány zlato a stříbro. Dále se jedná například o platinu anebo paladium (5).

Trh cenných papírů je podmnožinou finančního trhu. Alokace volných peněžních prostředků na trhu cenných papírů probíhá prostřednictvím cenných papírů. Vymezení trhu cenných papírů v rámci trhu finančního je na Obrázek 1.

Obrázek 1- Vymezení trhu cenných papírů v rámci finančního trhu



Zdroj: Vlastní zpracování pomocí aplikace „LibreOffice Draw 7.1.0“, na základě (5), str. 61

3.2.2 Klasifikace trhu cenných papírů

Trh cenných papírů lze klasifikovat na základě více možných znaků. Mezi ty základní patří skutečnost, zda se jedná o nové anebo alespoň jednou obchodované cenné papíry. Rozlišuje se:

- **Primární trh** – Zde dochází k emisím⁴, tedy k prvnímu uvedení cenného papíru na trh. Vydavatel cenných papírů (emitent, resp. nabízející) získává peněžní prostředky od kupujících (investorů, resp. poptávajících). Zároveň se jedná o první prodej cenných papírů jejich prvním nabyvatelům. Emitent tak na předem známou dobu získává prostředky pro financování svých vlastních aktivit. Investor může nově nabytý cenný papír dále přeprodat.
- **Sekundární trh** – Zde dochází k nákupům a prodejm již dříve uvedených cenných papírů. Na sekundárních trzích dochází k stanovení tržních cen cenných papírů a zároveň k zajišťování likvidity. Sekundární trh se dále dělí na:
 - **Organizovaný trh** – Jedná se o regulovaný trh. Je charakteristický tím, že směna je organizována podle předem stanovených pravidel a v souladu s legislativou. Organizovaný trh se dále dělí na:
 - **Burzovní trh** – Obchodování je zajištěno prostřednictvím burzy.
 - **Mimoburzovní trh** – Burza v obchodech na těchto trzích není nijak zastoupena. (4)
 - **Neorganizovaný trh** – Jedná se o neregulovaný trh. Není řízen žádným subjektem a obchod realizují samotní investoři. Pro tyto trhy existuje označení „OTC trh“, které pochází z anglického „Over-The-Country“. V české literatuře se OTC trhy překládají jako „Trh přes přepážku“, nebo volněji „Trh volně obchodovaných cenných papírů. (4), (5), (6)

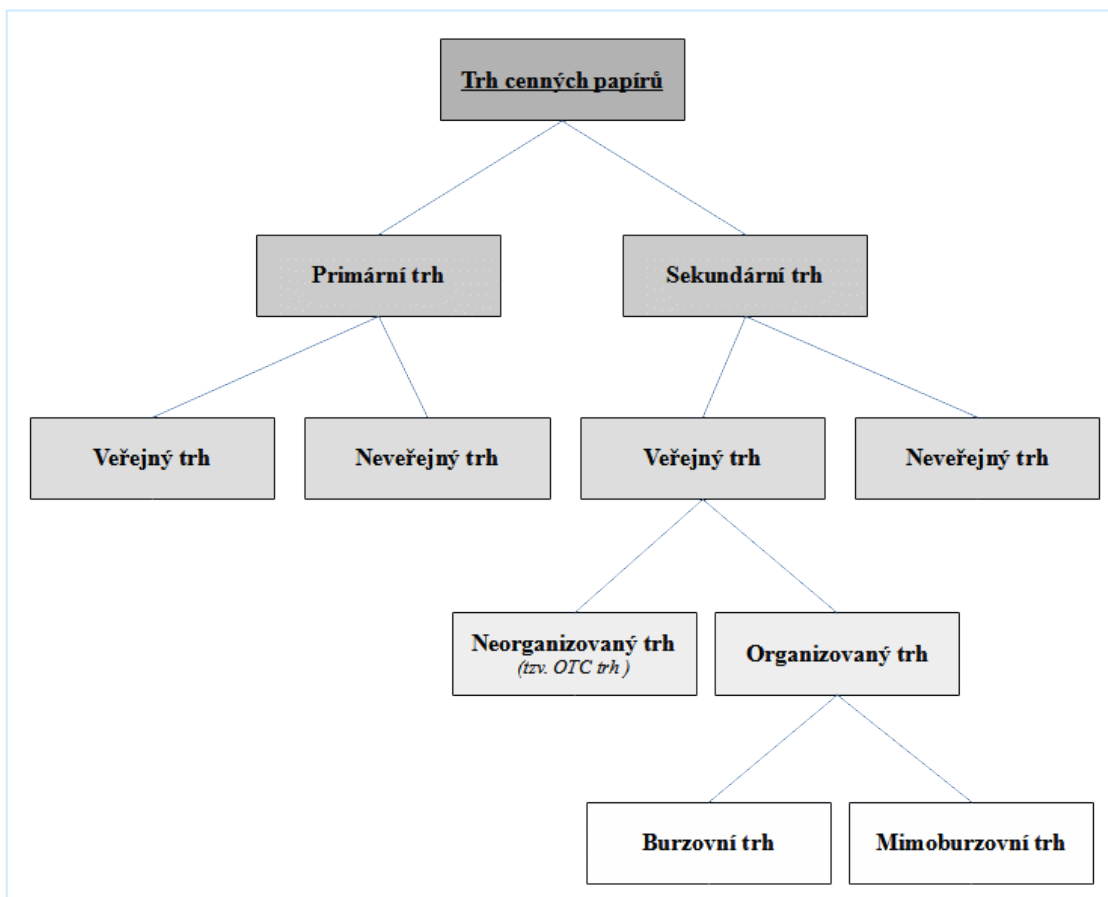
Dle toho, komu je na trhu umožněn přístup k obchodování, se rozlišují:

- **Neveřejné trhy** – K obchodování na trhu má přístup pouze omezený okruh předem dohodnutých zájemců a cenné papíry jsou obvykle prodávány za individuálně dohodnutou cenu.
- **Veřejné trhy** – K obchodování na trhu mají přístup všichni potenciální zájemci a cenné papíry jsou obvykle prodávány za nejvyšší možnou cenu.

⁴ Slovo emise pochází z latinského e-mitto (vydávám vypouštím, vysílám). Slovo se v oboru ekonomie používá ve významu: „vyslání“, „vydání“, „vypuštění“ anebo „uvedení do oběhu“.

Dosavadní klasifikace dává vzniknout struktuře trhu cenných papírů, která je znázorněná na Obrázek 2.

Obrázek 2- Základní klasifikace trhu cenných papírů



Zdroj: Vlastní zpracování pomocí aplikace „LibreOffice Draw 7.1.0“, na základě (5), str. 65

Dalším kritériem pro členění trhů je **druh obchodovaných instrumentů**. Trhy se takto dělí na:

- **Akciový trh** – Místo, kde dochází k nákupům, prodejm a případně i emisím různých druhů akcií.
- **Dluhopisový trh** – Místo, kde dochází k nákupům a prodejm dluhopisů, případně k jejich uvedení na trh.
- **Trh finančních derivátů** – Místo, kde se obchoduje s finančními deriváty, jako jsou například futures, opce anebo swapy. (4)

Z časového hlediska se trhy cenných papírů dělí na:

- **Trh krátkodobých cenných papírů** – Původní splatnost obchodovaných cenných papírů je do jednoho roku. Tento trh **je součástí peněžního trhu**. Peněžní trh zajišťuje **likviditu** subjektům s deficitem peněžních prostředků.
- **Trh dlouhodobých cenných papírů** – Původní splatnost obchodovaných cenných papírů je vyšší než jeden rok. Tento trh **je součástí kapitálového trhu**.

Pojem **likvidita** je odvozený z anglického „liquid“ („tekutý“ anebo „kapalný“). Význam slova je odvozován z kontextu, v kterém je použito. V širším smyslu se jedná o míru schopnosti přeměnit aktiva na peněžní prostředky a těmi krýt své závazky. V užším smyslu jde buď o míru schopnosti disponovat volnými peněžními prostředky anebo schopnost aktiva rychle se přeměnit na peněžní prostředky. Pojem „rychle“ je pak běžně ponechán k subjektivnímu posouzení.

3.2.3 Burza jako organizátor trhu

Široce používaný pojem „burza“ v historii označoval shromáždění obchodníků, kteří prodávají anebo nakupují zboží, které není na trhu přítomné.

Pro vysvětlení vzniku samotného pojmu „burza“ existují dvě různé hypotézy. Dle první z nich, slovo vychází z latinského slova „bursa“, které označuje kožený měšec anebo druh vaku na peníze. Druhá hypotéza dává pojem do souvislosti se středověkými „bursae“, tedy kupeckými kolejami (4), (7).

Burza je:

- místem, kde probíhá obchod,
- samotným setkáním obchodníků,
- zvláštním druhem trhu,
- instituce, organizující trh (7).

Na základě těchto čtyř bodů, lze burzu definovat jako „místo, kde obchodníci uzavírají obchodní transakce, a to podle předem známých pravidel určených dozorující institucí.“.

Další vlastnosti burzy jsou:

- na burze se fyzicky nenalézá předmět obchodů,
- místo i doba konání burzovních obchodů je předem známé,
- burzovního obchodu se smí účastnit přesně vymezený seznam osob,
- obchody se na burze realizují se vzájemně zastupitelnými a předem vymezenými předměty (8).

Burza je místem, kde se obchoduje se zbožím nebo službami. Jedná se o vysoce organizovaný trh, kde se obchoduje podle předem známých pravidel.

Rozlišují se tři základní typy burzy:

- **Francouzský typ** – Tento typ je charakteristický tím, že je všeobecně přístupná, obchody jsou realizovány prostřednictvím dohadců, tzv. senzalů. Jmenovat je může správce burzy společně se státním orgánem.
- **Středoevropský typ (kontinentální)** – Burzy tohoto typu jsou uzavřeným společenstvím svých členů. Obchody lze realizovat pouze prostřednictvím členů burzy. Na činnost burzy dohlíží státní zástupce.
- **Angloamerický typ** – Je reprezentován soukromou organizací a přístup na burzu mají vlastníci křesel. Na rozdíl od předchozích dvou typů, stát nezasahuje do její činnosti. Podobně, jako u francouzského typu, mohou obchodovat i nečlenové burzy, prostřednictvím zmíněných vlastníků křesel. (9)

Burzy lze klasifikovat na základě zaměření na typ obchodovaných předmětů:

- **Devizové burzy** – Předmětem devizových burz je nákup anebo prodej měn a z hlediska členění finančních trhů operují na „trhu s cizími měnami“.
- **Komoditní burzy** – Předmětem obchodování komoditních burz je zaměnitelné zboží. Mohou to být suroviny, výrozkové polotovary anebo drahé kovy. Komoditní burzy se zaměřením na drahé kovy jsou součástí „Trhu drahých kovů“. Ostatní typy komoditních burz nejsou součástí finančních trhů, což vyplývá z jejich hmotné povahy.
- **Burzy cenných papírů** – Předmětem činnosti těchto burz je přeprdej cenných papírů. Jsou součástí veřejných sekundárních trhů cenných papírů. Existence

konkurenčního prostředí umožňuje vznik spravedlivých tržních cen, které se označují jako **kurzy**. (5)

Burza cenných je organizátorem trhu „burzovního trhu“ a její umístění v rámci trhu cenných papírů ilustruje Obrázek 2. Jako příklad konkrétních burz lze uvést „The New York Stock Exchange“ (NYSE) anebo „National Association of Securities Dealers Automated Quotations“ (NASDAQ). V rámci těchto burz platí, že obchodníci s cennými papíry jsou označováni jako „brokeři“ a zprostředkovatelé obchodů jsou „makléři“.

NYSE

Newyorská burza, „The Big Board“, „The New York Stock Exchange“ anebo akronym „NYSE“. Pokaždé se jedná o označení pro jednu z nejznámějších amerických burz cenných papírů. Burza sídlí v newyorském městském obvodu Manhattan, na adrese Wall Street 11. Podle posledního reportu světové federace burz (WFE) shrnující data za rok 2019, tržní hodnota všech obchodovaných akcií na úrovni 22,92 bilionu amerických dolarů (USD) a průměrný měsíční objem všech uzavřených obchodů 1,45 bilionů USD. Tato čísla znamenají, že NYSE je v současnosti největší světovou burzou s cennými papíry.

Počátky burzy sahají až do roku 1792, kdy byla podepsána tzv. „Buttonwoodská dohoda“, která upravovala obchod s cennými papíry. Dohoda upravovala minimální provizi, kterou může makléř účtovat svým klientům a mezi signatáři zavedla vzájemné upřednostňování v rámci prodejů cenných papírů. Makléři obchodující na základě zmíněné dohody se 8. března 1817 reorganizovali a došlo k oficiálnímu založení burzy.

V současné době mají obchody na burze charakter nepřetržité aukce, která standardně probíhá od pondělí do pátku, od půl desáté do čtyř hodin odpoledne. Svátky jsou z obchodních dní vyloučeny. Vzhledem k umístění burzy jsou časy udávány ve východním standardním čase (UTC-05) a jsou uvažovány pouze federální svátky USA.

NASDAQ

NASDAQ je burza cenných papírů, se sídlem v New Yorku. Dle WFE byla v roce 2019 tržní hodnota všech obchodovaných akcií na úrovni 10,86 bilionů USD a průměrný

měsíční objem uzavřených obchodů byl na úrovni 1,62 bilionů USD. Na základě obou těchto metrik lze burzu považovat za druhou největší.

NASDAQ byla založena 8. února 1971 a od začátku se jednalo o elektronický trh, který měl umožnit rychlé a transparentní obchodování cenných papírů. Díky tomu dochází ke snížení cenových rozdílů mezi nabídkou a poptávkou a také ke snížení nákladů spojených se samotným obchodováním. V průběhu let se NASDAQ zaměřil na obchodování cenných papírů v podobě akcií technologických, případně i biotechnologických společností.

V rámci NASDAQu jsou obchody uzavírány na základě kótovaného kurzu, a to každý všední den, od čtvrté hodiny ranní až do osmé hodiny večerní standardního východního času. Jako „standardní obchodní seance“ se označuje čas mezi půl desátou dopoledne a čtvrtou odpolední hodinou.

V souvislosti s obchodními dny a hodinami se začalo rozlišovat několik význačných momentů, v nichž má výše kurzu cenného papíru speciální význam. Jsou jimi moment otevření burzy, kdy se aktuální výše kurzu každého aktiva označuje jako „otevírací kurz“ pro daný den a dále pak moment uzavření burzy, kdy se aktuální výše kurzu aktiva označuje jako „uzavírací kurz“. Z hlediska výše dosažené hodnoty jsou dále významná maxima a minima, kterých kurz v určitém období nabývá.

3.3 CENNÉ PAPIRY

3.3.1 Vymezení cenných papírů v rámci finančních instrumentů

Finanční investiční instrument je smlouvou, mezi dvěma stranami. U jedné strany vytváří závazek a u druhé je vnímán jako aktivum u kterého se očekává, že bude v budoucnu generovat zisk.

Finanční investiční instrumenty se dělí na:

- **Cizí měny** – Jsou to investiční instrumenty na trhu s cizími měnami. Účastník obchodu s cizími měnami může spekulovat⁵ na budoucí růst anebo pokles kurzového hodnocení vybraných měn mezi sebou.
- **Investiční instrumenty peněžního a kapitálového trhu**
 - **Úvěry** – Jsou to smlouvy o časově omezeném poskytnutí peněžních prostředků. Poskytovateli úvěru náleží odměna ve formě předem sjednané výše úroku. Na základě délky doby splatnosti se rozlišují úvěry krátkodobé (do jednoho roku) a úvěry dlouhodobé (nad jeden rok). Úvěry jsou nepřevoditelné (neobchodovatelné).
 - **Cenné papíry (klasické)** – Základním rozdílem oproti úvěrům je jejich převoditelnost (obchodovatelnost).
- **Drahé kovy** – Jedná se o komodity v podobě vybraných druhů kovových prvků anebo jejich slitin. Vlastníci drahých kovů mohou spekulovat na budoucí růst anebo pokles jejich tržních cen. (5)

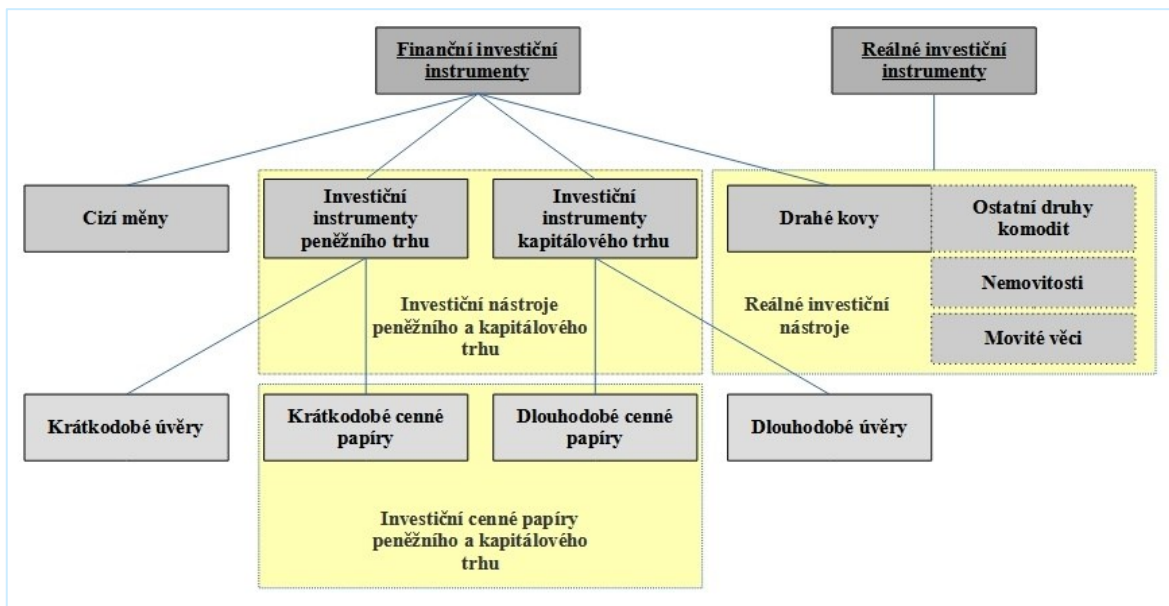
Vedle finančních investičních instrumentů existují **reálné investiční instrumenty**, které jsou charakteristické vazbou na hmotný objekt. Dělí se na:

- **Komodity** – Stejnorodé, zaměnitelné zboží, které lze obchodovat bez jeho přítomnosti. Typickým zástupcem jsou nerostné suroviny (včetně drahých kovů) nebo vybrané hospodářské plodiny.
- **Nemovitosti** – Někdy též reality, jsou nepřemístitelné věci, jako jsou například pozemky anebo stavby.
- **Movité věci** – Vysoce ceněné, přemístitelné věci, které se vyznačují dlouhou životností. Jedná se například o umělecké předměty nebo drahé kameny (diamanty). (5)

Základní členění finančních investičních instrumentů je zobrazeno na Obrázek 3 a vychází z klasifikace finančních trhů.

⁵ Spekulace se snaží využívat tržních neefektivností pro vytvoření krátkodobého zisku.

Obrázek 3- Základní klasifikace finančních investičních instrumentů



Zdroj: Vlastní zpracování pomocí aplikace „LibreOffice Draw 7.1.0“, na základě (5), str. 220

Cenný papír obecně reprezentuje určitá práva, obvykle majetková, která nabývá majitel cenného papíru vůči jeho vydavateli (emitentovi). „Cenný papír je smlouva, uzavřená za účelem podílení se na společném zisku“ (6). Cenný papír může být buď v listinné podobě anebo se může jednat o záznam v evidenci cenných papírů. Pokud se jedná o záznam v evidenci, hovoříme pak o zaknihovaném cenném papíru.

3.3.2 Klasifikace cenných papírů

Klasifikace cenných papírů spočívá v určení jejich majetkové podstaty. Rozeznávají se tak:

- **Majetkové cenné papíry** – Svým držitelům poskytují vlastnická práva na majetku emitenta.
 - **Akcie** – Emitentem akcií jsou akciové společnosti, držitel akcií se nazývá **akcionář**. Akcionář má právo podílet se na zisku společnosti (dividenda) a obvykle má rovněž právo podílet se na řízení společnosti formou hlasování na valné hromadě. Akcionář neručí za závazky emitenta.
 - **Podílové listy** – Emitentem jsou podílové fondy (investiční společnosti). Držitel podílového listu je **podílník**. Podílník má právo na podíl na zisku,

ovšem nemá právo podílet se na řízení společnosti. Podílník se tedy může zúčastnit valné hromady, ovšem bez hlasovacího práva.

- **Dluhové cenné papíry** (*dluhopisy*) – Pro své držitele představují doklad o zapůjčení peněžních prostředků (jistina). Držitel dluhopisu má v předem dohodnutém termínu nárok na odměnu v podobě úroku a zároveň samotné jistiny.
 - **Krátkodobé dluhopisy** – Dluhopisy s dobou splatnosti do jednoho roku (dluhopisy peněžního trhu). Typickými zástupci jsou pokladniční poukázky (státní nebo centrální banky), depozitní certifikáty anebo směnky.
 - **Dlouhodobé dluhopisy** (*obligace*) – Dluhopisy se splatností nad jeden rok (dluhopisy kapitálového trhu). (3), (4), (5), (7)

3.3.3 Emise cenných papírů

Emise cenných papírů znamená proces vydání určitého souboru cenných papírů emitentem a jejich uvedení do oběhu.

Jako **emitent** se označuje vydavatel cenného papíru. Emitent může být z oblasti státní, veřejně právní (komunální) anebo ze soukromé sféry. Před vlastní emisí cenného papíru emitent připravuje takzvaný prospekt⁶. Ten obsahuje informace o základní charakteristice emitovaných cenných papírů. Prospekt slouží jako informační zdroj pro případné investory. Cenný papír, stejně jako prospekt cenného papíru, musí splňovat náležitosti stanovené příslušnou legislativou. (4), (5), (6), (10)

Většina majetkových cenných papírů a obligací je uvedena prostřednictvím primárního trhu. Mezi základní způsoby prvního ocenění cenných papírů patří:

- **Předem určená cena** – Emitent v tomto případě stanovuje fixní cenu, za kterou prodává cenné papíry na primárním trhu potenciálním investorům.
- **Tendr** – Na začátku tohoto procesu emitent stanoví minimální cenu, za které je ochotný prodat cenné papíry. Potenciální investoři následně spraví emitenta o maximální ceně (a množství), za kterou jsou ochotní cenné papíry nakoupit. Emitent

⁶ Výjimku tvoří státní dluhopisy, kde se prospekt nevyhotovuje. (14)

po uplynutí předem stanovené doby investorské nabídky vyhodnotí a dle výhodnosti postupně odprodává celou emisi.

- **Aukce** – Její princip je obdobný tendru, a to s tím rozdílem, že si investoři mohou navzájem konkurovat. Z jejich strany tak může docházet k opakovaným nabídkám, o jejichž znění jsou ostatní účastníci prodeje informováni a je jim umožněno na ně zareagovat. (5)

3.3.4 Akcie

Přesná definice pojmu **akcie** se nalézá v české legislativě:

„Akcie je cenný papír nebo zaknihovaný cenný papír, s nímž jsou spojena práva akcionáře jako společníka podílet se podle tohoto zákona a stanov společnosti na jejím řízení, jejím zisku a na likvidačním zůstatku při jejím zrušení s likvidací.“ (10)

Emitent akcie prodává na *primárním trhu*, a získává tak peněžní prostředky na financování vlastních aktivit. Na základě nabídky a poptávky je akcii na primárním trhu stanoven *emisní kurz*, za který ji investor (budoucí akcionář) nakoupí. Pokud bude chtít akcionář své akcie prodat, musí tak provést na sekundárním trhu, a to již za *tržní kurz*, který opět vzniká na základě střetu nabídky a poptávky. V případě, že by se hodnota tržního kurzu pohybovala pod hodnotou emisního kurzu, a to i po započítání dosud vyplacených dividend, pak by okamžitý prodej akcií jejich pro jejich původního majitele znamenal ztrátu. Akcionář tedy v budoucnu nemusí získat zpět všechny své vynaložené prostředky na pořízení akcií. (4), (5), (11), (12)

Klasifikace akcií

Akcie poskytují svému vlastníkovu práva uplatnitelná vůči emitentovi. Druh těchto práv je základním klasifikačním kritériem pro členění akcií. Rozeznávají se tak akcie:

- **Kmenové akcie** – Poskytují svému vlastníkovu především práva z oblasti *řízení společnosti*. Vlastník kmenové akcie má na valných hromadách právo předkládat návrhy, a také hlasovací právo. Počet hlasů akcionáře odpovídá počtu jím držaných akcií. Zároveň má právo být informován o rozhodnutí valné hromady, nebo právo na vysvětlení jakékoliv skutečnosti, která by mohla být podkladem pro vlastní

rozhodnutí o hlasování. S držením tohoto druhu akcií také souvisí právo na vyplácení dividendy a v případě zániku společnosti právo na podíl na likvidačním zůstatku společnosti. Držitelé kmenových akcií mají obvykle právo na přednostní nákup nových emisí akcií nebo konvertibilních obligací⁷. Výše dividendy kmenových akcií je napojena na výši zisku společnosti (emitenta). Je zřejmé, že její výše je v čase variabilní a může být i nulová. V případě krachu společnosti jsou z likvidačního zůstatku postupně vypořádávány závazky společnosti (*včetně dluhopisů*), následně vlastníci prioritních akcií a až nakonec držitelé kmenových akcií.

- **Prioritní akcie** – S těmito akciemi se nepojí právo na řízení společnosti. Svým vlastníkům toto kompenzují právem na výplatu dividend. Ty mohou mít podobu předem sjednané částky nebo částky, jejíž výše je navázána na velikost zisku anebo i jiný ukazatel (například úroková sazba nebo procento z nominální hodnoty akcie⁸). Další výhodou těchto akcií bývá přednostní právo na výplatu likvidačního zůstatku společnosti. (3), (4), (5), (6)

Kmenové akcie i prioritní akcie se mohou dělit dle dalších kritérií. Kmenové akcie tak členíme dle:

- **Rozsahu hlasovacího práva**
 - **Akcie se standardními hlasovacími právy** – Hlasovací právo související s akcií odpovídá podílu nominální hodnoty akcie a základního kapitálu společnosti.
 - **Akcie třídy „A“ a „B“** – Akcie třídy „A“ dává svým držitelům silnější hlasovací právo než akcie třídy „B“. Přitom nominální hodnota obou akcií zůstává stejná, rovněž jako výše vyplácené dividendy⁹.
- **Práva na dividendu**
 - **Standardní výplata dividend** – Velikost dividendy souvisí s dosaženým ziskem společnosti.

⁷ Obligace s právem na její výměnu za akcii. Děje se tak v době splatnosti obligace.

⁸ Nominální hodnota akcie se vypočítá jako podíl základní kapitálu společnosti počtem vydaných akcií. Ekvivalentním pojmem je „jmenovitá hodnota akcie“.

⁹ Vzhledem ke skutečnosti, že jediným rozdílem mezi těmito druhy akcií jsou nižší hlasovací práva u akcie třídy „B“, pak se tato skutečnost také promítne do nižšího tržního ohodnocení těchto akcií oproti akciím třídy „A“.

- **Oddálená výplata dividend** – Po určitou dobu od vydání akcie je velikost její dividendy nulová.
- **Vazba na základní kapitál**
 - **Akcie s nominální hodnotou** – S akcií je svázána nominální hodnota.
 - **Akcie bez nominální hodnoty** – Akcie nenesou informaci o své nominální hodnotě. Akcie zní na část společnosti, která je určena počtem vydaných akcií. Proto se také nazývá „kusová“ akcie. (5), (6), (10), (12)

Prioritní akcie se dají dělit následovně:

- **Akcie se zvláštními právy akcionářů**
 - **Konvertibilní akcie** – Akcionář má právo, vyměnit prioritní akcie za akcie kmenové. Přesné podmínky operace jsou určeny při emisi akcie.
 - **Prioritní kvalifikační akcie** – Akcionáři poskytují právo zasedat ve správní radě akciové společnosti.
- **Akcie se zvláštními právy emitentů**
 - **Vypověditelné prioritní akcie** – Emitent má právo „vypovědět“ (zneplatnit) akcie, nicméně je povinen je zpětně vykoupit, a to za podmínek stanovených při emisi.
 - **Prioritní akcie vyměnitelné za obligace** – V době emise jsou určeny podmínky, za kterých má emitent právo akcii vyměnit za obligaci.
- **Preferenční akcie** – Mají přednostní právo výplaty dividendy vůči ostatním prioritním akciím.
- **Akcie s omezenou dobou životnosti** – Při prvotní emisi akcie je určen termín její platnosti. Po uplynutí platnosti, je akcie zpětně odkoupena emitentem. (5), (6), (12)

Vedle dosud uvedených druhů akcií existují i další akcie (případně cenné papíry), které nelze s určitostí zařadit mezi kmenové anebo prioritní akcie. Mezi tyto cenné papíry se řadí:

- **Zaměstnanecké akcie** – Jejich nabytí je umožněno pouze zaměstnancům společnosti emitenta. Zaměstnanec si akcie smí ponechat pouze po dobu, kdy

je zaměstnaneckém poměru. Výjimku tvoří situace, kdy zaměstnanec odejde do důchodu. V případě úmrtí je pak nutné akcie odprodat zpět společnosti, nebo některému z jejích současných zaměstnanců.

- **Zatímní listy** – Cenné papíry související se zakládáním akciových společností. Jsou náhradou akcií do doby, kdy je splacen veškerý základní kapitál společnosti.
- **Kmenové listy** – Cenné papíry vyjadřující podíl na majetku společností s ručením omezeným. (5), (6), (10), (12)

3.3.5 Metody určení kurzu cenných papírů

Kurz cenného papíru, je hodnota cenného papíru v určitém časovém intervalu, stanovená v peněžních jednotkách. Hodnotu cennému papíru přisuzují jednotliví investoři na základě svých znalostí nebo zkušeností a každý jednotlivec ji může vnímat rozdílně. Hodnota cenného papíru v mysli každého investora se mění v čase, stejně tak jako kurz. Pokud vznikne rozdíl mezi kurzem a hodnotou, může jednotlivec cítit potřebu realizovat obchod, ať už prodej anebo nákup. Kurz cenného papíru je tedy v ideálním případě agregovaným součtem realizovaných nákupů a prodejů, které jsou motivovány změnou hodnoty cenného papíru v myslích investorů v průběhu času.

Z předchozího odstavce je zřejmé, že kurz cenného papíru odpovídá **tržní ceně** cenného papíru. Ta je utvářena na základě střetu nabídky v podobě investorů prodávající cenné papíry, s nabídkou v podobě investorů poptávající cenné papíry. Pokud poptávka po cenných papírech převyšuje nabídku, cena bude stoupat. Pokud nabídka převyšuje poptávku, cena klesá. Tržní cena pak odpovídá rovnovážné ceně. To znamená situaci, kdy je poptávka i nabídka v rovnováze.

V praxi je kurz cenného papíru vyhlášen organizátorem trhu. To přináší jisté zpoždění mezi realizací obchodů a přístupem k informaci, jaký dopad měly na kurz. Rovněž je běžné, že organizátor trhu nevyhlašuje kurz nepřetržitě, nýbrž pracuje v předem vymezených dnech a hodinách. Ty jsou sice většinou shodné s obchodními hodinami, nicméně dávají prostor pro změnu hodnoty cenného papíru v myslích investorů.

V průběhu času se na burzách objevily dva hlavní způsoby určování kurzu, respektive dva způsoby vypořádávání obchodů a to:

- **Fixing** – Fixing spočívá v kumulaci objednávek na nákup a prodej cenných papírů, které jsou v předem stanoveném čase realizovány podle stanoveného kurzu.
- **Kotace** – Tato metoda spočívá v rozdělení právě platné ceny na nákupní a prodejní. Nákupní cena je taková, za kterou je investor ochotný cenný papír nakoupit a je běžně označována jako „Bid“. Prodejní cena je taková, za kterou je ochotný investor cenný papír prodat a běžně se označuje jako „Ask“. V případě, kdy se zmíněné ceny rovnají, dochází k realizaci obchodu.

Hlavní rozdíl mezi fixingem a kotací spočívá v délce časové periody, s kterou je obnovován kurz, za který jsou realizovány obchody. V případě kotace je snaha snížit tuto periodu na co nejmenší hodnotu tak, aby byl kurz co nejvíce aktuální a obchody se mohly realizovat nepřetržitě. Fixing na tuto snahu rezignuje, kurz vyhláší v delších, předem daných periodách a obchody zpracovává v „dávkách“.

3.4 INVESTIČNÍ ANALÝZY

Racionální investor se svou činností snaží maximalizovat výnos. K maximalizaci výnosu z investičního obchodování je třeba správně odhadnout budoucí vývoj na trzích. V této snaze má investor k dispozici řadu investičních analýz, které mu mohou pomoci v rozhodnutí, které cenné papíry nakoupit, které prodat a případně také kdy danou činnost provést. (13)

Investiční analýza pomáhá investorům posuzovat své investice z pohledu ziskovosti (výnosové míry) a rizika. Riziko je spočívá v nebezpečí nedosažení očekávaného zisku. **Investice** je aktivum, které investor drží v naději, že mu bude v budoucnu generovat zisk. Pod pojmem investice se může skrývat téměř jakýkoliv mechanismus nebo činnost, která s sebou nese naději na zajištění budoucích zisků. **Investování** je samotný akt nákupu nebo pořízení aktiv s cílem jeho dlouhodobého vlastnictví. Aby bylo možné nějakou činnost označit jako investování, musí být přítomné očekávání zhodnocení vynaložených prostředků, a to se statistickou významností. Investování je: „*Záměrné obětování jisté dnešní hodnoty, za účelem získání vyšší hodnoty budoucí*“ (5). (4)

3.4.1 Teorie efektivního trhu

Normativní ekonomie vychází ze zkoumání ekonomické reality, na jejímž základě vynáší hodnotové soudy a doporučení. Normativní ekonomie „se zabývá realitou, jaká by měla být“. (1)

Teorie efektivního trhu je normativní teorií, která staví na racionálním investorovi a předpokládá, že hlavním očekáváním investora je maximalizace užitku. Dle teorie je trh **dokonale efektivní trh**, pokud je:

- **Alokačně efektivní** – Omezené zdroje jsou alokovány do místa, kde dojde k jejich nejefektivnějšímu využití.
- **Operačně efektivní** – Trh je operačně efektivní, pokud jsou transakční náklady nízké. Transakčními náklady se rozumí náklady transfer (přesun) zdrojů na trhu. Jedná se o náklady na samotnou alokaci.
- **Informačně efektivní** – Okamžitá cena aktiva odráží všechny dostupné informace. Je jí dosahováno prostřednictvím vzájemné konkurence jednotlivých investorů, kteří chtějí maximalizovat své zisky. Pokud je trh informačně efektivní, tak všichni investoři mají v každém okamžiku přístup ke všem pravdivým informacím, dokážou je okamžitě vyhodnotit a zároveň na ně ihned zareagovat. (4), (11), (14)

Informační efektivnost je hlavním předpokladem pro **teorii efektivního trhu** (EMH¹⁰). Ta je definována tak, že „...*okamžitá cena aktiva neustále a plně reflektuje všechny relevantní a dostupné informace.*“ (11), (14). Teorie efektivního trhu nezavádí žádnou souvislost mezi cenou současnou a cenou budoucí (4).

V rámci teorie efektivního trhu se „všechny relevantní a dostupné informace“ kategorizují do tří množin podle následujících forem:

- **Slabá forma** – Zahrnuje informace o historickém vývoji kurzu aktiva a jeho současné hodnotě.
- **Polo-silná forma** – Zahrnuje všechny historické a současné, veřejně dostupné informace (a to včetně vývoje kurzu aktiva).

¹⁰ EMH je zkratkou „Efficient Market Hypothesis“ – v českém překladu Teorie efektivních trhů.

- **Silná forma** – Zahrnuje všechny historické a současné, neveřejně i veřejně dostupné informace, a to včetně vývoje kurzu aktiva (15).

Rozdělení informací do tří forem dává vzniknout třem formám tržní efektivity, respektive třem verzím teorie efektivních trhů. Jsou jimi:

- **Slabá forma teorie efektivních trhů** – Okamžitá cena aktiva obsahuje všechny historické informace, obsažené ve vývoji kurzu aktiva. Pokud je tomu tak, pak ve vývoji kurzu již nemůže být žádná dodatečná informace na základě které by bylo možné predikovat budoucí vývoj. Kurzotvorné informace¹¹ jsou pouze ty veřejně dostupné anebo ty neveřejné.
- **Polo-silná forma teorie efektivních trhů** – Okamžitá cena aktiva obsahuje všechny informace z veřejných zdrojů. Kurzotvorné informace jsou pouze ty neveřejně dostupné.
- **Silná forma teorie efektivních trhů** – Okamžitá cena aktiva obsahuje všechny informace z veřejných i neveřejných zdrojů. Nelze nalézt zdroj kurzotvorných informací, a proto je budoucí vývoj ceny náhodný (11). (15)

Efektivní trhy cenných papírů se vyznačují následujícím chováním:

- **Kurzy cenných papírů okamžitě reagují na nové kurzotvorné informace** – Kurz cenného papíru absorbuje nové informace s minimálním zpožděním. Kurzová změna je přesná a skoková.
- **Změny v kurzu cenných papírů jsou náhodné** – Kurzy cenných papírů konají „náhodnou procházku“. Náhodná procházka je posloupností, jejíž následující člen je roven členu předcházejícímu plus náhodně velké hodnotě. Matematicky je reprezentována zápisem (3.1), kde $\{X_t\}_{t=1}^{\infty}$ je posloupnost nezávislých veličin a P_0 počátečním bodem náhodné procházky.

$$P_n = P_0 + \sum_{t=0}^{\infty} X_t, t \in \mathbb{R} \quad (3.1)$$

¹¹ Kurzotvorná informace je informace, která má vliv na budoucí vývoj kurzu. Jedná se o informaci, kterou trh dříve neočekával.

- **Dlouhodobě nelze dosahovat nadprůměrných výnosů** – Výsledky všech investorů jsou z dlouhodobého hlediska stejné.
- **Jakákoliv investiční strategie jejímž cílem je dosáhnout nadprůměrného výnosu musí selhat** – Vzhledem k náhodnosti vývoje kurzu není možné sestavit takovou obchodní strategii, která by svému uživateli dokázala zajistit nadprůměrný výnos. (4), (6), (11)

3.4.2 Technická analýza

Technická analýza patří mezi nejstarší způsoby předvídání vývoje kurzu na trzích cenných papírů. Za jejího zakladatele je považován Charles Henry Dow (1851 - 1902), který svá zjištění o chování akciových trhů vydával v článcích časopisu „Wall Street Journal“.

Technická analýza zkoumá minulý i současný vývoj cen aktiv a objemů uzavřených obchodů. Jejím účelem je poskytnout investorům doporučení, kdy mají uskutečnit prodej anebo nákup aktiva. Technická analýza se hojně používá při analýze kurzů jednotlivých akcií a akciových indexů¹². Technická analýza se opírá především o **Dowovu teorii** (Dow Theory). Ta se věnuje kurzovému vývoji akciových indexů, které svým složením pokrývají vybranou část trhu. Dowova teorie totiž uvádí, že kurzový pohyb většiny akcií je podobný, a tak lze pomocí akciového indexu popsat chování celého trhu. Charles H. Dow, po kterém teorie nese své jméno, pro tyto účely vytvořil dva akciové indexy „Dow Jones Transportation Average“ (DJTA) a „Dow Jones Industrial Average“ (DJIA). (4), (5), (11)

Dowova teorie obsahuje následující teze:

- **Trh diskontuje vše** – Trh vstřebává veškeré kurzotvorné informace, které mají dopad na vývoj kurzu. Zároveň s trhem reagují také akciové indexy. Reakce na nové informace však nejsou okamžité, jako je tomu například v teorii efektivního trhu. V rámci Dowovi teorie se informace šíří relativně pomalu a postupně a tak má vliv na všechny účastníky trhu.
- **Budoucí vývoj lze odvodit z historického** – Samozřejmě se jedná o vývoj kurzů akciových indexů. Na základě denních uzavíracích cen (close prices) lze sestavit trendy, v kterých se kurzy pohybují. Ty se rozlišují dle směru pohybu ceny na:

¹² Akciový index reprezentuje výkonnost vybraných akcií.

- **Býčí trh** – Rostoucí trend, kurz roste.
- **Medvědí trh** – Klesající trend, kurz klesá.
- **Postranní trh** – Kurz významně neroste a ani neklesá.

Trendy lze rovněž rozlišovat dle délky trvání na trendy:

- **Primární** – Tyto trendy trvají jeden rok anebo i více let. Trh je po tuto dobu dlouhodobě medvědí anebo býčí.
- **Sekundární** – Sekundární trendy jsou protisměrným pohybem v průběhu primárních trendů. Trvání těchto trendů je v řádu týdnů až měsíců.
- **Terciální** – Trvání terciálních trendů je již pouze v řádu dní. Opět působí proti směru nadřazeného trendu (tentokrát sekundárního). V rámci teorie Dow nemají tyto trendy větší význam.
- **Objem potvrzuje trend** – Teorie předpokládá, že objem zobchodovaných titulů za určitou časovou periodu roste, resp. obchodní aktivita investorů roste, pokud se kurzy mají pohybovat ve stejném směru jako primární trend. Klesající objem obchodů tak indikuje možnou změnu trendu.
- **Indexy potvrzují trend** – Aby bylo možné určit budoucí vývoj primárního trendu na trhu, musí být směr trendů obou indexů shodný. V opačném případě nelze předpovědět, kterým směrem se kurz bude vyvíjet.
- **Změnu trendu indikuje pouze jasný zvrat** – Jedná se o zdůraznění, že pouze na základě splnění všech dříve popsanych tezí lze rozhodnout o budoucím vývoji trendu. (3), (4), (5), (6), (11), (14)

Kritici Dowovy teorie poukazují zejména na skutečnost, že na jejím základě lze predikovat pouze směr primárního trendu, a nikoliv také trendu sekundárního nebo terciálního. Dalším nedostatkem je, že teorie často poskytuje rozporuplné signály k prodeji nebo nákupu a její uživatel musí často čekat na jasné potvrzení, které pak přichází pozdě. S tím je pak spojený pocit, že náklady obětované příležitosti jsou příliš vysoké. I když se původní Dowova teorie dotýká chování celého trhu, tak v současné době se považuje za přípustné využívat technickou analýzu k predikcím kurzů jednotlivých akcií. (5), (11)

3.4.3 Fundamentální a psychologická analýza

Fundamentální analýza

Fundamentální analýza je charakteristická snahou o identifikaci nadhodnocených nebo podhodnocených akcií. Toho je docíleno pomocí poměru aktuální tržní ceny akcie „P“ vůči vnitřní hodnotě akcie „VH“. Pokud je P nižší než VH, je akcie podhodnocená a je tak možné zvažovat její nákup. Pokud je P větší než VH, je akcie nadhodnocena a je na místě očekávat pokles její ceny.

Pojem **vnitřní hodnota** označuje základní a objektivní hodnotu. Objektivní proto, že se v rámci fundamentální analýzy odvozuje od ekonomických ukazatelů¹³ emitenta akcie¹⁴. Vnitřní hodnota je individuálním názorem na výši „spravedlivé ceny“ akcie. Individuální proto, že jednotliví investoři velmi pravděpodobně využijí různých metod jejího výpočtu a zároveň proto, že jednotliví investoři zpravidla disponují rozdílnými informacemi, kterým přiřkládají různou váhu, a to na základě svých názorů. (4), (5), (6), (14)

Psychologická analýza

Psychologická analýza staví na myšlence, že způsob chování davu¹⁵ investorů (investičního publika) je kurzotvorným faktorem. Investoři se dle této teorie navzájem ovlivňují svým chováním, nákupními akcemi a reakcemi na nové informace. Existují čtyři základní pojetí psychologické analýzy, resp. vlivu psychologie investorů na průběh kurzů. Jsou jimi:

- **Spekulativní rovnovážná hypotéza** – Jedná se o nejstarší z teorií, zabývajících se psychologickou analýzou. Autorem původní verze je John M. Keynes, který uváděl, že akciové kurzy ovlivňují subjektivní okolnosti a také, že v ekonomii nelze dosahovat matematické přesnosti. V rámci hypotézy Keynes rozeznával rozdíl mezi spekulací a podnikavostí. V obou případech se jedná o způsob, jakým jsou činěna

¹³ Nicméně se lze setkat i s přístupem psychologické analýzy, která do vnitřní hodnoty zahrnuje například i „veřejné mínění“

¹⁴ Některé analýzy se neomezují jen na emitenta, ale zahrnují rovněž odvětví, v kterém emitent působí anebo posuzují ekonomiku jako celek.

¹⁵ Chování davu, resp. kolektivní chování, je označení pro skutečnost, že se lidé ve větších skupinách mohou chovat podstatně jinak než jako jednotlivci. (25)

investiční rozhodnutí. Spekulace se opírá o výsledky předvídání na základě psychologie davu, podnikavost se opírá o výsledky fundamentální analýzy. V rámci teorie jsou rovněž rozeznáni kvalifikovaní investoři a nekvalifikovaní (nezkušení). Rozdíl spočívá v tom, že kvalifikovaný investor dokáže lépe ohodnotit cenu akcií, třeba i na základě fundamentální analýzy a je dobře informovaný. Nekvalifikovaný investor je tak mnohem více závislý na prognózování prostřednictvím psychologie. Čím vyšší je zastoupení nekvalifikovaných investorů na akciovém trhu, tím vyšší podíl mají spekulace na celkovém obchodování. Z toho důvodu je možné pozorovat nadměrné reakce na události, které se přímo nesouvisí s obchodovanými akciemi anebo mají značně pomíjivý charakter. Podle Keynesese se psychologická analýza týká krátkého období.

- **Kostolanyho burzovní psychologie** – Kostolany rovněž uvádí, že psychologická analýza je využitelná pouze v krátkém období do jednoho roku. Dle Kostolanyho se investoři dělí na skupiny:
 - *Hráči* – Hráči svá investiční rozhodnutí činí na základě subjektivního posouzení nálady na trhu. Dle různých zdrojů mohou hráči vytvářet až 90% burzovního publika. Pro držení aktiv hráči se používá pojem „roztřesené ruce“ (weak hands).
 - *Spekulanti* – Spekulanti se svá investiční rozhodnutí snaží podložit objektivními analytickými metodami, například fundamentální analýzou. Pro spekulanty je, v porovnání s hráči, typické uvažování v dlouhodobějším investičním horizontu. Pro držení akcií spekulanty se používá pojem „pevné ruce“ (strong hands).

Kostolanyho burzovní psychologie analyzuje, v jakém aktuálním poměru jsou na trhu zastoupeny roztřesené ruce a pevné ruce. Pokud na trhu převažují pevné ruce, jedná se o přeprodaný trh. V takovém případě se očekává, že nebude docházet k poklesu kurzu akcií, ani v případě negativních zpráv. Pokud na trhu převažují roztřesené ruce, trh je překoupený. V této situaci může kurz reagovat silným poklesem i na zdánlivě nevýznamné zprávy.

- **Teorie spekulativních bublin** – Spekulativní bublina je prudkým nárůstem anebo poklesem kurzu. Tento pohyb sice může být ze začátku poháněn objektivními příčinami, nicméně hlavní příčinou pro rapidní změnu tržní ceny je tržní sentiment (nálada). Ve chvíli, kdy se tržní nálada změní, dochází k otočení směru pohybu kurzu

a rychlé korekci. V rámci hypotézy se rozlišují dva typy bublin. Spekulativní bublina typu „A“ se vyznačuje rychlým růstem kurzu aktiva, který následuje opětovný propad. Spekulativní bublina typu „B“ začíná rychlým propadem cen za kterým následuje masivní korekce.

- **Drasnarova koncepce psychologické analýzy** – Poklesy a růsty akciových kurzů jsou důsledkem převažující nálady v investičním publiku. Pokud převládá strach (fear) akciové kurzy klesají. V případě, kdy převládá chamtivost (greed), akciové kurzy rostou. Chamtivost je touhou, která nutí investory nakupovat akcie, ve snaze navyšovat své bohatství. I když tato touha obvykle roste společně s rostoucím bohatstvím investora, v určitý moment se změní ve strach, že o své bohatství přijde. V tuto chvíli investoři začnou prodávat své akcie, čímž podpoří sestupný trend. (4), (5), (14)

4 METODIKA PRÁCE

4.1 ČASOVÉ ŘADY

4.1.1 Vymezení pojmů

Časové řada je řadou hodnot jednoznačně vymezeného ukazatele, která je uspořádána v časovém sledu. Časová řada reprezentuje posloupnost hodnot v diskrétním čase, kterou lze vyjádřit zápisem (4.1), kde „ $t = 1, 2, \dots, T$ “ a Y_t reprezentuje sledovanou hodnotu v čase t . (16), (17)

$$Y_t = f(t), t \in \mathbb{N} \quad (4.1)$$

V rámci vzájemného porovnání hodnot je žádoucí, aby byla dodržena konstantní perioda sběru anebo pořizení sledovaných hodnot¹⁶. Pokud tomu tak není a periody jsou rozdílné (například vlivem rozdílného počtu dní v měsíci), tak se časové řady očišťují a přepočítávají na jednotný časový interval. Toho lze docílit aplikací funkce v zápise (4.2), kde Y'_t je očištěnou hodnotou, Y_t očišťovanou hodnotou, \bar{k}_t průměrná délka intervalů v daném období a k_t je délka konkrétního intervalu v kterém byla naměřena hodnota Y_t . (16)

$$Y'_t = Y_t \frac{\bar{k}_t}{k_t}, t \in \mathbb{N} \quad (4.2)$$

V praxi jsou časové řady obvykle znázorňovány pomocí spojnicových grafů, kde vodorovná osa znázorňuje čas (časové okamžiky nebo středy intervalů) a svislá osa reprezentuje sledované hodnoty. (16), (17), (18)

4.1.2 Klasifikace časových řad

Časové řady lze klasifikovat z více možných hledisek. Tím základním je časový charakter sledovaného jevu. Lze tak rozlišit:

- **Okamžikové časové řady** – Sledovaný jev není závislý na délce periody, s kterou je pořizován. Zaznamenané hodnoty jsou platné k pevně danému časovému okamžiku,

¹⁶ Časová řada v praxi vzniká vzorkováním hodnot určité veličiny (procesu) v určitém časovém intervalu.

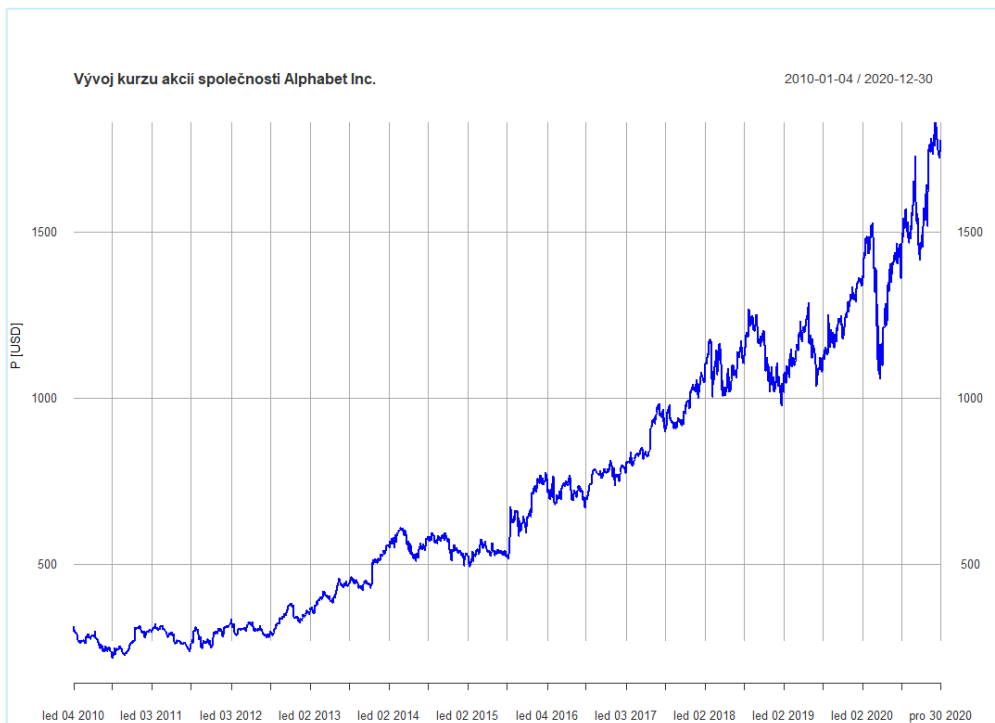
tj. hodnoty vyjadřují kolik jevů existuje v určitém okamžiku. Příkladem může být počet nemocných určitou nemocí k půlnoci z 28.2.2021 na 1.3.2021.

- **Intervalové časové řady** – Sledovaný jev je závislý na délce periody, za kterou je pořizován. Zaznamenané hodnoty jsou platné k určitému časovému intervalu a vyjadřují počet změn stavu předem definované veličiny. Příkladem může být počet nově nakažených určitou nemocí za den 28.2.2021. (16), (17), (18), (19)

Dle délky intervalu, v kterém jsou jevy sledovány, se rozlišují:

- **Dlouhodobé časové řady** – Délka sledovaného období je v intervalu přesahujícím jeden kalendářní rok.
- **Krátkodobé časové řady** – Délka sledovaného období je v rozmezí jednoho týdne až jednoho roku.
- **Vysokofrekvenční časové řady** – Délka sledovaného období je kratší než jeden týden. (16), (18), (19)

Obrázek 4 - Vývoj kurzu akcií společnosti Alphabet Inc v letech 2010 až 2020

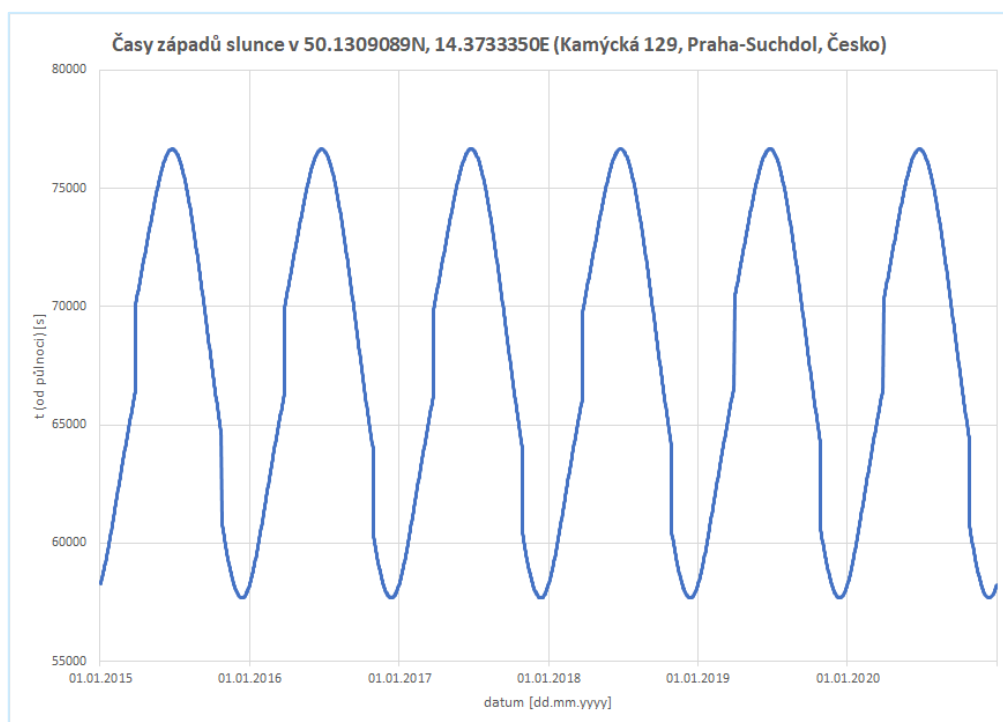


Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Dalším klasifikačním klíčem je pak stacionarita¹⁷ časové řady. Při jeho využití se rozlišují:

- **Stacionární časové řady** – Chování časové řady nepodléhá změnám v hodnotách průměru anebo rozptylu. Typickým příkladem mohou být oscilující řady. Konkrétně je možné zmínit každodenní záznam časů západů slunce v průběhu posledních 10 let (ze stejného bodu, ceteris paribus). Konkrétním příkladem je vývoj denního času (v sekundách od půlnoci) západů slunce pozorovaných z místa sídla PEF ČZU, v letech 2015 až 2020, které znázorňuje Obrázek 5.
- **Nestacionární časové řady** – Chování časových řad podléhá změnám v průměru anebo rozptylu. Typickým příkladem je situace, kdy se významně mění velikost aritmetického průměru hodnot časové řady a současně je jasně patrný trend. Jako konkrétní příklad je možné zmínit vývoj denního kurzu společnosti „AMD, Inc.“ v letech 2016 až 2020 na Obrázek 4. (18), (19), (20)

Obrázek 5- Denní časy západů slunce pozorované ze sídla ČZU PEF v letech 2015 až 2020, uváděno v CET



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ a „MS Excel 2102“

¹⁷ Stacionarita vyjadřuje stochastickou ustálenosti časové řady.

Dále lze klasifikovat časové řady na základě věcného vymezení pozorovaných jevů. Příkladem jsou ekonomické časové řady, jež se týkají výhradně jevů ekonomického charakteru anebo finanční časové řady, které jsou vymezeny prostředím finančních trhů. (16)

4.1.3 Základní charakteristiky

K popisu stavu anebo vývoje časové řady se využívají popisné charakteristiky. Jedná se o číselné vyjádření podstatných informací, pomocí kterých lze získat určitou představu o charakteru a vlastnostech sledované veličiny (procesu). (17)

Popisné charakteristiky se člení na:

- **Charakteristiky polohy** – Někdy též nazývané jako **průměry**, charakterizující střední hodnotu časové řady. Pro vzorce (4.3) až (4.6) platí, že t je časem pořízení hodnoty y_t a n je počet pozorování. Mezi základní průměry patří:

- **Aritmetický průměr** – Jedná se o průměr intervalové časové řady, v případě stejně dlouhých intervalů mezi jednotlivými pozorováními.

$$\bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n} \quad (4.3)$$

- **Vážený aritmetický průměr** – V případě, že intervalová řada nemá stejně dlouhé intervaly, je možné použít vážený aritmetický průměr. Platí, že v_t je odpovídající vahou pro y_t v čase t .

$$\bar{y} = \frac{\sum_{t=1}^n v_t y_t}{\sum_{t=1}^n v_t} \quad (4.4)$$

- **Prostý chronologický průměr** – Jedná se o průměr okamžikové časové řady, se stejně dlouhými intervaly, mezi jednotlivými pozorováními.

$$\bar{y}_{ch} = \frac{\frac{1}{2}y_t + \sum_{t=2}^{n-1} y_t + \frac{1}{2}y_n}{n-1} \quad (4.5)$$

- **Vážený chronologický průměr** – Jedná se o průměr okamžikové časové řady, s různě dlouhými intervaly, mezi jednotlivými pozorováními. Platí, že d_i je délka odpovídajícího časového intervalu.

$$\bar{y}_{ch} = \frac{\frac{y_1 + y_2}{2}d_2 + \frac{y_2 + y_3}{2}d_3 + \dots + \frac{y_{n-1} + y_n}{2}d_n}{d_2 + d_3 + \dots + d_n} \quad (4.6)$$

- **Charakteristiky variability** – Vyjadřují míru kolísání hodnot kolem zvoleného průměru. Nízké hodnoty variability značí vzájemnou podobnost hodnot časové řady,

a proto je lze chápat jako určité vyjádření vypovídající hodnoty souběžně vypočítaných charakteristik polohy. V případě vysokých hodnot je tomu naopak. Význam jednotlivých proměnných je stejný, jako u charakteristik polohy. Mezi charakteristiky variability patří:

- **Variační rozpětí** – Jedná se o rozdíl maximální a minimální hodnoty, vyskytující se v časové řadě. Variační rozpětí poskytuje informaci o rozpětí hodnot v rámci časové řady. Jeho hodnota může být zavádějící, pokud se v řadě vyskytuje několik málo velmi odlehlých hodnot. Jeho použití je tak vázané na znalost ostatních charakteristik časové řady anebo jejího průběhu.

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (4.7)$$

- **Směrodatná odchylka** – Je druhou odmocninou z rozptylu, díky čemuž je dosaženo stejného rozměru, jakou mají hodnoty v popisované časové řadě. Rozptyl samotný je pak střední hodnotou sumy druhých mocnin odchylek od střední hodnoty.

$$s_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2} \quad (4.8)$$

- **Míry dynamiky** – Popisují chování časových řad a umožňují zjistit jejich podstatné rysy a často se vyskytují v podobě časových řad. Platí, že y_t je hodnotou časové řady pořizenou v čase t .

- **Absolutní přírůstek** – Jinak také nazývaný **první diference**. Udává číselnou míru změny dvou sousedních hodnot časové řady.

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} \quad (4.9)$$

- **Druhá diference** – Porovnává dva sousední absolutní přírůstky (první diference).

$$\Delta y_t^2 = \Delta y_t - \Delta y_{t-1} \quad (4.9)$$

- **Průměrný absolutní přírůstek** – Je střední hodnotou změny hodnot v rámci celé časové řady. Vyjadřuje tedy, o kolik průměrně vzrostla anebo poklesla hodnota sledované veličiny za jednotku času.

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{t=2}^n \Delta y_t}{n-1} = \frac{y_n - y_1}{n-1} \quad (4.10)$$

- **Koeficienty růstu** – Ukazatel patří do skupiny tzv. „indexů“, které prostřednictvím podílů dvou hodnot z různého období udávají, kolikrát se

hodnota změnila v čase. Jedná se o procentuální vyjádření míry změny dvou hodnot v časové řadě, které lze vyjádřit zápisem (4.11).

$$k_t = \frac{y_t}{y_x} \quad (4.11)$$

Pokud by bylo y_x konstantní hodnotou, která je nezávislá na pozici y_t v čase, pak hovoříme o bazickém indexu. Bazický index tak může udávat například procentuální změnu hodnoty vůči prvnímu členu v řadě. Pokud jsou porovnávány dvě za sebou následující hodnoty, tedy $y_x = y_{t-1}$, pak se jedná o řetězový index.

- **Relativní přírůstek** – Je procentuálním vyjádřením míry změny (absolutního přírůstku), vztaženého k současné hodnotě.

$$\delta_t = \frac{\Delta y_t}{y_{t-1}} = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} = \frac{y_t}{y_{t-1}} - 1 \quad (4.12)$$

- **Korelace** – Vyjadřuje míru a charakter závislosti, respektive vzájemný vztah mezi dvěma časovými řadami (nikoliv však příčinnou souvislost). Hodnoty korelace pohybující se kolem 0 značí vzájemnou nezávislost dvou časových řad. Hodnoty blízké se hodnotě 1 značí přímou úměru, hodnoty v blízkosti -1 pak nepřímou úměru. (17), (21)

$$s_{xy} = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{s_x s_y}, \quad s_{xy} \in \langle -1; 1 \rangle \quad (4.13)$$

4.1.4 Metody analýzy časových řad

Pod pojmem „**analýza časové řady**“ se rozumí její popis a často i odhad budoucího vývoje (predikce chování). Pro výběr vhodné metody analýzy je vhodné zvážit objektivní faktory, jako je třeba typ analyzované časové řady anebo účel analýzy. Zatímco typ časové řady je možné určit pomocí popisných charakteristik, tak účel často vymezuje rozsah statistického souboru, čas na vypracování vlastní analýzy, či dostupné finančně-hmotné prostředky k realizaci analýzy.

Dekompozice časové řady je založena na rozkladu časové řady do čtyřech složek. Jsou jimi:

- **Trendová složka Tr_t** ¹⁸ – Reprezentuje směr, v kterém se časová řada dlouhodobě vyvíjí. Může být rostoucí, klesající, ale i konstantní. Může být nejen lineární, ale i kvadratický, logaritmický, mocninný, exponenciální anebo vyjádřený polynomem vyššího stupně.
- **Cyklická složka C_t** – Vyjadřuje opakované a periodické výkyvy v časové řadě. Amplituda výkyvů závisí na povaze časové řady, ale doba trvání je vždy větší než jeden rok.
- **Sezónní složka Sz_t** – Jedná se o opakované a zároveň pravidelné (periodické) výkyvy v časové řadě. Na rozdíl od cyklické složky, se tyto výkyvy identifikují v průběhu jednoho roku, v určitém období (například kvartál, měsíc, týden).
- **Náhodná složka E_t** – Může být také nazývána reziduální, zbytková anebo iregulární složka. Popisuje náhodné, nepravidelné, dosud nerozpoznané vlivy, které nelze popsat pomocí ostatních složek. Jedná se tak o řadu zbytků (reziduí) časové řady po odstranění trendové, cyklické a sezónní složky. (18), (19)

Trendová, cyklická a sezónní složka mají systematický charakter, a proto se mohou označovat souhrnným označením jako „systematické složky“ (deterministické). Náhodná složka je pak na základě podobného principu označována jako „nesystematická“ (nedeterministická, stochastická). Na základě systematických a nesystematických složek lze zkonstruovat model časové řady, a to ve dvou základních formách:

- **Aditivní dekompozice** – Je sumou jednotlivých složek a je vyjádřena zápisem (4.14). Všechny složky mají stejný rozměr (jednotky), jako jednotlivé prvky časové řady.

$$y_t = Tr_t + C_t + Sz_t + E_t \quad (4.14)$$

- **Multiplikativní dekompozice** – Je produktem (násobkem) jednotlivých složek a je vyjádřena zápisem (4.15). Trendová složka má obvykle stejný rozměr jako časová řada, ostatní složky jsou vyjádřeny bezrozměrně, resp. relativně vůči trendu (procentuální změny). (16), (18), (19), (20)

¹⁸ Index „t“ značí skutečnost, že se trend váže k určitému časovému rámci. Přesné znění zápisu je tedy „Trendová složka v čase t“. Stejně tak dále platí „Sezónní složka v čase t“, atd. .

$$y_t = T r_t C_t S z_t E_t \quad (4.15)$$

Box-Jenkinsova metodologie

Základem **Box-Jenkinsovy metodologie** je uznání reziduální složky (časové řady) jako základního prvku pro konstrukci matematického modelu. Z této perspektivy je časová řada vnímána jako záznam procesu, který má nedeterministický charakter. Podstatou této analýzy je vyšetřování vzájemných korelací reziduí. K tomu slouží:

- **Autokorelační funkce (ACF)** – Vyjadřuje míru lineární závislosti mezi dvěma různými členy řady a vzdáleností mezi nimi. Autokorelační funkci lze v případě stochastického procesu vyjádřit pomocí zápisu (4.16).

$$\rho_k = \frac{E(y_t - \mu)(y_{t-k} - \mu)}{\sqrt{D(y_t)} \sqrt{D(y_{t-k})}} \quad (4.16)$$

Čitatel v zápise (4.16) se nazývá **autokovarianční funkce**. Pokud by se jednalo o stacionární stochastický proces, který nepodléhá změnám v rozptylu, pak platí, že rovnost $D(y_t) = D(y_{t-k})$ a předchozí zápis (4.16) lze vyjádřit jako (4.17).

$$\rho_k = \frac{cov(y_t, y_{t-k})}{D(y_t)} \quad (4.17)$$

- **Parciální autokorelační funkce (PACF)** – Lineární závislost mezi dvěma členy časové řady může být ovlivněna působením dalších členů časové řady. Pokud je žádoucí vyjádřit lineární závislost očištěnou o tyto vlivy, pak je možné využít parciální autokorelační funkci. Parciální autokorelace se zpožděním k je určena parciálním regresním koeficientem ϕ_{kk} v autoregresi k -tého řádu, v modelu (4.18), kde e_t reprezentuje bílý šum¹⁹. (16), (18), (19), (20)

$$y_t = \phi_{k1} y_{t-1} + \phi_{k2} y_{t-2} + \dots + \phi_{kk} y_{t-k} + e_t \quad (4.18)$$

Všechny základní modely Box-Jenkinsovy metodologie mají své východisko v lineárním procesu. Ten je reprezentován zápisem (4.19), kde ψ jsou parametry funkce a a_t reprezentuje bílý šum.

¹⁹ Bílý šum má nulovou střední hodnotu a konstantní rozptyl. Zároveň platí, že ACF i PACF, jsou nulové. (16), (19)

$$y_t = a_t + \psi_1 a_{t-1} + \dots + \psi_k a_{t-k} \quad (4.19)$$

Základními modely Box-Jenkinsovy metodologie jsou:

- **Stacionární modely**

- **Autoregresní modely $AR(p)$** – Jedná se o model lineárního procesu s omezeným počtem nenulových parametrů, s nulovou střední hodnotou. V označení je „ p “ zastoupeno celým číslem a vyjadřuje řád procesu, resp. počet zmíněných parametrů. Obecný zápis autoregresního procesu řádu p je vyjádřen pomocí zápisu (4.20). Přitom parametry jsou vyjádřeny pomocí ϕ a a_t reprezentuje bílý šum.

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p y_{t-p} + a_t \quad (4.20)$$

Zápis (4.20) lze upravit na tvar (4.21).

$$a_t = \phi_p(B)y_t \quad (4.21)$$

Výraz $\phi_p(B)$ je autoregresním operátorem. Pokud kořeny polynomicke rovnice $\phi_p(B) = 0$ leží vně jednotkového kruhu, je proces stacionární.

- **Modely klouzavých průměrů $MA(q)$** – Model přímo vychází z lineárního procesu, viz. zápis (4.18), a proto je vždy stacionární. Parametr „ q “ je celočíselnou reprezentací řádu procesu. Obecně lze model klouzavého průměru formulovat pomocí zápisu (4.22). Zde jsou parametry vyjádřeny pomocí symbolu θ a a_t reprezentuje bílý šum.

$$y_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} = \theta_q(B)a_t \quad (4.22)$$

Výraz $\theta(B)$ v zápise (4.22) je operátorem klouzavých součtů a ze zápisu je zřejmé, že se jedná o polynom. Pokud kořeny tohoto polynomu leží vně jednotkového kruhu, pak je modelovaný proces invertibilní.

- **Smíšené modely $ARMA(p,q)$** – Smíšené modely kombinují autoregresní modely a modely klouzavých průměrů. Smíšené procesy jsou tedy řádu p a q a lze je vyjádřit zápisem (4.23).

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_p y_{t-p} + a_t + \dots + \theta_1 a_{t-1} + \theta_q a_{t-q} \quad (4.23)$$

- **Integrované modely**

- **Autoregresní integrované modely klouzavých průměrů $ARIMA(p,d,q)$** – Pokud lze integrovaný proces převést s využitím diference d-tého řádu na proces, který nabývá takových hodnot autokorelace a parciální autokorelace, že jej lze zapsat ve formě invertibilního modelu ARMA(p,q) vyjádřeného pomocí zápisu (4.24), pak se jedná o autoregresní integrovaný model klouzavých průměrů řádu p, d a q.

$$\phi_p(B)(1 - B)^d y_t = \theta_q(B) a_t \quad (4.24)$$

- **Náhodná procházka** – Jedná se o speciální případ ARIMA (0, 1, 0). Obecný zápis z perspektivy časových řad odpovídá zápisu (4.25) a je ekvivalentní k zápisu (3.1). (16), (18), (19), (20)

$$y_t = y_{t-1} + a_t \quad (4.25)$$

Dalšími metodami analýzy jsou:

- **Lineární dynamické modely** – Jsou zvláštním případem v Box-Jenkinsově metodologii, kde je časová řada vysvětlována pomocí jiných, vysvětlujících časových řad. Pokud jsou známi predikce v oblasti hodnot vysvětlujících časových řad, lze je uplatnit pro tvorbu predikce vysvětlované časové řady.
- **Spektrální analýza** – Je založena na myšlence Jean B.J. Fouriera, že každý proces může být reprezentován součtem více harmonických signálů (sinus, kosinus), každý s vlastní frekvencí a amplitudou. Spektrální analýza je založena na Fourierově analýze, která převádí signál do tzv. „frekvenční domény“. (19)

4.2 PREDIKCE VÝVOJE ČASOVÝCH ŘAD

4.2.1 Algoritmus konstrukce předpovědi

Na základě dosud řečeného lze vyslovit předpoklad, že vhodnou metodou pro předpovědi akciových kurzů je ARIMA. Pro potvrzení anebo vyvrácení vhodnosti této

volby, včetně případné predikce vývoje akciového kurzu, lze využít algoritmus (postup) rozdělený do sedmi sousledných kroků. Jsou jimi postupně shromáždění dat, očištění vstupních dat, klasifikace časové řady, dekompozice časové řady, vyšetření stacionarity časové řady, určení řádu modelu, konstrukce modelu, vyhodnocení a predikce.

Shromáždění dat – Jako první krok je nutné shromáždit data o dosavadním vývoji kurzu vyšetřované akcie, a to ve formátu, který splňuje požadavky kladené na časové řady. Data by tedy měla být srovnatelná, s možností uspořádání dle času.

Očištění vstupních dat – Vstupní kolekce dat může být souborem hodnot vztahujících se ke kalendářním dnům, přestože se obchoduje pouze v obchodní dny. V souladu s požadavkem na dodržení konstantního intervalu mezi daty, je tak vhodné převést kalendářní data na index (pořadí) obchodního dne. Součástí tohoto kroku se rovněž rozumí grafické zobrazení vstupních dat, případné zaměření se na konkrétní zkoumané období (filtrace) nebo naopak doplnění dalších dat. Dle zkušeností²⁰ statistika i získání přehledu o charakteru časové řady.

Klasifikace časové řady – Cílem je získání objektivního přehledu o charakteru časové řady. Uvažováno je především určení délky intervalu, v kterém jsou kurzy sledovány a počet prvků časové řady. Zároveň je vhodné určit základní popisné charakteristiky souboru.

Dekompozice časové řady – Primárním účelem je zjištění, zda je možné určit opakující se složku časové řady a případně ji odstranit. Nejdůležitější součástí tohoto kroku je určení periody opakující se složky. V případě ekonomické časové řady dává smysl volba, která bude mít oporu v chování sledovaného subjektu.

Vyšetření stacionarity časové řady – Cílem je zjistit, zda je časová řada již sama o sobě stacionární anebo je s využitím diferencí d -tého řádu na stacionární řadu převoditelná. Pokud je řada převoditelná, může být zjištěný řád využit jako parametr „ d “ v rámci modelu ARIMA(p,d,q).

²⁰ Je nutné zmínit, že v tomto případě by se jednalo o subjektivní ohodnocení časové řady. Jeho výhodou je úspora času a nevýhoda spočívá v riziku omylu.

Určení řádu modelu – Pomocí autokorelačních funkcí ACF a PACF jsou určeny řády „ p “ a „ q “, případně i „ d “.

Konstrukce modelu – Parametry „ p “, „ d “ a „ q “ lze dosadit do rovnice vyjádřené zápisem (4.24) a získat tak požadovaný model. Při této činnosti je nutné si uvědomit, že zápis (4.24) vychází z (4.23).

Vyhodnocení a predikce – Kontrola²¹ reziduí, výpočet předpovědi. (18)

4.2.2 Implementace algoritmu v „R“

Primárním účelem programovacího jazyka „R“ je podpora výpočetní statistiky. Jedná se o multiparadigmatický jazyk, který je současně objektově orientovaný, procedurální, funkcionální a reflexní. Sám vychází z programovacího jazyka „S“, nicméně na rozdíl od něj, je jeho použití zdarma.

Základním rozhraním jazyka R je příkazová řádka (resp. konzole). Tato skutečnost vedla k vývoji většího množství grafických rozhraní nebo vývojových prostředí. Typickým zástupcem z první kategorie je „RStudio“, druhou reprezentuje například „Jupyter“.

Jazyk R obsahuje velké množství statistických funkcí, které jsou dále rozšiřitelné prostřednictvím takzvaných balíčků. Balíčky jsou množinami funkcí, se shodným tematickým zaměřením. Pro statistickou analýzu vývoje cen akcií je vhodné základní R rozšířit o balíčky z následujících kategorií:

- **Podpora shromažďování dat** – Hlavním zástupcem je balíček „*quantmod*“, který obsahuje funkce pro snazší získání požadovaných dat (akciových kurzů) ze serverů „*yahoo! finance*“²² anebo vlastních databází a jejich automatickou konverzi do formátů pro časovou řadu.
- **Podpora statistických výpočtů** – Nezbytné rozšíření funkcí z oblastí časových řad poskytují balíčky „*timeSeries*“, „*tseries*“ a „*forecast*“. R je tak rozšířeno například o funkce ACF, PACF, testy stacionarity časových řad anebo automatickou volbu vhodného ARIMA modelu.

²¹ Rezidua by měla mít charakter bílého šumu.

²² Konkrétně se jedná o servery <https://finance.yahoo.com/>.

Balíčky samotné jsou napsány buď v programovacím jazyce „C“ anebo v samotném R. Je naprosto běžné, že balíček pro svůj běh vyžaduje načtení jiného balíčku, jako podmínky, bez které nelze pokračovat (lat.: *condicio sine qua non*). Z dříve uvedených je to například „*quantmod*“, který pro svůj běh vyžaduje balíčky „*xts*“ a „*zoo*“.

Ke konstrukci předpovědi vývoje kurzu akciového titulu v jazyce R, za využití algoritmu z předchozí kapitoly, lze využít následující funkce:

Shromáždění dat – Lze využít funkci *getSymbols()* se vstupními parametry v podobě specifikace požadované akcie a vymezení období, v rámci kterého se budou pohybovat načtené hodnoty.

Očištění vstupních dat – Data získaná v předchozím kroku lze očistit prostřednictvím funkce *tsclean()* a vykreslit pomocí funkce *plot()*.

Klasifikace časové řady – K určení počtu členů časové řady je vhodná funkce *length()*, základní popisné charakteristiky vrací funkce *summary()*, které lze rozšířit funkcí pro směrodatnou odchylku *sd()*. Výpočty diference jsou možné pomocí funkce *diff()* se vstupním parametrem určujícím její řád.

Dekompozice časové řady – K dekompozici slouží funkce *stl()*. Pomocí vstupního parametru lze určit, zda se bude jednat o dekompozici aditivní anebo multiplikativní. V případě, že se nepodaří identifikovat některou ze standardních složek (například sezónní), uživatel je informován.

Vyšetření stacionarity časové řady – Software nabízí *adf.test()*. Jak je ze zápisu patrné, samotná funkce je metodou objektu *adf*, který reprezentuje rozšířený Dickey-Fullerův test. Ten testuje otázku, zda je řada nestacionární. Nestacionaritu se tedy nepodaří prokázat, pokud je výsledná p-hodnota menší než zvolená hladina významnosti. V případě, že by řada byla nestacionární, lze pomocí funkce *diff()* spočítat příslušnou diferenci a test zopakovat. V případě, že se po aplikaci diferencí podaří řadu transformovat do stacionárního tvaru, pak hodnota řádu použité diference může být vodítkem k určení řádu „d“ v ARIMA modelu.

Určení řádu modelu – K určení řádu „q“ lze využít funkci *Acf()*, řád „p“ pak s využitím *Pacf()*. Podobně jako v předchozím bodě, jsou díky autokorelačním funkcím ACF a PACF určeny zbylé řády „p“ a „q“.

Konstrukce modelu – Ke konstrukci modelu lze při znalosti parametrů „ p “, „ d “ a „ q “ využít funkci *arima()*. Software rovněž nabízí automatický odhad modelu prostřednictvím funkce *auto.arima()*, která má ve výchozím nastavení omezenou maximální hodnotu všech řádů na 5.

Vyhodnocení a predikce – Pro kontrolu korelace reziduí lze využít zmíněné programové funkce pro ACF a PACF, nicméně mnohem komfortnější postup nabízí funkce kombinace funkcí *tsdisplay(residuals())*, která zajistí zobrazení samotných reziduí a zároveň i výstupů ACF/PACF. Pokud je identifikována vysoká míra vzájemné závislosti mezi jednotlivými rezidui anebo jsou v zobrazení reziduí identifikovány rozpoznatelné vzory (existující závislosti rozptylu reziduí), je doporučeno redefinovat model a vrátit se ke kroku „Určení řádu modelu“. V opačném případě je možné zobrazit předpověď. Toho je dosaženo aplikací funkce *forecast()*, která má vstupní parametr v podobě počtu predikovaných období. Její výsledky je následně možné vykreslit prostřednictvím funkce *plot()*.

5 VLASTNÍ PRÁCE

5.1 STATISTICKÁ ANALÝZA VÝVOJE CEN AKCIÍ EMITENTA ADVANCED MICRO DEVICES, INC.

5.1.1 Profil emitenta

Historický vývoj

Advanced Micro Devices Inc. (AMD) je americká akciová společnost se sídlem v Kalifornském městě Sunnyvale. Firma je zaměřena na vývoj počítačových procesorů a s nimi souvisejících technologií. Původně společnost disponovala rovněž i vlastní výrobou, nicméně ta byla v roce 2009 vyčleněna do dceřiné společnosti GlobalFoundries a odprodána emirátu Abu Dhabi. Hlavní produktové portfolio je tvořeno klasickými procesory (CPU), čipovými sadami základních desek, grafickými čipy (GPU), síťovými kartami (NIC), systémy na čipu (SoC), vestavěnými systémy a jejich aplikacemi.

AMD založil 1. května 1969 Walter Jeremiah Sanders, společně se sedmi bývalými kolegy ze společnosti Fairchild Semiconductor. Vzhledem ke zkušenostem všech zainteresovaných, byla firma od počátku zaměřena na návrh a výrobu integrovaných logických obvodů na bázi křemíku. V době založení společnosti byly integrované obvody relativně novou technologií²³ a jejich spolehlivost tak dosahovala nižších hodnot, než jaká byla očekávání zákazníků. Proto byla v rámci společnosti zavedena kontrola kvality MIL-STD-883, která splňovala vojenské standardy spolehlivosti, což bylo vnímáno jako jistá konkurenční výhoda. Během let 1969 až 1971 firma vyrobila řadu produktů v podobě registrů, čítačů, multiplikátorů anebo pamětí s náhodným přístupem (RAM). Na konci roku 1971, činil roční obrát firmy 4,6 milionů amerických dolarů (USD).

V roce 1972 se firma AMD transformovala na akciovou společnost a emitovala 620 000 kusů kmenových akcií s předem určenou cenou 15,5 USD za kus. Akcie byly nabízeny na veřejném neorganizovaném trhu (OTC trh) a celkový výnos, po odečtení nákladů, činil přes 7,5 milionů USD. To pomohlo financovat založení první zámořské

²³ První křemíkový integrovaný obvod byl vyroben v roce 1960 ve společnosti Fairchild Semiconductor. První integrovaný obvod vůbec, a to na bázi germania, byl vyroben Jackem Kilbym 12. září 1958 ve společnosti Texas Instruments.

výrobní továrny v Malajsii. Po pěti letech své existence, v roce 1974, tak AMD zaměstnávala přibližně 1 500 zaměstnanců, vyráběla více než 200 různých produktů a dosahovala ročního obrátu ve výši 26,5 milionů USD.

V roce 1975 AMD vydalo svůj první mikroprocesor Am9080, za jehož vývojem stály především výsledky reverzního inženýrství nad, v té době rok starým, mikroprocesorem Intel 8080. AMD však vzápětí také uvedlo procesorovou rodinu řady Am2900, která již byla založena na vlastní architektuře. Situace kolem Am9080 vedla k licenčním sporům se společností Intel a byla vyřešena prostřednictvím smlouvy o vzájemné výměně patentů. V roce 1977 do AMD vstoupil nový vlastník. Firma Siemens koupila 20 % kmenových akcií AMD za 30 milionů USD. V následujících letech AMD pokračovala ve svém růstu a v roce 1978 překonal roční obrat firmy psychologickou hranici 100 milionů USD. Přesně 15. října 1979 se akcie firmy začali prodávat na newyorské burze cenných papírů (NYSE). V té době AMD odkoupilo od Siemensu jeho podíl ve firmě, který měl podobu dříve získaných akcií.

Rok po vstupu na NYSE, začalo AMD rozšiřovat své produktové portfolio o produkty z oboru telekomunikací. Zároveň došlo k uzavření nové smlouvy o výměně technologií se společností Intel a prodloužení té staré až do roku 1995. V důsledku toho se AMD stává licencovaným výrobcem čipů vyvinutých v průběhu 80. let ve společnosti Intel. Konkrétně se jedná o čipy 8086 až 80286. Pro poslední jmenovaný firma začala používat vlastní označení Am286. Nejednalo se však o prostou kopii. Zatímco procesor 80286 dosahoval taktovací frekvence v rozsahu 6 až 10 MHz, Am206 dokázalo pracovat na hodnotách 16 až 20 MHz. V roce 1985 Intel vydal novou generaci generace čipů 80386, ke které již AMD neposkytl žádnou podporu. To bylo jednak v rozporu s dřívějšími dohodami, ale především se jednalo o impuls, díky kterému se AMD osamostatnilo v oblasti vývoje procesorů založených na platformě x86. V březnu, roku 1991 vydává vlastní procesor Am386, který v dubnu 1993 následuje Am486 jehož pozdější revize byla určitý čas nejvýkonnějším IBM kompatibilním procesorem na trhu. K pochopení situace přispěje nástin vývoje tržeb AMD v tomto období. Zatímco v roce 1990 dosahovaly tržby více než 1 miliardy USD, tak v roce 1994 již byly dvojnásobné, na úrovni více než 2 miliard USD.

V následujících letech AMD vydává řadu nových rodin procesorů. Jako příklad lze zmínit AMD K5, AMD K6 a Athlon. Vznik každého z nich přinášel pokrok v oblasti zvýšení výkonu oproti předchozí generaci anebo v oblasti snížení výrobních nákladů. Zejména procesory prodávané pod značkou Athlon se ukázaly být velice úspěšné a AMD s nimi často

dokázalo nabízet vyšší výkon za nižší cenu ve srovnání s konkurenčními produkty Intelu. Například „Athlon Classic“, vydaný 23.6.1999, byl považován za nejrychlejší x86 procesor světa, a to až do ledna 2002. Jména, data a kontext uvedení procesorů z rodiny Athlon shrnuje Tabulka 1.

Tabulka 1 - Datумы vydání procesorů z rodiny "Athlon"

Produkt	Vydání	Poznámka/Kontext
Athlon Classic	23. 6. 1999	Od doby svého uvedení až do ledna 2002 nejrychlejší x86 procesor světa.
Athlon Thunderbird	4. 6. 2000	Produkt je charakteristický svými možnostmi v oblasti uživatelských změn taktovací frekvence, které umožňují koncovým uživatelům výrazně měnit konečný výkon produktu.
Athlon XP	14. 5. 2001	-
Athlon 64	23. 9. 2004	První 64-bitový procesor pro domácí využití.
Athlon 64 X2	31. 5. 2005	První více-jádrový Athlon.
Athlon II	23. 6. 2009	-
<i>Athlon (Zen)</i>	<i>18. 9. 2018</i>	<i>Jedná se o marketingové využití značky „Athlon“ a produkt spadá do rodiny procesorů „Zen“.</i>

Zdroj: Vlastní zpracování

V reakci na úspěchy AMD, se konkurenční Intel snažil získat zpět svou pověst leadera na trhu. Přesně 20. července 2006 Intel vydal svůj první mikroprocesor založený na architektuře „Intel Core“, která byla natolik úspěšná, že je po ní pojmenovaná celá modelová řada. Intel Core se stává značkou, kterou lze v nabídce Intelu nalézt dodnes (rok 2021). Značka je pak doplněna značením jako „i3“ až „i9“, které jsou srozumitelným sdělením, na který segment trhu konkrétní produkt cílí. AMD tak postupně ztrácelo své vedoucí postavení na trhu a v průběhu dalších let začíná být dokonce vnímáno jako jasný outsider. V letech 2011 až 2017 sice AMD vydává procesory založené na nových architekturách jako je Bulldozer (2011), Piledriver (2012) anebo Extravacator (2015), ale jejich výsledné prodeje budí především zklamání. Zejména do architektury Extravacator byly vkládány vysoké naděje, nicméně na výkon produktů konkurenčního Intelu zdaleka nestačí. Situace se začíná měnit s příchodem procesorů založených na architektuře ZEN, která byla prvně vydána 2.3.2017. S příchodem první generace se sice jednalo o významné zvýšení celkového

výkonu procesoru vzhledem ke svým předchůdcům, nicméně produkty stále nepředstavovaly významnější ohrožení pozice pro konkurenční Intel. S dalšími verzemi nové „ZENové“ architektury však AMD začalo vydávat procesory, které poskytují vždy o 10 % až 20 % vyšší výpočetní výkon než jejich předchůdce. Jména a data vydání, včetně poznámky k uvedení procesorů z rodiny ZEN, shrnuje tabulka 2. Na takto prudký vývoj nebyla konkurence dostatečně připravena. AMD se tak nejen zbavilo „nálepky“ outsidera. AMD je v roce 2021 opět vnímáno jako leader na trhu s procesory pro PC, proti kterému Intel prozatím nedokázal postavit konkurenceschopný produkt.

Tabulka 2 - Datумы vydání procesorů z rodiny "Zen"

Produkt	Vydání	Poznámka/Kontext
Zen	2. 3. 2017	Jako první procesor určený pro domácí použití, obsahuje až 16 jader (konkurence má v nabídce až 4 jádra).
Zen+	19. 4. 2018	-
Zen 2	7. 6. 2019	AMD přestává být vnímáno jako outsider na trhu procesorů pro PC.
Zen 3	5. 11. 2020	AMD je vnímáno jako leader na trhu procesorů pro PC.
<i>Zen 4</i>	<i>3.-4. měsíc 2022 (plánováno)</i>	<i>Jedná se o plánované vydání.</i>

Zdroj: Vlastní zpracování

AMD se od 90. let až dodnes nadále zabývá i jinými produkty, než jsou samotné procesory. Ve většině případů se však jedná o výrobky, které mají k procesorům komplementární vztah. Jistou výjimku mohou představovat grafické karty. AMD získalo přístup k pokročilým technologiím grafických karet, prostřednictvím akvizice společnosti ATI Technologies Inc., která byla dokončena 25. října 2006. AMD za akvizici zaplatilo celkem 5,4 miliard USD. Z toho 4,3 miliardy v USD a zbytek byl zaplacen v podobě 58 milionů akcií. Přitom tržby ATI v roce 2005 činily 2,22 miliard USD. Dalším důležitým milníkem bylo vyčlenění vlastní výroby do dceřiné společnosti „GlobalFoundries Inc.“, která bylo oznámeno v říjnu 2008. Jejím konečným vlastníkem se stává emirát Abú Dhabí, respektive společnost „Advanced Technology Investment Company“, která podléhá vládě v Abú Dhabí. Poslední den roku 2014 je rovněž posledním dnem, kdy jsou akcie AMD obchodovány na burze NYSE. Od 2. ledna 2015 se akcie firmy AMD začaly obchodovat na

burze NASDAQ. V říjnu 2020 byla oznámena další akvizice, tentokrát společnosti „Xilinx Inc.“, jejíž produkce je zaměřena na programovatelná hradlová pole (FPGA). Hodnota transakce má činit 35 miliard USD, které AMD plánuje zaplatit pomocí vlastních akcií. Přitom tržby Xilinxu v účetním roce 2020 činily 3,16 miliard USD a čistý zisk pak 793 milionů dolarů.

Ekonomický vývoj

Pro všechny následující ukazatele bylo zvoleno období let 2000 až 2020.

Tržby společnosti jsou základním ekonomickým ukazatelem, který shrnuje výnosy získané z provozně ekonomické činnosti podniku. Jedná se o souhrn peněžních prostředků, získaných prodejem zboží anebo služeb. Aktuální hodnoty potenciálnímu investorovi naznačují, jaký má firma tržní podíl. Rostoucí trend tržeb může být pro budoucího investora pobídkou k nákupu akcií, klesající pak signálem k prodeji.

Tabulka 3 - Tržby v letech 2000-2020 (v mil. USD)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tržby	4 644	3 892	2 697	3 519	5 001	5 848	5 627
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tržby	5 858	5 808	5 403	6 494	6 568	5 422	5 299
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tržby	5 506	3 991	4 319	5 253	6 475	6 731	9 763

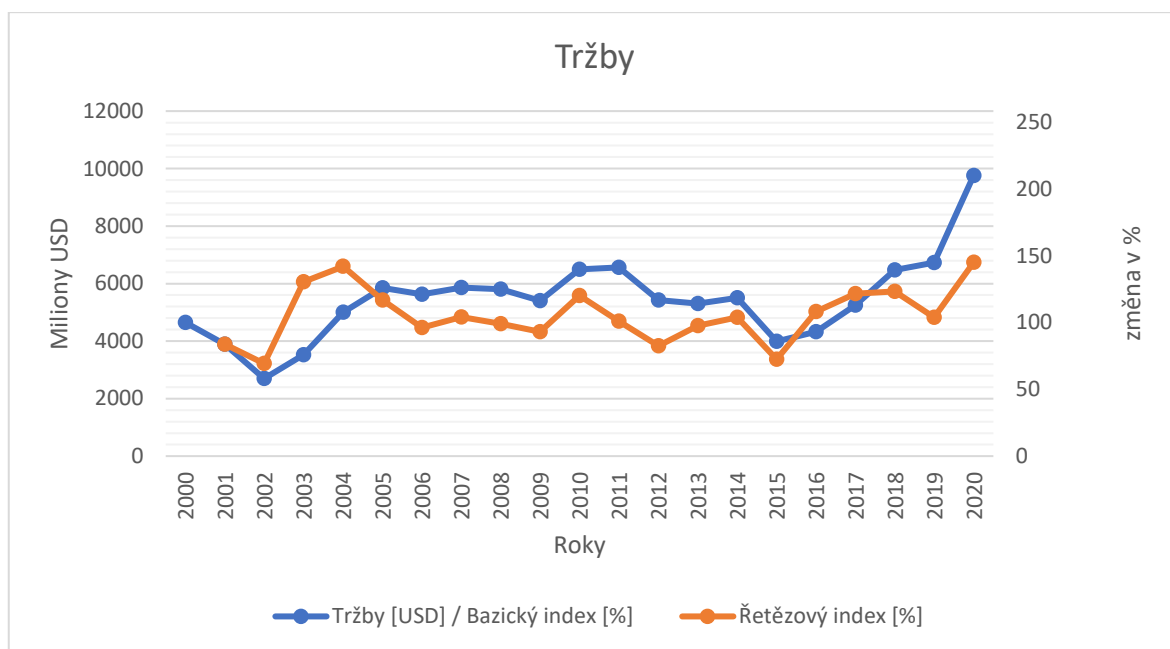
Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z webové služby YCharts (22)

Z Tabulka 3 je patrný rostoucí trend tržeb společnosti, a to až na 9 763 milionů USD v roce 2020, což je nárůst o 110,23 % oproti roku 2000. Nejedná se však o lineární růst. Z hodnot lze vyčíst několik propadů tržeb, z nichž dva nejsilnější se udály v letech 2002 a 2015. V prvním jmenovaném se jednalo o pokles hodnoty o 30,70 % oproti předchozímu roku, v druhém případě pak šlo o pokles o 27,52 %. Mezi příčinami propadů mohou být například skutečnosti, že v roce 2002 již procesory AMD nejsou považovány za nejrychlejší na světě a dále pak, že v roce 2015 došlo k vydání nové architektury Extravacator, která byla koncovými zákazníky vnímána jako nekonkurenceschopná. Naopak nejvyšších nárůstů tržeb, konkrétně o 42,11 % ve srovnání s předchozím rokem, je dosaženo v roce 2004, kdy AMD vydalo první 64bitový procesor. K dalšímu skoku v prodeji, v podobě jejich

navýšení o 45,05 %, dochází v roce 2020, kdy AMD díky výkonu svých procesorů již není vnímáno jako outsider na trhu a zároveň uvádí novou architekturu Zen 3.

Tržby v milionech dolarů napříč sledovaným obdobím znázorňuje Graf 1. Z uvedených hodnot je rovněž sestaven řetězový index, který je zobrazen pomocí vedlejší osy. Ta je zarovnána takovým způsobem, že 100 % odpovídá výši tržeb v roce 2000 a 0 % odpovídá nulovým tržbám.

Graf 1 - Tržby v letech 2000-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, na základě dat z webové služby YCharts (22)

Hrubý zisk společnosti je ukazatelem, pomocí kterého lze odvozovat efektivitu produkce. Jedná se o tržby snížené o variabilní náklady na prodané zboží. V případě, kdy hrubý zisk roste, jedná se o zprávu, která může mít příznivý vliv na růst akciového kurzu společnosti.

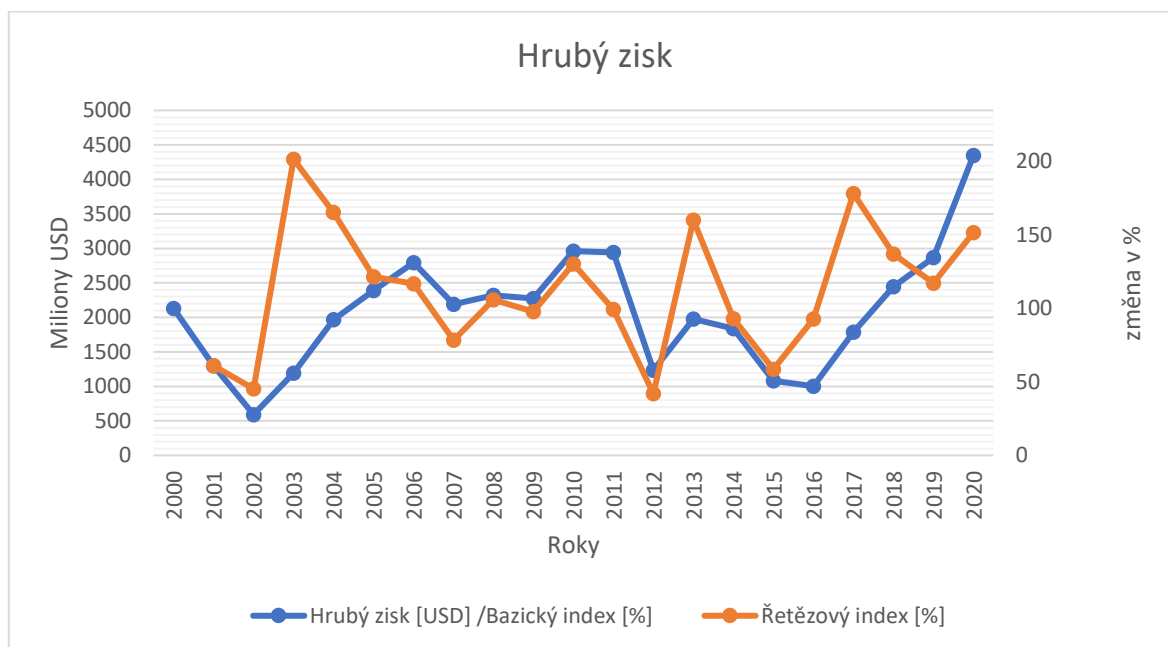
Tabulka 4 - Hrubý zisk v letech 2000-2020 (v mil. USD)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Hr. zisk	2 130	1 302	591	1 192	1 969	2 392	2 794
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Hr. zisk	2 189	2 320	2 272	2 961	2 940	1 235	1 978
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hr. zisk	1 839	1 080	1 003	1 787	2 447	2 868	4 347

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z webové služby YCharts (22)

Z tabulky 4 je patrné, že hrubý zisk společnosti AMD zaznamenal nejvyšší propady v roce 2002 kdy ztrácí vedoucí postavení na trhu s CPU, v roce 2012 kdy je vydána nová architektura Piledriver a v roce 2015, kdy byl vydán Extravacator. V prvním případě se jednalo o propad na 45,42 % hodnoty z přechozího roku. V druhém případě pak dokonce na 42,01 % hodnoty z přechozího roku a v roce 2015 pak na 58,72 % předchozí hodnoty. Naopak nejvyšší pozitivní meziroční změny dosáhl zisk v roce 2003, kdy narostl na 201,57 % hodnoty předcházejícího roku a dále pak v roce 2017, kdy dosáhl na 178,17 % předchozí hodnoty. Významný nárůst v roce 2017 pak může být způsoben vydáním architektury „ZEN“. Hrubý zisk v milionech dolarů napříč sledovaným obdobím znázorňuje Graf 2.

Graf 2 - Hrubý zisk v letech 2000-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, na základě dat z webové služby YCharts (22)

Na základě předchozích ekonomických ukazatelů a jejich změn v čase byla pozorována závislost tržeb a zisku na produktových obměnách. Roky, kdy AMD vydalo novou procesorovou architekturu, byly zároveň roky, kdy dané veličiny dosahovaly výrazných výkyvů. V obou případech je dobře viditelný nárůst hodnot v letech 2016 až 2020, což by bylo objektivní příčinou případného nárůstu hodnoty akcií společnosti.

5.1.2 Základní analýza dosavadního vývoje kurzu

V rámci analýzy cenového vývoje akcií společnosti AMD byla získána data denních závíracích cen z webové služby na adrese finance.yahoo.com (23).

Elementární charakteristiky

Pro potřeby výpočtů elementárních charakteristik byla řada denních hodnot cen akcií transformována na řadu s ročním intervalem a to tak, že za rozhodující kurz je považována závěrečná cena z posledního obchodního dne v roce.

V tabulce 5 jsou shrnuty základní charakteristiky cenového vývoje akcií AMD, které budou využity pro další analýzu.

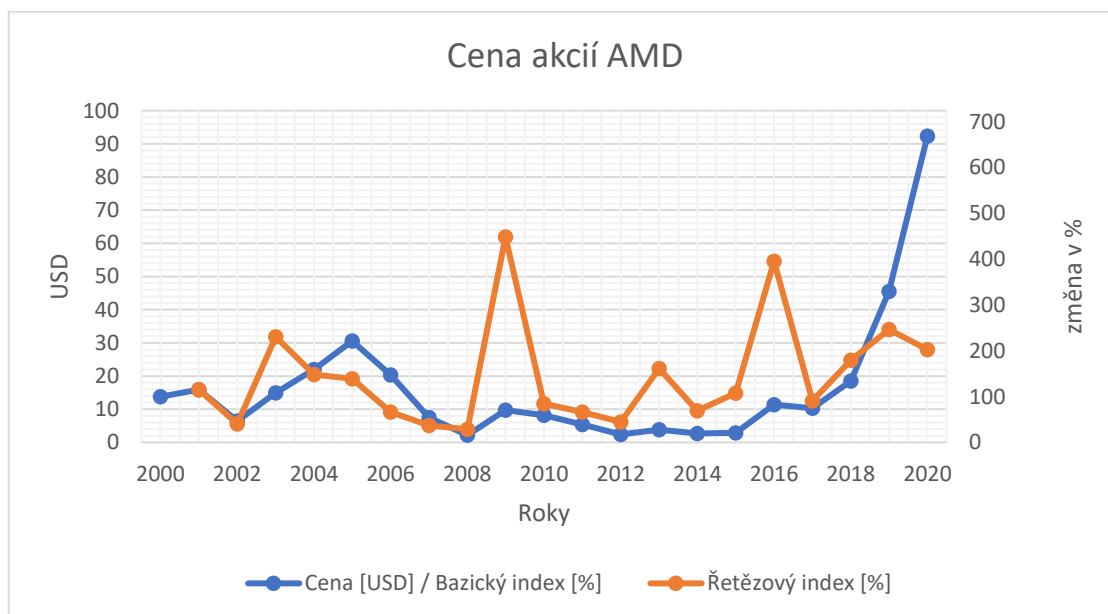
Tabulka 5 - Elementární charakteristiky časové řady ceny akcií AMD v letech 2000 - 2020

Datum [rok]	Cena [USD]	I.diference [USD]	II.diference [USD]	Bazický index [-]	Řetězový index [-]	Tempo růstu [%]
2000	13,81	-	-	1,00	-	-
2001	15,86	2,05	-	1,15	1,15	14,82
2002	6,46	-9,40	-11,45	0,47	0,41	-59,27
2003	14,90	8,44	17,84	1,08	2,31	130,65
2004	22,02	7,12	-1,32	1,59	1,48	47,79
2005	30,60	8,58	1,46	2,22	1,39	38,96
2006	20,35	-10,25	-18,83	1,47	0,67	-33,50
2007	7,50	-12,85	-2,60	0,54	0,37	-63,14
2008	2,16	-5,34	7,51	0,16	0,29	-71,20
2009	9,68	7,52	12,86	0,70	4,48	348,15
2010	8,18	-1,50	-9,02	0,59	0,85	-15,50
2011	5,40	-2,78	-1,28	0,39	0,66	-33,99
2012	2,40	-3,00	-0,22	0,17	0,44	-55,56
2013	3,87	1,47	4,47	0,28	1,61	61,25
2014	2,67	-1,20	-2,67	0,19	0,69	-31,01
2015	2,87	0,20	1,40	0,21	1,07	7,49
2016	11,34	8,47	8,27	0,82	3,95	295,12
2017	10,28	-1,06	-9,53	0,74	0,91	-9,35
2018	18,46	8,18	9,24	1,34	1,80	79,57
2019	45,52	27,06	18,88	3,30	2,47	146,59
2020	92,29	46,77	19,71	6,68	2,03	102,75

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Z průběhu diferencí prvního a druhého řádu je jasné, že lze jen těžko určit reprezentativní trend v rámci celého období. Zároveň se z těchto dvou charakteristik nepovedlo identifikovat ani část sledovaného období v rámci kterého by trend byl mohl být lineární anebo parabolický. Z vývoje bazického indexu je patrné, že se akciím AMD dařilo ve dvou obdobích. Tím prvním jsou roky 2003 až 2005, kdy hodnota bazického indexu byla vyšší než jedna. V následujícím roce sice hodnota bazického indexu dosahovala hodnoty 1,47, nicméně se již jednalo o pokles o 33,50 % oproti předchozímu roku. Druhým cenově úspěšným obdobím jsou roky 2018 až 2020. Hodnota bazického indexu je v těchto letech opět větší než jedna a v roce 2020 je pak na úrovni 6,68. Obě období jsou charakteristická situací, kdy AMD souběžně rostly tržby, zisk a zároveň v předchozích letech vydává novou procesorovou architekturu, která je hodnocená jako konkurenceschopná vůči konkurenčnímu Intelu. Zároveň je zajímavý vývoj bazického indexu a tempa růstu v letech 2016 až 2020. Jejich průběh je příznakem exponenciálního anebo kvadratického trendu. Naopak nejhůře se akciím dařilo v roce 2008 a pak v letech 2011 až 2015. V roce 2008 bazický index dosahuje nejnižší hodnoty v průběhu celého sledovaného období. Jednalo se o pokles kurzu o 71,20 % oproti předchozímu roku a rovněž o největší propad hodnoty v průběhu sledovaných let. Takový pokles může vysvětlovat oznámení AMD o vzniku GlobalFoundries. Pokles v letech 2011 až 2015 může vysvětlovat současný pokles tržeb AMD a zároveň situace, kdy AMD nevydává žádný konkurenceschopný produkt.

Graf 3 - Cena akcií v letech 2000-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, pomocí na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

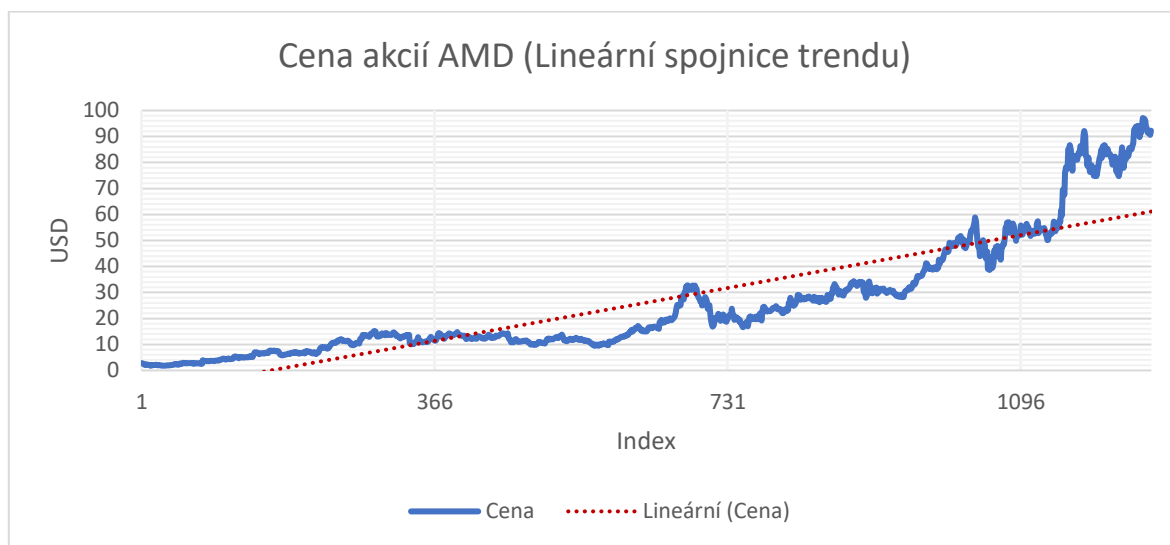
Vývoj ceny akcií AMD v milionech dolarů napříč sledovaným obdobím znázorňuje Graf 3.

Modelování trendu

Díky rozboru vývoje ceny akcií v rámci předchozího zkoumání, bylo pro modelování trendu vybráno období v letech 2016 až 2020. Časovou řadu takto vymezeného období tvoří 1258 členů. Vývoj tempa růstu v tomto období začíná naznačovat exponenciální, případně kvadratický trend ve vývoji ceny akcií. Ten je sice prozatím podpořen fundamenty v podobě růstu tržeb a zisku, nicméně se rovněž může jednat o formující se spekulativní bublinu. V následující části budou sestaveny čtyři různé modely trendu cenového vývoje akcií a na základě střední absolutní procentní chyby odhadu MAPE, odmocniny ze střední kvadratické chyby odhadu RMSE a hodnoty regresního koeficientu, budou vzájemně porovnány. Pro další modelování trendu budou výchozím bodem data s denním intervalem.

Odhad lineárního trendu vývoje ceny akcií zobrazuje Graf 4. Rovnice tohoto lineárního trendu má tvar $Tr_{Lin} = 0,0557t - 9,0046$. Základním nedostatkem tohoto modelu je, že až do 161. obchodního dne dosahuje záporných hodnot. Průměrný denní přírůstek ceny akcie je potom 0,0557 USD. Koeficient determinace je roven 77,48 %, ale především MAPE dosahuje hodnoty 69,34 %. RMSE má hodnotu 10,91 USD.

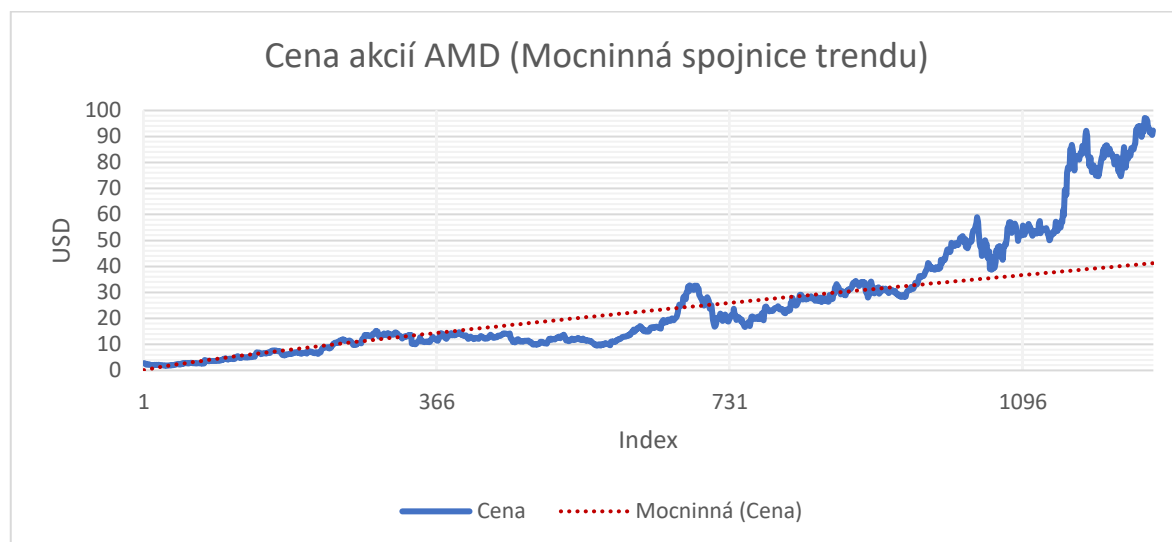
Graf 4 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený lineární spojnicí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, pomocí na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

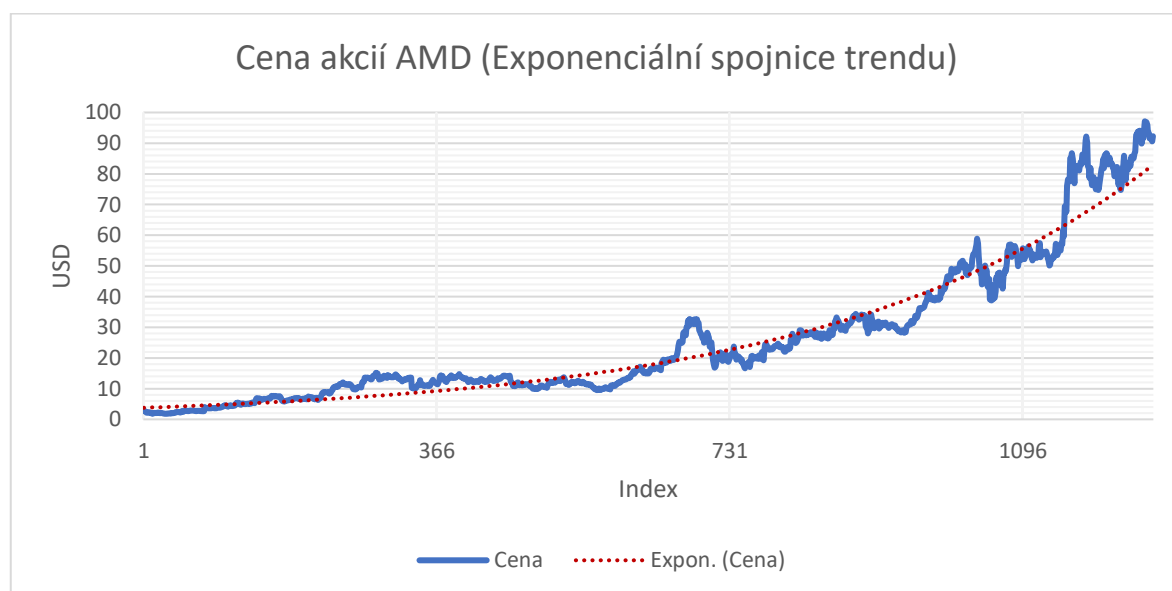
Rovnice odhadu mocninného trendu má tvar $Tr_{Moc} = 0,0952t^{0,8507}$ a jeho průběh zobrazuje Graf 5. Při pohledu na graf je jasně vidět, že jsou všechny hodnoty kladné, čímž došlo k odstranění základního nedostatku lineárního trendu. I když koeficient determinace tohoto modelu odpovídá 81,30 %, tak MAPE dosahuje hodnoty 29,05 %. Naopak hodnota RMSE vzrostla na 14,79 USD.

Graf 5- Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený mocninnou spojnicí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, pomocí na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Graf 6 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený exponenciální spojnicí trendu

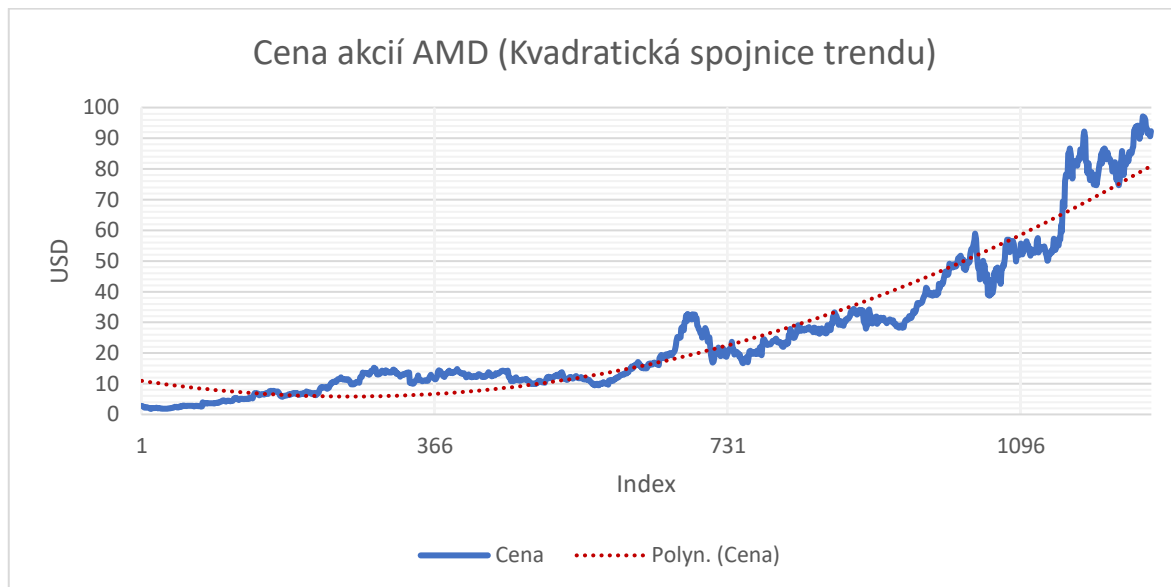


Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, pomocí na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Rovnice odhadu exponenciálního trendu má tvar $Tr_{Exp} = 3,757e^{0,0025t}$. Koeficient determinace již vychází 91,93 %, MAPE má hodnotu 21,88 % a RMSE je rovno 5,08 USD. Rovněž po vizuálním zhodnocení průběhu zobrazeném na Graf 6 lze říct, že trend v celém svém průběhu roste se zvyšujícím se tempem, a tak velmi dobře vystihuje průběh ceny.

Rovnice kvadratického trendu má tvar $Tr_{Kva} = 8 \cdot 10^{-5}t^2 - 0,0394t + 10,98$ a samotné vyrovnání je zobrazeno na Graf 7. Po vizuální stránce se velmi podobá exponenciálnímu trendu. Základním a dobře patrným rozdílem je počáteční klesání trendu od prvního dne až k 261. obchodnímu dni, kde dosahuje svého minima. Počínaje 262. dnem je již kvadratický trend ryze rostoucí. Koeficient determinace má hodnotu 92,52 %, MAPE vychází 41,87 % a RMSE 6,29 USD.

Graf 7- Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený kvadratickou spojnicí trendu



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „MS Excel 2102“, pomocí na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Vypočítané statistiky pro srovnání přesnosti jednotlivých modelů trendu shrnuje Tabulka 6. Na základě velikosti koeficientu determinace by bylo možné trendy rozdělit do dvou skupin. V případě lineárního a mocninného trendu se hodnoty koeficientu determinace pohybují v okolí 80 %. V případě exponenciálního a kvadratického trendu je koeficient determinace vyšší, než 90 %. Exponenciální a kvadratický trend tak mnohem lépe vysvětlují podíl variability v ceně akcie. Výsledné hodnoty MAPE ukazují, že vyrovnání za pomoci lineárního anebo mocninného trendu je naprosto nevhodné. Nejlepší hodnoty MAPE, konkrétně 21,88 %, dosahuje exponenciální model. RMSE pak nejlépe vychází také

v případě exponenciálního trendu, a to s hodnotou 5,08 USD. Z pohledu vyhodnocení MAPE a RMSE je nejvhodnějším modelem exponenciální trend. Ten má sice až druhou nejvyšší hodnotu koeficientu determinace, nicméně se jedná o 99,36 % hodnoty koeficientu determinace kvadratického trendu, který je v tomto ohledu nejlepším. Z tohoto důvodu je možné spolehnout se na vyhodnocení MAPE a RMSE a říct, že exponenciální trend nejlépe vystihuje průběh zkoumané časové řady.

Tabulka 6 – Statistiky pro srovnání přesnosti jednotlivých modelů trendu

Trend	Koeficient determinace [%]	RMSE [USD]	MAPE [%]
Lineární	77,48	10,91	69,34
Mocninný	81,30	14,79	29,05
Exponenciální	91,93	5,08	21,88
Kvadratický	92,52	6,29	41,87

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Fakt, že nejvhodnějším trendem je ten s exponenciálním průběhem, je v souladu s předchozí domněnkou, že se na akciovém trhu může formovat spekulativní bublina.

Sezónní složka a dekompozice časové řady

V návaznosti na modelování trendu je vhodné vyšetřit průběh sezónní složky. Z povahy časové řady však plyne předpoklad, že by neměla být nijak významná. Toto tvrzení bylo ověřeno s využitím aditivní dekompozice časové řady.

Tabulka 7 – Aditivní dekompozice cenového vývoje akcií AMD - srovnání charakteristik sezónní a náhodné složky

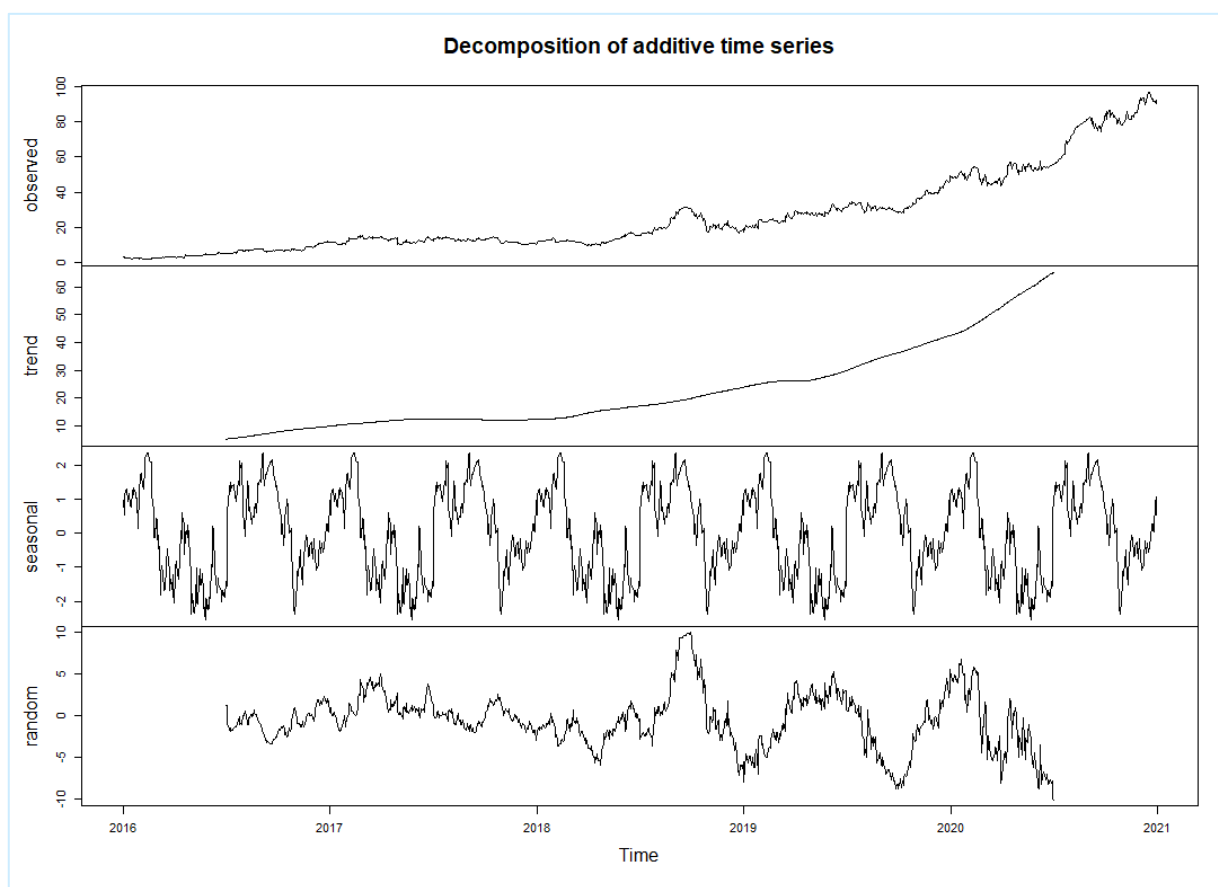
Složka	Minimum [USD]	Maximum [USD]	Variační rozpětí [USD]
Sezónní	-2,53	2,37	4,90
Náhodná	-10,07	9,95	20,02

Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Po provedení dekompozice je zajímavé srovnání nalezené sezónní a náhodné složky. Sezónní složka dosahuje minimální hodnoty ve výši -2,53 USD a maximální hodnoty 2,53

USD. Náhodná složka dosahuje minimální hodnoty ve výši -10,07 USD a maximální hodnoty 9,95 USD. Variační rozpětí sezónní složky tedy činí 20,02 USD a má nižší hodnotu než variační rozpětí náhodné složky, které dosahuje 4,90 USD. Pokud tedy variační rozpětí sezónní složky dosahuje nižších hodnot než u náhodné složky, pak lze dříve uvedené tvrzení o nevýznamnosti sezónní složky považovat za správné. Dosud uvedené statistické charakteristiky sezónní a náhodné složky shrnuje Tabulka 7.

Graf 8 – Aditivní dekompozice časové řady cen akcií v letech 2016-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Výsledný rozklad časové řady a průběhy jednotlivých složek zobrazuje Graf 8. Zároveň je pro srovnání zobrazen i původní průběh vyšetřovaných dat. Na základě pozorování lze tvrdit, že trendová složka má rostoucí charakter v celém časovém rozmezí. Průběh sezónní složky naznačuje, že vrchol pravidelného kolísání cen akcií se každoročně nachází na začátku měsíce září. Zajímavé je další lokální maximum sezónní složky, které dosahuje hodnoty 2,36 USD a nastává každoročně přibližně v polovině měsíce února. Minimum se pak vyskytuje každoročně v poslední třetině měsíce května. Při pohledu na

náhodnou složku je vidět, že zhruba od října 2018 vykazuje vyšší kolísavost než v předchozím období. Největší absolutní hodnota náhodné složky je dokonce úplně poslední členem v řadě hodnot náhodné složky. To znamená, že se hodnoty v průběhu času stávají stále více nepředvídatelné.

5.1.3 Konstrukce předpovědního modelu

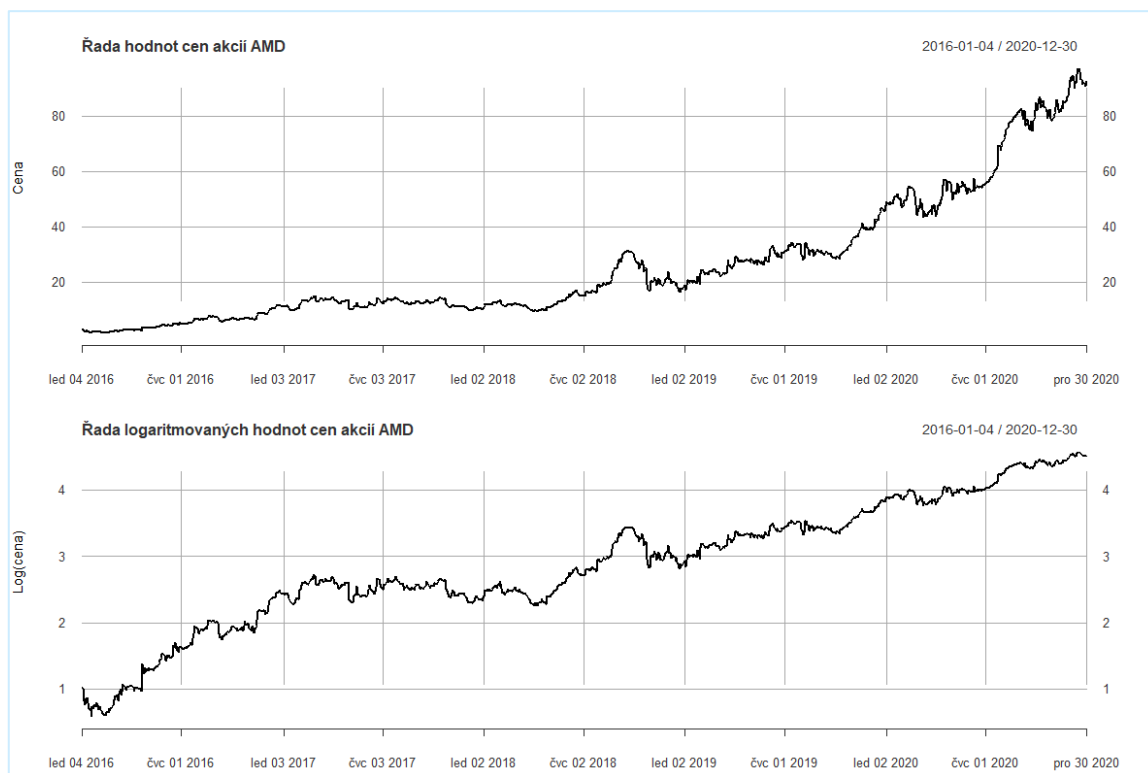
V této části práci bude zkonstruován vhodný ARIMA model. Původní motivací bylo vytvoření krátkodobé předpovědi budoucího vývoje ceny akcií. Předchozí analýzy však ukázaly, že cenový vývoj akcií v letech 2016 až 2020 nejlépe vystihuje exponenciální funkce. V souladu s teorií spekulativních bublin se tak může jednat o formující se bublinu typu A. Na základě Drasnarovy koncepce psychologické analýzy lze tvrdit, že v tento moment by již investory měla začít motivovat především jejich chamtivost (greed). Za takové situace by již cena akcie nemusela být z hlediska tvorby předpovědního modelu tou nejlepší veličinou. Do popředí zájmu se tak dostává výnosnost neboli rentabilita.

Transformace časové řady

Dekompozice časové řady ukázala významný trend ve vývoji ceny akcií AMD. Na základě pozorování průběhu náhodné složky zobrazené Graf 8 lze tvrdit, že se její rozptyl v průběhu času zvyšuje. Pro stabilizaci rozptylu časové řady v průběhu času je vhodné původní časovou řadu transformovat prostřednictvím logaritmické funkce ve tvaru $\ln(y_t)$. Touto operací je zároveň dosaženo převedení časové řady cen akcií na časovou řadu výnosnosti akcií. Logaritmická transformace velmi dobře vystihuje výnosnost akcie v průběhu sledovaného období.

Graf 9 zobrazuje porovnání vývoje ceny akcií s logaritmovaným vývojem. Na první pohled je patrné, že logaritmovaná řada má mnohem lineárnější charakter. Druhým faktem je, že došlo ke snížení maximálních hodnot, kterých logaritmovaná řada dosahuje, nicméně tato skutečnost plyne především z povahy použité transformační funkce. Předpovědní modely budou zkonstruovány nad oběma řadami, aby bylo možné vyhodnotit jejich přesnost a ověřit tak předpoklad o vhodnosti volby transformace založené na logaritmu.

Graf 9- Porovnání vývoje cen akcií s jejich výnosy v letech 2016-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

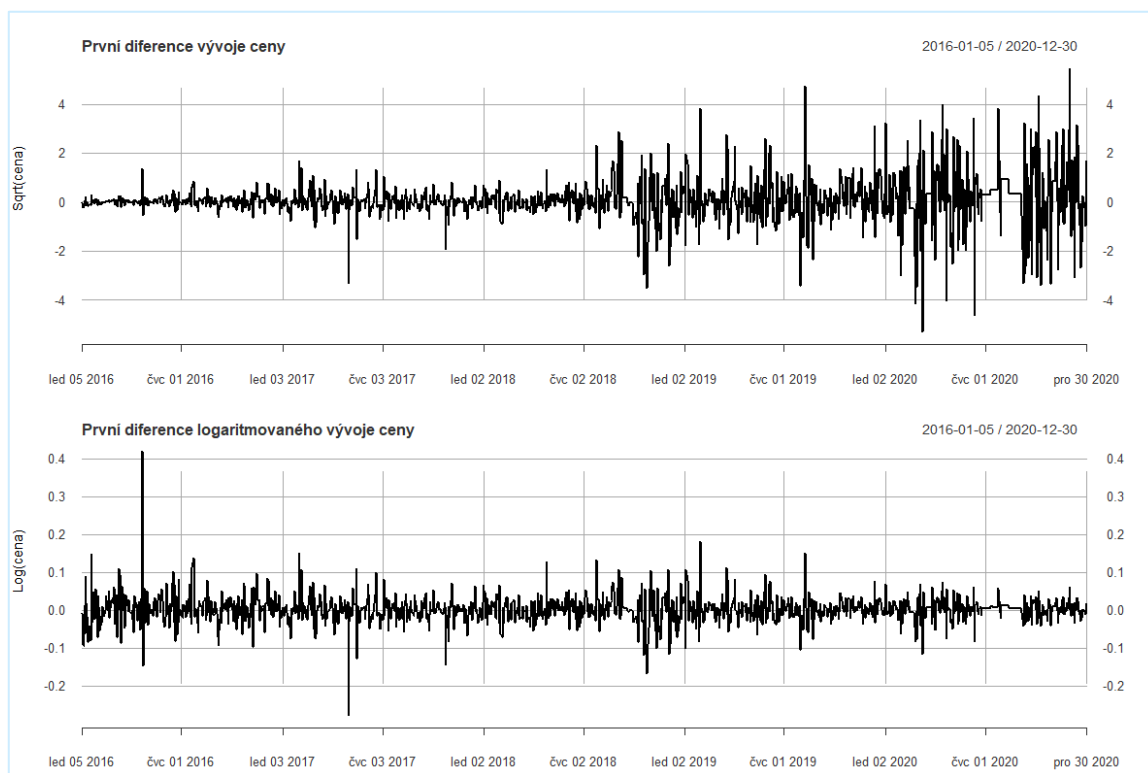
Stacionarizace časové řady

Z grafu 9 je stále jasně patrný rostoucí trend obou časových řad. Tento fakt je sám o sobě dostačující pro tvrzení, že ani z nich není stacionární. Požadovaná stacionarizace proběhne s využitím postupného diferencování.

Časové řady, které vznikly po aplikaci diference prvního řádu na transformované časové řady, jsou vyobrazené na grafu 10. Hodnoty v obou případech oscilují kolem nuly což znamená, že došlo k odstranění původně rostoucího trendu. Dalším pozorovaným faktem je, že došlo ke značnému snížení velikosti výkyvů hodnot v průběhu času. Diferencovaná logaritmická řada má minimální hodnotu -0,277, maximální hodnotu 0,421 a variační rozpětí tak činí 0,698. V případě diferencované řady cenového vývoje je minimální hodnota -5,32, maximální činí 5,47 a variační rozpětí je tedy 10,79. U diferencované řady cenového vývoje je viditelné, že zhruba od 4 kvartálu roku 2018 jsou jednotlivé přírůstky mnohem více rozkolísané. Jedná se o stejný časový rámec, kdy lze na grafu 8 pozorovat vyšší variační rozpětí náhodné složky a tyto dva jevy spolu zřejmě souvisí. Na základě

pozorování lze říct, že po diferenciaci obou řad je jejich střední hodnota, rozptyl a autokorelace v průběhu času přibližně konstantní. Všechny tři zmíněné charakteristiky jsou pak předpokladem pro stacionaritu časové řady.

Graf 10 – Průběh diference prvního řádu logaritmovaného a odmocněného vývoje cen akcií v letech 2016-2020



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Posouzení stacionarity na základě vizuálního zhodnocení průběhu časové řady však může být vnímáno jako značně subjektivní. V případě dosavadního posuzování časových řad zobrazených grafem 10, je zřejmě nejslabším článkem tvrzení, že diferencovaná řada dosavadního vývoje cen akcií, má v celém svém průběhu přibližně konstantní rozptyl. Z toho důvodu bude o stacionaritě zmíněných řad rozhodnuto až s podporou výsledků rozšířeného Dickey-Fullerova testu. Pro srovnání budou rovněž uvedeny výsledky testu pro časové řady před diferenciací.

Obrázek 6- Výsledky testování stacionarity diferencovaných časových řad

```

> ## VYSETRENI STACIONARITY
> adf.test(closePrices_log, alternative = "stationary")

      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  closePrices_log
Dickey-Fuller = -2.961, Lag order = 10, p-value = 0.1715
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(closePrices, alternative = "stationary")

      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  closePrices
Dickey-Fuller = -0.024094, Lag order = 10, p-value = 0.99
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(closePrices_log_d, alternative = "stationary")

      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  closePrices_log_d
Dickey-Fuller = -11.832, Lag order = 10, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

> adf.test(closePrices_d, alternative = "stationary")

      Augmented Dickey-Fuller Test

data:  closePrices_d
Dickey-Fuller = -10.766, Lag order = 10, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

```

Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“ na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Obrázek 6- zobrazuje výsledky testování stacionarity jednotlivých řad. Pro přehlednost je vhodné připomenout, že zamítnutí nulové hypotézy v důsledku znamená podporu pro tvrzení, že je časová řada stacionární. Výsledná p-hodnota v případě testování logaritmované řady činí 0,17 a v případě odmocněné řady 0,91. Po diferenciaci obou zmíněných řad je výsledná p-hodnota jednotlivých testů na úrovni 0,01. Interpretaci výsledků testování stacionarity na hladině $\alpha = 0,01$ shrnuje Tabulka 8.

Tabulka 8 – Interpretace výsledků stacionarity transformovaných a diferencovaných časových řad

	Tvrzení pro $\alpha = 0,01$
Logaritmovaná řada	Stacionaritu testované řady se nepodařilo prokázat
Řada původních cen	Stacionaritu testované řady se nepodařilo prokázat
Diferencovaná logaritmovaná řada	Testovanou řadu lze na zvolené hladině významnosti považovat za stacionární.
Diferencovaná řada původních cen	Testovanou řadu lze na zvolené hladině významnosti považovat za stacionární.

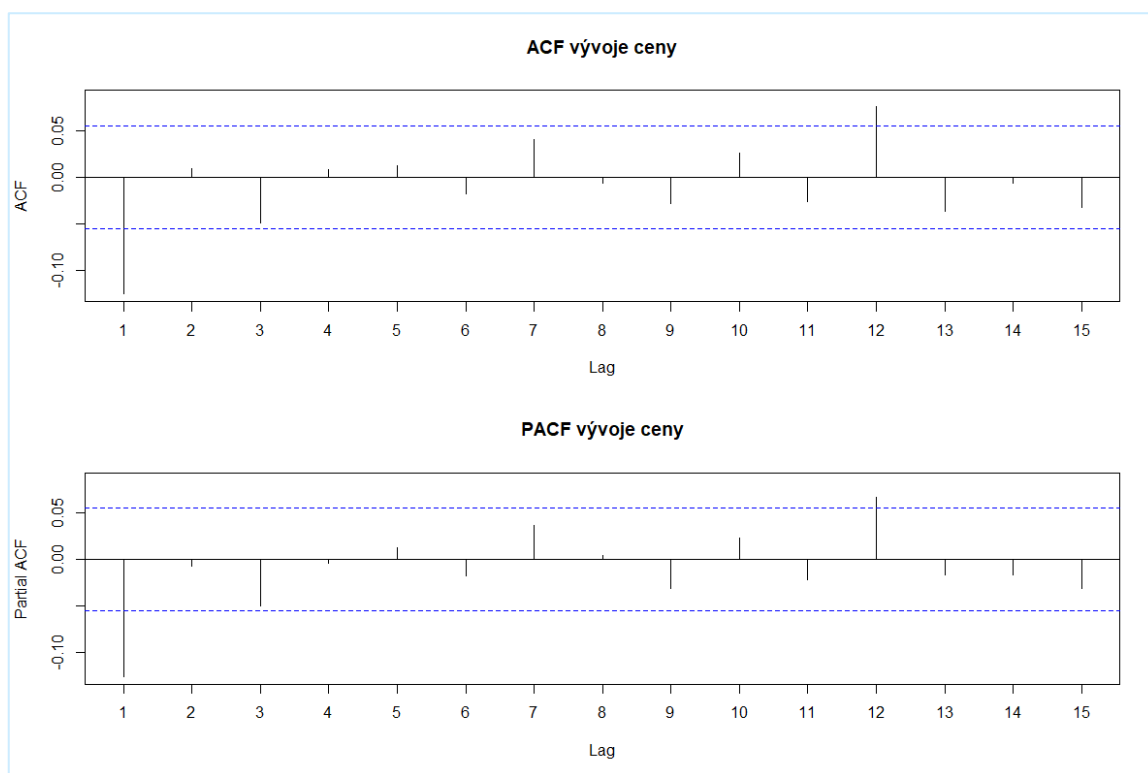
Zdroj: Vlastní zpracování

Tvrzení v Tabulka 8 podporují závěry o stacionaritě, učiněné na základě vizuálního zhodnocení průběhu časových řad zobrazených grafem 9 a grafem 10. Na základě těchto výsledků budou pro další modelování využity pouze diferencované řady. Je vhodné připomenout, že vlivem diferenciacce se počet členů časových řad se snížil z původních 1258 na 1257.

Určení řádů ARIMA modelu

V následujícím textu budou odhadnuty řady p , q a d , v rámci ARIMA modelu. Operace budou prováděny nad diferenciovanými řadami a tato skutečnost nebude dále zdůrazňována.

Graf 11- Průběhy ACF a PACF nad časovou řadou cenového vývoje (první diference)

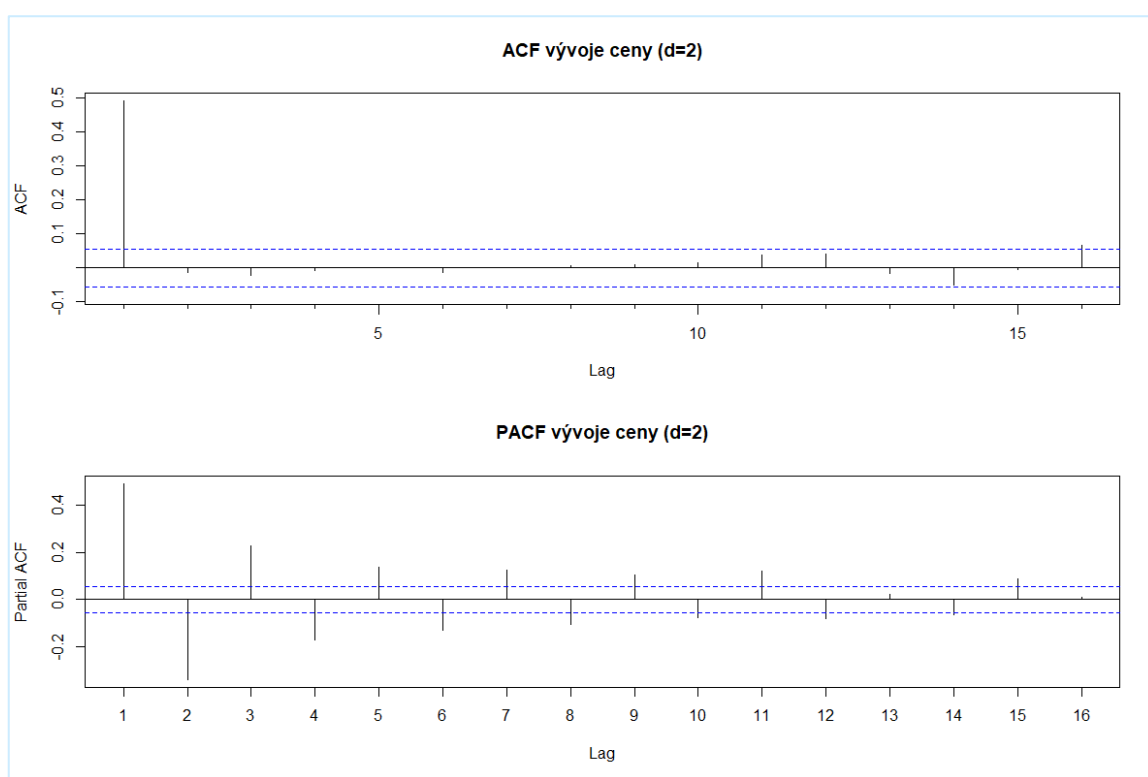


Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Graf 11 zobrazuje ACF a PACF korelogramy časové řady cenového vývoje. Modrými tečkovanými přímkami jsou vyznačeny meze spolehlivosti na úrovni $\pm 0,05608$.

V případě ACF i PACF je viditelné, že korelační koeficienty překračují kritickou mez u zpoždění 1 a 12. Ze zobrazených průběhů ovšem nelze rozeznat žádný smysluplný vzor. To znamená, že je časovou řadu vhodné dále diferencovat. ACF a PACF korelogramy cenového vývoje po aplikaci druhé diference zobrazuje graf 12. Hodnoty koeficientů ACF překračují mezní hodnotu u zpoždění 1 a 16. Absolutní hodnoty koeficientů v rámci PACF pak s rostoucím zpožděním klesají k nule. V tomto případě již korelogramy hezky odpovídají procesu AR. V takovém případě odhadovaný řád q je roven nule, d je roven 2 a p se nachází v množině $\{1, 16\}$.

Graf 12- Průběhy ACF a PACF nad časovou řadou cenového vývoje (druhá diference)

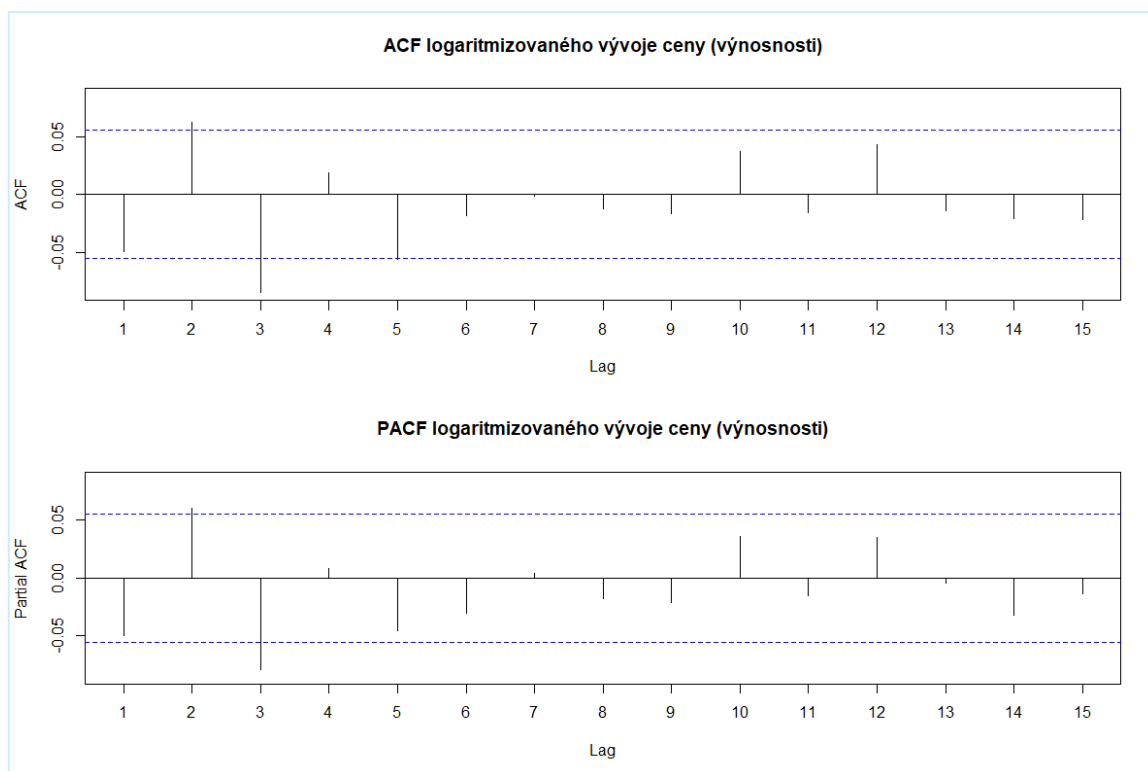


Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Graf 13 zobrazuje ACF a PACF korelogramy logaritmizované časové řady. Zde je na první pohled patrné, že ACF nemá hned u první hodnoty zpoždění významnou korelaci a stejně tak ji nemá ani u PACF. To znamená, že nejlepším odhadem pro parametr p je 0 a pro parametr q rovněž 0. Vzhledem k tomu, že d odpovídá rovněž 0, tak výsledný model by měl podobu ARIMA (0,0,0). Tento model reprezentuje bílý šum. To znamená, že nelze nalézt

žádný ARIMA model na základě kterého by bylo možné předpovídat logaritmizovaný cenový vývoj, respektive výnosnost akcií AMD ve sledovaném období.

Graf 13- Průběhy ACF a PACF nad logaritmizovanou časovou řadou



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Konstrukce modelu

Na základě odhadu parametrů v předchozí části, bylo z dalšího zpracování vyloučeno zpracování logaritmizovaného vývoje ceny, respektive výnosnosti.

Bylo zjištěno, že cenovému vývoji mohou nejlépe odpovídat modely ARIMA (1, 2, 0) a ARIMA (16, 2, 0). Odhadnuté parametry modelu ARIMA (1, 2, 0) shrnuje Tabulka 9.

Tabulka 9 - Odhadnuté parametry modelu ARIMA(1, 2, 0)

	ar1
Hodnota par.	-0,5495
Standardní chyba	0,0236

Zdroj: Vlastní zpracování s využitím „R 3.6.3“

Na základě hodnot z Tabulka 9 je možné zkonstruovat model ve tvaru

$$y_t = -0,5495y_{t-1} + a_t.$$

Tabulka 10 - Odhadnuté parametry modelu ARIMA(16, 2, 0)

	ar1	ar2	ar3	ar4	ar5	ar6
Hodnota par.	-1,0019	-0,906	-0,8959	-0,8243	-0,7757	-0,7282
Standardní chyba	0,0281	0,0395	0,0465	0,0524	0,0567	0,0597
	ar7	ar8	ar9	ar10	ar11	ar12
Hodnota par.	-0,6773	-0,6028	-0,5531	-0,4739	-0,4135	-0,3011
Standardní chyba	0,0618	0,063	0,0632	0,0625	0,0606	0,0578
	ar13	ar14	ar15	ar16		
Hodnota par.	-0,2780	-0,2451	-0,2145	-0,0986		
Standardní chyba	0,0535	0,0476	0,0402	0,0285		

Zdroj: Vlastní zpracování s využitím „R 3.6.3“

Odhadnuté parametry modelu ARIMA (16, 2, 0) shrnuje tabulka 10 a na základě jejich hodnot lze zkonstruovat model ve tvaru

$$y_t = -1,0019y_{t-1} - 0,906y_{t-2} - 0,8959y_{t-3} - 0,8243y_{t-4} - 0,7757y_{t-5} - 0,7282y_{t-6} - 0,6773y_{t-7} - 0,6028y_{t-8} - 0,5531y_{t-9} - 0,4739y_{t-10} - 0,4135y_{t-11} - 0,3011y_{t-12} - 0,2780y_{t-13} - 0,2451y_{t-14} - 0,2145y_{t-15} - 0,0986y_{t-16} + a_t.$$

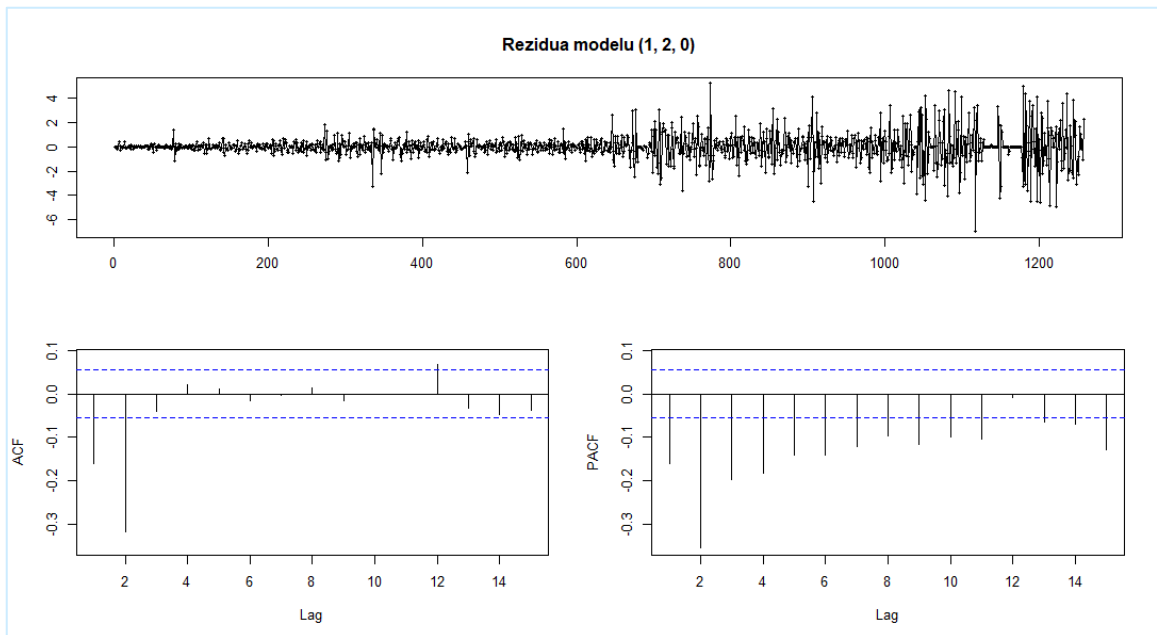
5.1.4 Vyhodnocení a predikce

V této části budou oba nalezený modely vyhodnoceny z hlediska výskytu významných autokorelací. Platí předpoklad, že dobře navržený model neobsahuje žádné významné autokorelace.

Vyhodnocení modelů

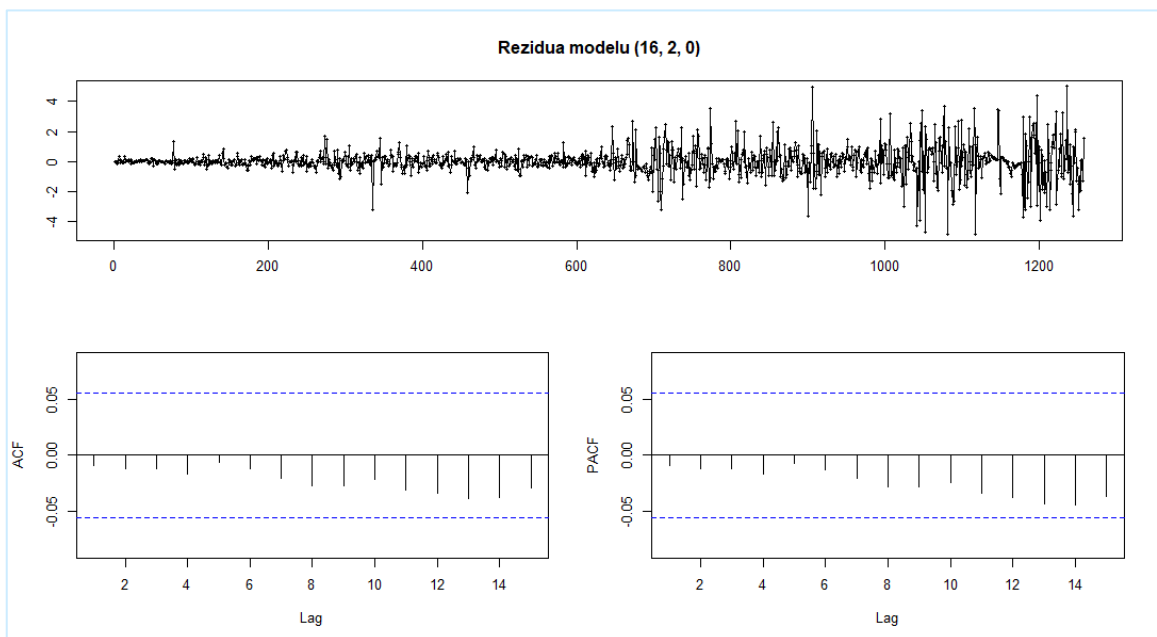
Graf 14 zobrazuje rezidua a ACF i PACF modelu ARIMA (1, 2, 0). Z grafu je jasně čitelné, že korelační koeficienty překračují kritickou mez, což je příznakem, že model ARIMA (1, 2, 0) není dobře zkonstruován.

Graf 14 - Zobrazení reziduí a ACF i PACF modelu ARIMA (1, 2, 0)



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Graf 15 - Zobrazení reziduí a ACF i PACF modelu ARIMA (16, 2, 0)



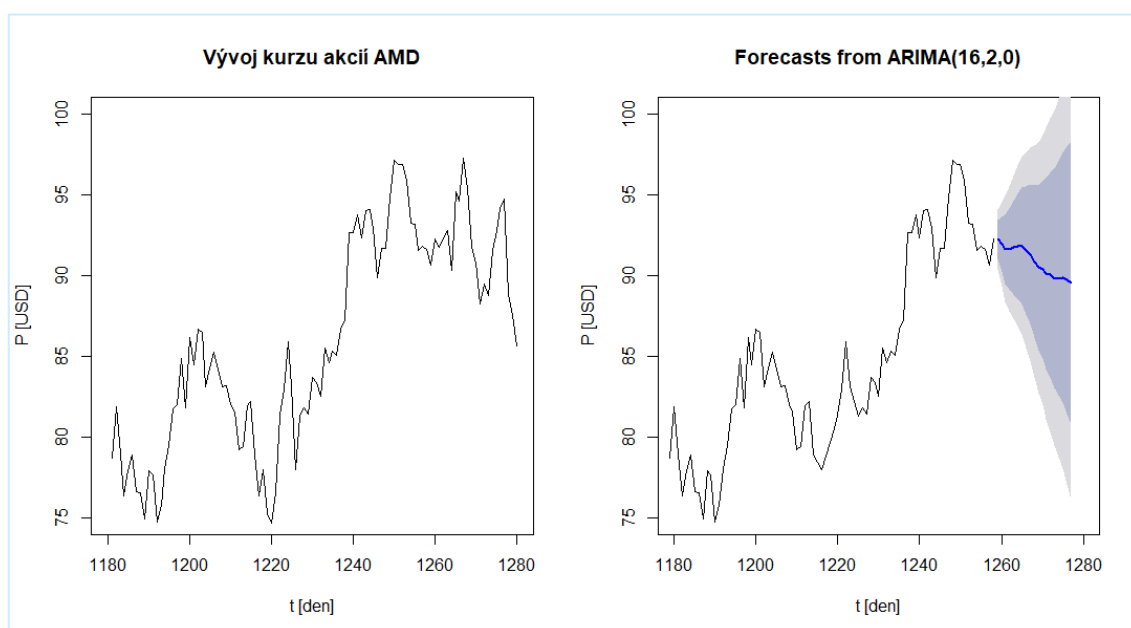
Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Graf 15 zobrazuje rezidua a ACF i PACF modelu ARIMA (16, 2, 0). Je nepříjemné, že většina korelačních koeficientů nabývá záporných hodnot. V ideálním případě by totiž zbytková rezidua měla vypadat jako bílý šum. Žádný z korelačních koeficientů však nepřekračuje kritickou mez, a proto lze říct, že model ARIMA (16, 2, 0) je použitelný pro konstrukci předpovědi budoucího vývoje ceny.

Predikce

Na základě dosavadních zjištění bude predikce založena pouze na modelu ARIMA (16, 2, 0). Na grafu 16 je zobrazeno porovnání skutečného cenového vývoje akcií AMD a toho generovaného modelem ARIMA (16, 2, 0). Cenová predikce zahrnuje 19 budoucích hodnot, čemuž odpovídá 19 následujících obchodních dní. Je tak předpovídán cenový vývoj akcií v průběhu měsíce ledna 2021. Bodová předpověď je prezentována jako tmavomodrá spojnice predikovaných hodnot. Nejtmavší pásmo kolem středu prognózy reprezentuje vývoj, který nastane s pravděpodobností 80 %. Světlemodrá barva pak rozšiřuje pásmo na vývoj s pravděpodobností 95 %. Predikovaná data v číselném vyjádření obsahuje Tabulka 11.

Graf 16- Porovnání skutečného a predikovaného cenového vývoje



Zdroj: Vlastní zpracování v programu „R 3.6.3“

Na základě vizuálního zhodnocení lze říct, že bodová předpověď dobře ukazuje, že cena akcií AMD by měla mít v lednu 2021 klesající trend. Zde je vhodné připomenout, že dříve v této práci byl ověřen exponenciální charakter primárního trendu ve vývoji ceny akcií AMD v letech 2016 až 2020. Předpovědní model tedy dobře předpověděl změnu cenového vývoje v podobě nově vzniklého sekundárního trendu.

Tabulka 11 - Porovnání predikovaných a skutečných hodnot cenového vývoje akcií AMD v lednu 2021

Datum	Pořadí obch. dne [-]	Lo 95 [USD]	Hi 95 [USD]	Skutečná cena [USD]	Predikovaná cena [USD]
2021-01-04	1259	90,39990	94,057120	92,30	92,22851
2021-01-05	1260	89,36911	94,536280	92,77	91,95270
2021-01-06	1261	88,36831	94,903350	90,33	91,63583
2021-01-07	1262	87,79658	95,477760	95,16	91,63717
2021-01-08	1263	87,30651	96,125030	94,58	91,71577
2021-01-11	1264	86,87868	96,786150	97,25	91,83241
2021-01-12	1265	86,33237	97,316410	95,36	91,82439
2021-01-13	1266	85,52512	97,580450	91,78	91,55279
2021-01-14	1267	84,73289	97,903040	90,79	91,31797
2021-01-15	1268	83,71609	98,009540	88,21	90,86282
2021-01-19	1269	82,73680	98,217210	89,45	90,47701
2021-01-20	1270	82,00312	98,702480	88,75	90,35280
2021-01-21	1271	81,09640	99,134510	91,53	90,11545
2021-01-22	1272	80,34758	99,712820	92,79	90,03020
2021-01-25	1273	79,45404	100,178010	94,13	89,81602
2021-01-26	1274	78,76912	100,864190	94,71	89,81665
2021-01-27	1275	78,04945	101,658020	88,84	89,85373
2021-01-28	1276	77,09449	102,321580	87,52	89,70804
2021-01-29	1277	76,10368	102,954230	85,64	89,52896

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z webové služby finance.yahoo.com (23)

Nakonec je na místě ověřit přesnost předpovědi. Na základě predikovaných a skutečných cen zobrazených v Tabulka 11 byla spočítána chyba predikce RMSE a střední absolutní procentní chyba odhadu MAPE. Hodnota RMSE je na úrovni 2,80 USD, přičemž aritmetický průměr cen činí 91,68 USD. MAPE má pak hodnotu 2,51 %. To znamená, že přesnost modelu dosahuje 97,49 % v případě predikce následujících 19 hodnot.

Na základě dosavadních zjištění, lze prognózování budoucího cenového vývoje akcií s využitím Box-Jenkinsovy metodologie doporučit jako nástroj, určený pro identifikaci protisměrných pohybů v průběhu primárního trendů.

6 ZÁVĚR

V praktické části práce bylo zjištěno, že cenový vývoj akcií emitovaných společností Advanced Micro Devices, Inc., odpovídá v průběhu let 2016 až 2020 formující se spekulativní bublině typu A. Toto tvrzení posiluje skutečnost, že cenový vývoj v těchto letech nejlépe vystihuje exponenciální trend ve tvaru $Tr_{Exp} = 3,757e^{0,0025t}$ s koeficientem determinace ve výši 91,93 %. Tento průběh je prozatím podpořen fundamenty v podobě růstu tržeb a hrubého zisku emitenta, nicméně jejich existenci teorie spekulativních bublin připouští.

Na základě Drasnarovy koncepce psychologické analýzy lze tvrdit, že v případě vznikající spekulativní bubliny by investory měla začít motivovat především jejich chamtivost. Tu může reprezentovat odklon jejich pozornosti od samotného cenového vývoje aktiva směrem k návratnosti vložených investic. Proto je předpovědní model konstruován nejen pro cenový vývoj, ale rovněž i pro zmíněnou návratnost. V případě návratnosti měl nalezený prediktivní model podobu ARIMA (0, 0, 0). Takový model však reprezentuje bílý šum. To znamená, že na základě výnosnosti zvoleného akciového titulu, a ve sledovaném období, nelze nalézt takový ARIMA model, na jehož základě by bylo možné činit zodpovědná investiční rozhodnutí. V případě cenového vývoje měl nejlepší nalezený model podobu ARIMA (16, 2, 0). Na základě tohoto modelu byla vytvořena cenová predikce, zahrnující 19 hodnot, čemuž odpovídá počet obchodních dnů v průběhu měsíce ledna 2021. Na základě predikovaných a skutečných cen byla spočítána střední absolutní procentní chyba odhadu MAPE s výslednou hodnotou 2,51 %. To znamená, že přesnost modelu dosahuje 97,49 % v případě predikce následujících 19 hodnot.

Na základě praktické části této práce lze použití statistické analýzy cen akcií doporučit v rozsahu identifikace dlouhodobých trendů a dále pak pro predikci protisměrných pohybů na primárním trendu a s tím související investiční rozhodnutí. Jak se však ukázalo, tak konstrukce spolehlivého ARIMA modelu nemusí být vždy možná. O statistické analýze v oblasti akciových investic lze tak uvažovat jen jako o podpoře investičních rozhodnutí.

Existují však další možnosti, pro podporu investičních rozhodnutí? Odpověď nabízí teorie efektivního trhu. Statistická analýza vývoje cen akcií testuje především její slabou formu. Polo-silná forma již zahrnuje všechny veřejně známé informace. Možnosti potenciálního investora se tak rozšiřují na využití výsledků tradiční fundamentální analýzy

anebo behaviorálními financemi propagované psychologické analýzy. Investorovi však nelze doporučit využití neveřejných informací, a to především z důvodu, že je takováto investiční analýza v mnoha zemích považována za nelegální.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. **Škapa, Stanislav.** *Mikroekonomie I.* Vydání 3. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2016. 978-80-214-5391-3.
2. **Urban, Jan.** *Teorie národního hospodářství.* Praha : Wolters Kluwer, 2015. stránky 4., aktualiz. vyd. 978-80-7478-724-9.
3. **Jílek, Josef.** *Finanční trhy.* Praha : Grada, 1997. 80-7169-453-3.
4. **Musílek, Petr.** *TRHY CENNÝCH PAPÍRŮ.* Praha : EKOPRESS, s.r.o., 2011. 978-80-86929-70-5.
5. **Rejnuš, Oldřich.** *Finanční trhy.* 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha : Grada, 2014. 978-80-247-3671-6.
6. **Lee, Anita Jones.** *Klíč k pochopení cenných papírů.* [překl.] Hana Kučerová. Praha : Victoria, 1993. 80-85605-59-7.
7. **Dědič, Jan.** *Burza cenných papírů a komoditní burza.* Praha : Prospektrum, 1992. 80-85431-62-9.
8. **Pavlát, Vladislav.** *Kapitálové trhy a burzy ve světě.* Praha : Grada, 1992. 80-85424-90-8.
9. **Dvořáková, Zuzana a Smrčka, Luboš.** *Finanční vzdělávání pro střední školy.* Praha : C. H. Beck, 2011. 978-80-7400-008-9.
10. **ČESKO.** *Zákon č. 90/2012 Sb. ze dne 25. ledna 2012 o obchodních společnostech a družstvech (zákon o obchodních korporacích).* 2012.
11. **Zahradníček, Jiří.** *Identifikace investičních příležitostí na akciovém trhu s využitím metod technické analýzy.* Katedra ekonomických teorií, Provozně ekonomická fakulta. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2019. Bakalářská práce. Vedoucí práce Ing. Pavel Srbek, Ph.D..
12. **Sekerka, Bohuslav.** *Cenné papíry a kapitálový trh.* Praha : Profess, 1996. 80-85235-41-2.
13. **Holman, Robert a Pospíchalová, Dana.** *Úvod do ekonomie.* Praha : C. H. Beck, 2012. 978-80-7179-304-5.

14. **Blake, David.** *Financial market analysis.* London : McGraw-Hill, 1990. 9780077072285.
15. **Fama, Eugene Francis.** Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *Journal of Finance.* 1970, Vol. 25, 2.
16. **Artl, Josef a Artlová, Markéta.** *Ekonomické časové řady: [vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace].* Praha : Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1319-9.
17. **Kropáč, Jiří.** *Statistika: náhodné jevy, náhodné veličiny, základy matematické statistiky, indexní analýza, regresní analýza, časové řady.* 2., přeprac. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-788-8.
18. **Hyndman, Rob J. and Athanasopoulos, George.** *Forecasting: principles and practice.* 2nd edition. s.l. : OTexts, 2018. ISBN: 978-0987507112.
19. **Cipra, Tomáš.** *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii: celostátní vysokoškolská učebnice pro stud. matem.-fyz. fakult studijních oborů 11 Fyzikálně matematické vědy.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
20. **Anděl, Jiří.** *Statistická analýza časových řad: určeno [též] posluchačům vys. škol. techn. a matematicko fyz. fak.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1976. Teoretická knihovna inženýra.
21. **Gibilisco, Stan.** *Statistics Demystified.* s.l. : McGraw-Hill Education , 2011. ISBN 978-0071751339.
22. **YCharts.** [Online] 2021. <https://ycharts.com>.
23. **Yahoo Finance.** [Online] 2021. <https://finance.yahoo.com/>.
24. **Stupavský, Michal.** *Behaviorální finance - Implikace pro investory.* Praha : Plot, 2016. 9788074282911.
25. **Zimbardo, Philip G., Fiala, Jiří a Klicperová-Baker, Martina.** *Moc a zlo: sociálně psychologický pohled na svět.* Břeclav : Moraviapress, 2005. 80-86181-80-4.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Vymezení trhu cenných papírů v rámci finančního trhu	15
Obrázek 2 - Základní klasifikace trhu cenných papírů	17
Obrázek 3 - Základní klasifikace finančních investičních instrumentů.....	23
Obrázek 4 - Vývoj kurzu akcií společnosti Alphabet Inc v letech 2010 až 2020.....	38
Obrázek 5 - Denní časy západů slunce pozorované ze sídla ČZU PEF v letech 2015 až 2020, uváděno v CET	39
Obrázek 6 - Výsledky testování stacionarity diferencovaných časových řad	68

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Datумы vydání procesorů z rodiny "Athlon"	53
Tabulka 2 - Datумы vydání procesorů z rodiny "Zen"	54
Tabulka 3 - Tržby v letech 2000-2020 (v mil. USD).....	55
Tabulka 4 - Hrubý zisk v letech 2000-2020 (v mil. USD)	56
Tabulka 5 - Elementární charakteristiky časové řady ceny akcií AMD v letech 2000 - 2020	58
Tabulka 6 - Statistiky pro srovnání přesnosti jednotlivých modelů trendu	63
Tabulka 7 - Aditivní dekompozice cenového vývoje akcií AMD - srovnání charakteristik sezónní a náhodné složky	63
Tabulka 8 - Interpretace výsledků stacionarity transformovaných a diferencovaných časových řad	68
Tabulka 9 - Odhadnuté parametry modelu ARIMA(1, 2, 0)	71
Tabulka 10 - Odhadnuté parametry modelu ARIMA(16, 2, 0)	72
Tabulka 11 - Porovnání predikovaných a skutečných hodnot cenového vývoje akcií AMD v lednu 2021.....	75

10 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Tržby v letech 2000-2020	56
Graf 2 - Hrubý zisk v letech 2000-2020	57
Graf 3 - Cena akcií v letech 2000-2020	59
Graf 4 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený lineární spojnicí trendu	60
Graf 5 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený mocninnou spojnicí trendu.....	61
Graf 6 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený exponenciální spojnicí trendu ..	61
Graf 7 - Vývoj ceny akcií v letech 2016-2020, proložený kvadratickou spojnicí trendu....	62
Graf 8 - Aditivní dekompozice časové řady cen akcií v letech 2016-2020	64
Graf 9 - Porovnání vývoje cen akcií s jejich výnosy v letech 2016-2020	66
Graf 10 - Průběh diference prvního řádu logaritmovaného a odmocněného vývoje cen akcií v letech 2016-2020.....	67
Graf 11 - Průběhy ACF a PACF nad časovou řadou cenového vývoje (první diference)...	69
Graf 12 - Průběhy ACF a PACF nad časovou řadou cenového vývoje (druhá diference) ..	70
Graf 13 - Průběhy ACF a PACF nad logaritmovanou časovou řadou.....	71
Graf 14 - Zobrazení reziduí a ACF i PACF modelu ARIMA (1, 2, 0).....	73
Graf 15 - Zobrazení reziduí a ACF i PACF modelu ARIMA (16, 2, 0).....	73
Graf 16 - Porovnání skutečného a predikovaného cenového vývoje.....	74

11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Roční výše tržeb, hrubého zisku a uzavírací ceny akcií v letech 2000 až 2020

Příloha č. 2 – Kompletní dokumentace zdrojového kódu v programovacím jazyce R, použitého pro konstrukci a vyhodnocení prediktivního modelu v rámci diplomové práce, a to včetně výpisu významných proměnných na konzoli

Příloha č. 1 – Roční výše tržeb, hrubého zisku a uzavírací ceny akcií v letech 2000 až 2020

Datum [rok]	Tržby [mil USD]	Hrubý zisk [mil USD]	Uzavírací cena akcie [USD]
2000	4 644	2 130	14,31
2001	3 892	1 302	16,49
2002	2 697	591	6,42
2003	3 519	1 192	15,20
2004	5 001	1 969	22,00
2005	5 848	2 392	30,40
2006	5 627	2 794	20,50
2007	5 858	2 189	7,26
2008	5 808	2 320	2,20
2009	5 403	2 272	9,75
2010	6 494	2 961	8,14
2011	6 568	2 940	5,34
2012	5 422	1 235	2,29
2013	5 299	1 978	3,87
2014	5 506	1 839	2,64
2015	3 991	1 080	2,97
2016	4 319	1 003	11,70
2017	5 253	1 787	10,57
2018	6 475	2 447	18,15
2019	6 731	2 868	46,14
2020	9 763	4 347	90,78

Příloha č. 2 – Kompletní dokumentace zdrojového kódu v programovacím jazyce R, použitého pro konstrukci a vyhodnocení prediktivního modelu v rámci diplomové práce, a to včetně výpisu významných proměnných na konzoli

```
#####  
# DP - Statisticka analyza vybranych druhu akci #  
#   - Jiri Zahradnicek #  
  
# Rstudio - 1.4.1106 #  
# R - 3.6.3 #  
#####  
### Instalace potrebnych balicku - pokud jiz nejsou nainstalovany  
#install.packages(c("timeSeries", "tseries", "forecast", "xts", "quantmo  
d", "zoo"))  
###  
#Hromadne nacteni potrebnych balicku  
options(warn=-1)  
packageList = c("quantmod", "timeSeries", "tseries", "forecast")  
lapply(packageList, library, character.only = TRUE)  
  
## Loading required package: xts  
  
## Loading required package: zoo  
  
##  
## Attaching package: 'zoo'  
  
## The following objects are masked from 'package:base':  
##  
## as.Date, as.Date.numeric  
  
## Loading required package: TTR  
  
## Registered S3 method overwritten by 'quantmod':  
## method from  
## as.zoo.data.frame zoo  
  
## Loading required package: timeDate  
  
##  
## Attaching package: 'timeSeries'  
  
## The following object is masked from 'package:zoo':  
##  
## time<-  
  
## [[1]]  
## [1] "quantmod" "TTR" "xts" "zoo" "stats" "gra  
phics"  
## [7] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"  
##  
## [[2]]  
## [1] "timeSeries" "timeDate" "quantmod" "TTR" "xts"  
## [6] "zoo" "stats" "graphics" "grDevices" "utils"
```

```

## [11] "datasets" "methods" "base"
##
## [[3]]
## [1] "tseries" "timeSeries" "timeDate" "quantmod" "TTR"
## [6] "xts" "zoo" "stats" "graphics" "grDevices"
## [11] "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[4]]
## [1] "forecast" "tseries" "timeSeries" "timeDate" "quantmod"
## [6] "TTR" "xts" "zoo" "stats" "graphics"
## [11] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"

#cat("\014") #Uklid vypisu na konzoli
par(mfrow=c(1,1))

stock = 'AMD'
start = '2016-01-01'
end = '2020-12-31'

## SHROMAZDENI DAT
#Nacteni dat z Yahoo Finance (emitent - AMD Inc.)
rawData = getSymbols(stock, from=start, to=end, src = 'yahoo', auto.assign=FALSE)

## 'getSymbols' currently uses auto.assign=TRUE by default, but will
## use auto.assign=FALSE in 0.5-0. You will still be able to use
## 'loadSymbols' to automatically load data. getOption("getSymbols.env")
## and getOption("getSymbols.auto.assign") will still be checked for
## alternate defaults.
##
## This message is shown once per session and may be disabled by setting
## options("getSymbols.warning4.0"=FALSE). See ?getSymbols for details.

rawData = na.omit(rawData)
rawData = to.daily(rawData)

## OCISTENI VSTUPNICH DAT
closePrices = tsclean(rawData[,4]) #Ocistení
plot(seq.int(nrow(closePrices)), closePrices$rawData.Close, main = paste
('Vývoj kurzu akcií', c(stock)[1]),
      xlab = 't [den]', ylab = 'P [USD]', col="blue", type = 'l' ) #zobrazení

## KLASIFIKACE CASOVE RADY
summary(closePrices)

##      Index      rawData.Close
## Min.   :2016-01-04  Min.    : 1.80
## 1st Qu.:2017-04-03  1st Qu.:10.94
## Median :2018-07-02  Median :16.27
## Mean   :2018-07-02  Mean    :26.04

```

```

## 3rd Qu.:2019-10-01 3rd Qu.:32.81
## Max. :2020-12-30 Max. :97.12

length(closePrices)

## [1] 1258

par(mfrow=c(1,1))

## DEKOMPOZICE CASOVE RADY
closePrices_ma = ts(closePrices, start=2018-01-01, frequency=251.6)
closePrices_decomp = decompose(closePrices_ma) #, type = c("multiplicat
ive")
closePrices_des = seasadj(closePrices_decomp) #odstraneni sezonní slozk
y
plot(closePrices_decomp)

summary(closePrices_decomp$trend)

##          V1
## Min.      : 5.218
## 1st Qu.:12.098
## Median :17.133
## Mean     :22.767
## 3rd Qu.:29.946
## Max.     :65.242
## NA's    :250

summary(closePrices_decomp$seasonal)

##      Min.  1st Qu.  Median    Mean  3rd Qu.    Max.
## -2.534686 -1.165202  0.026283  0.002037  1.178845  2.370479

summary(closePrices_decomp$random)

## x - seasonal
## Min.      :-10.0745
## 1st Qu.: -2.3673
## Median : -0.5168
## Mean     : -0.5577
## 3rd Qu.:  1.2629
## Max.     :  9.9489
## NA's    :250

#closePrices_des = closePrices

par(mfrow=c(2,1))
closePrices_orig = closePrices_des
plot(closePrices_orig, xlab='Cas', ylab='Cena', main = 'Řada hodnot cen
akcií AMD')
closePrices_log = log(closePrices_des)
plot(closePrices_log, xlab='Cas', ylab='Log(cena)', main = 'Řada logarit
movaných hodnot cen akcií AMD')

```



```

par(mfrow=c(1,1))

par(mfrow=c(2,1))
## VYKRESLENÍ PRISLUSNYCH DIFERENCI
closePrices_orig_d = diff(closePrices_des, lag=2)
closePrices_orig_d = closePrices_orig_d[!is.na(closePrices_orig_d)]
plot(closePrices_orig_d, xlab='Cas', ylab='Cena', main = 'První diferenc
e vývoje ceny', type = 'l')
closePrices_log_d = diff(log(closePrices_des), lag=2)
closePrices_log_d = closePrices_log_d[!is.na(closePrices_log_d)]
plot(closePrices_log_d, xlab='Cas', ylab='Log(cena)', main = 'První dife
rence logaritmovaného vývoje ceny', type = 'l')

```

```

closePrices = closePrices_orig
closePrices_d = closePrices_orig_d

```

```
summary(closePrices_orig_d)
```

```

##      Index          rawData.Close
## Min.   :2016-01-06  Min.   :-5.8200
## 1st Qu.:2017-04-04  1st Qu.: -0.3200
## Median :2018-07-04  Median :  0.0500
## Mean   :2018-07-04  Mean   :  0.1412
## 3rd Qu.:2019-10-02  3rd Qu.:  0.5945
## Max.   :2020-12-30  Max.   :  7.6100

```

```
summary(closePrices_log_d)
```

```

##      Index          rawData.Close
## Min.   :2016-01-06  Min.   :-0.270695
## 1st Qu.:2017-04-04  1st Qu.: -0.021097
## Median :2018-07-04  Median :  0.004587
## Mean   :2018-07-04  Mean   :  0.005574
## 3rd Qu.:2019-10-02  3rd Qu.:  0.030387
## Max.   :2020-12-30  Max.   :  0.390539

```

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
## VYSETŘENÍ STACIONARITY
```

```
adf.test(closePrices_log, alternative = "stationary")
```

```
##
```

```
## Augmented Dickey-Fuller Test
```

```
##
```

```
## data: closePrices_log
```

```
## Dickey-Fuller = -2.961, Lag order = 10, p-value = 0.1715
```

```
## alternative hypothesis: stationary
```

```
adf.test(closePrices, alternative = "stationary")
```

```

##
## Augmented Dickey-Fuller Test
##
## data: closePrices
## Dickey-Fuller = -0.024094, Lag order = 10, p-value = 0.99
## alternative hypothesis: stationary

adf.test(closePrices_log_d, alternative = "stationary")

##
## Augmented Dickey-Fuller Test
##
## data: closePrices_log_d
## Dickey-Fuller = -10.202, Lag order = 10, p-value = 0.01
## alternative hypothesis: stationary

adf.test(closePrices_d, alternative = "stationary")

##
## Augmented Dickey-Fuller Test
##
## data: closePrices_d
## Dickey-Fuller = -9.432, Lag order = 10, p-value = 0.01
## alternative hypothesis: stationary

#URCENI RADU MODELU
par(mfrow=c(2,1))

length(closePrices_log_d)

## [1] 1256

Acf(closePrices_log_d, main='ACF logaritmicovaného vývoje ceny (výnosnosti)', lag.max = 30)
Pacf(closePrices_log_d, main='PACF logaritmicovaného vývoje ceny (výnosnosti)', lag.max = 30)

a = Acf(closePrices_orig_d, main='ACF vývoje ceny (d=2)', lag.max = 16)
b = Pacf(closePrices_orig_d, main='PACF vývoje ceny (d=2)', lag.max = 16)

par(mfrow=c(2,1))

print(a$acf)

## , , 1
##
##           [,1]
## [1,] 1.000000e+00
## [2,] 4.914635e-01
## [3,] -1.444212e-02

```

```

## [4,] -2.298869e-02
## [5,] -7.558230e-03
## [6,] 1.784608e-03
## [7,] -1.227059e-02
## [8,] 7.780852e-06
## [9,] 7.601911e-03
## [10,] 8.507671e-03
## [11,] 1.500196e-02
## [12,] 3.691899e-02
## [13,] 4.056398e-02
## [14,] -1.668346e-02
## [15,] -5.100382e-02
## [16,] -5.947872e-03
## [17,] 6.663184e-02

print(b$acf)

## , , 1
##
##          [,1]
## [1,] 0.49146354
## [2,] -0.33749613
## [3,] 0.22671922
## [4,] -0.17119096
## [5,] 0.13533006
## [6,] -0.13000229
## [7,] 0.12386635
## [8,] -0.10497416
## [9,] 0.10377936
## [10,] -0.07573000
## [11,] 0.11955457
## [12,] -0.08054574
## [13,] 0.02219374
## [14,] -0.06419577
## [15,] 0.08840926
## [16,] 0.01094968

# KONSTRUKCE MODELU
#modelA = auto.arima(closePrices_des, seasonal=FALSE, trace = TRUE, max.
p = 30, max.q = 30) #auto model
modelA = arima(closePrices_des, order =c(1, 2, 0)) #modelA
modelB = arima(closePrices_des, order =c(16, 2, 0)) #modelB

arima(closePrices_des, order =c(1, 2, 0)) #ModelA

##
## Call:
## arima(x = closePrices_des, order = c(1, 2, 0))
##
## Coefficients:
##          ar1
##          -0.5495
## s.e.      0.0236

```

```

##
## sigma^2 estimated as 1.253: log likelihood = -1923.8, aic = 3851.6
arima(closePrices_des, order =c(16, 2, 0)) #ModelB

##
## Call:
## arima(x = closePrices_des, order = c(16, 2, 0))
##
## Coefficients:
##          ar1          ar2          ar3          ar4          ar5          ar6          ar7
##    ar8
## -1.0019 -0.9060 -0.8959 -0.8243 -0.7757 -0.7282 -0.6773
## -0.6028
## s.e.    0.0281  0.0395  0.0465  0.0524  0.0567  0.0597  0.0618
## 0.0630
##          ar9          ar10          ar11          ar12          ar13          ar14          ar15
##    ar16
## -0.5531 -0.4739 -0.4135 -0.3011 -0.2780 -0.2451 -0.2145
## -0.0986
## s.e.    0.0632  0.0625  0.0606  0.0578  0.0535  0.0476  0.0402
## 0.0285
##
## sigma^2 estimated as 0.8705: log likelihood = -1696.21, aic = 3426.
42

#VYHODNOCENI A PREDIKCE
tsdisplay(residuals(modelA), lag.max = 15, main = "Rezidua modelu (1, 2,
0)")

tsdisplay(residuals(modelB), lag.max = 15, main = "Rezidua modelu (16, 2
, 0)")

par(mfrow=c(1,1))

## PRESNOST - PRIPRAVA DAT (ACTUAL)
rawDataF = getSymbols(stock, from='2020-09-08', to='2021-01-31', src = '
yahoo', auto.assign=FALSE)
rawDataF = na.omit(rawDataF)
rawDataF = to.daily(rawDataF)
closePricesF = tsclean(rawDataF[,4]) #Ocisteni

par(mfrow=c(1,2))
modelBForecast =forecast(modelB, h=19) #alpha = 0.7
plot(seq.int(nrow(closePricesF))+1180, closePricesF$rawDataF.Close, main
= paste('Vývoj kurzu akcií', c(stock)[1]),
xlab = 't [den]', ylab = 'P [USD]', col="black", type = 'l', includ
e = 80, ylim = c(75,100), xlim = c(1180, 1280) ) #zobrazeni

```

```
plot(modelBForecast, include = 80, xlab = 't [den]', ylab = 'P [USD]', y
lim = c(75,100), xlim = c(1180, 1280) )
```

```
par(mfrow=c(1,1))
```

```
print(summary(modelBForecast))
```

```
##
## Forecast method: ARIMA(16,2,0)
##
## Model Information:
##
## Call:
## arima(x = closePrices_des, order = c(16, 2, 0))
##
## Coefficients:
##          ar1      ar2      ar3      ar4      ar5      ar6      ar7
##      ar8
##      -1.0019  -0.9060  -0.8959  -0.8243  -0.7757  -0.7282  -0.6773
##      -0.6028
## s.e.      0.0281   0.0395   0.0465   0.0524   0.0567   0.0597   0.0618
##      0.0630
##          ar9      ar10      ar11      ar12      ar13      ar14      ar15
##      ar16
##      -0.5531  -0.4739  -0.4135  -0.3011  -0.2780  -0.2451  -0.2145
##      -0.0986
## s.e.      0.0632   0.0625   0.0606   0.0578   0.0535   0.0476   0.0402
##      0.0285
##
## sigma^2 estimated as 0.8705:  log likelihood = -1696.21,  aic = 3426.
## 42
##
## Error measures:
##
##              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE
## MASE
## Training set -0.0004961373  0.9322408  0.5673905  0.02342636  2.587351  1.
## 028718
##
##              ACF1
## Training set -0.008714005
##
## Forecasts:
##      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
## 1259      92.22851  91.03284  93.42417  90.39990  94.05712
## 1260      91.95270  90.26338  93.64201  89.36911  94.53628
## 1261      91.63583  89.49931  93.77235  88.36831  94.90335
## 1262      91.63717  89.12594  94.14840  87.79658  95.47776
## 1263      91.71577  88.83271  94.59883  87.30651  96.12503
## 1264      91.83241  88.59334  95.07149  86.87868  96.78615
## 1265      91.82439  88.23335  95.41543  86.33237  97.31641
## 1266      91.55279  87.61151  95.49407  85.52512  97.58045
## 1267      91.31797  87.01222  95.62372  84.73289  97.90304
```

```

## 1268      90.86282 86.18982 95.53581 83.71609 98.00954
## 1269      90.47701 85.41596 95.53805 82.73680 98.21721
## 1270      90.35280 84.89324 95.81237 82.00312 98.70248
## 1271      90.11545 84.21821 96.01269 81.09640 99.13451
## 1272      90.03020 83.69907 96.36132 80.34758 99.71282
## 1273      89.81602 83.04068 96.59136 79.45404 100.17801
## 1274      89.81665 82.59306 97.04025 78.76912 100.86419
## 1275      89.85373 82.13533 97.57214 78.04945 101.65802
## 1276      89.70804 81.46048 97.95559 77.09449 102.32158
## 1277      89.52896 80.75064 98.30727 76.10368 102.95423
##      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
## 1259      92.22851 91.03284 93.42417 90.39990 94.05712
## 1260      91.95270 90.26338 93.64201 89.36911 94.53628
## 1261      91.63583 89.49931 93.77235 88.36831 94.90335
## 1262      91.63717 89.12594 94.14840 87.79658 95.47776
## 1263      91.71577 88.83271 94.59883 87.30651 96.12503
## 1264      91.83241 88.59334 95.07149 86.87868 96.78615
## 1265      91.82439 88.23335 95.41543 86.33237 97.31641
## 1266      91.55279 87.61151 95.49407 85.52512 97.58045
## 1267      91.31797 87.01222 95.62372 84.73289 97.90304
## 1268      90.86282 86.18982 95.53581 83.71609 98.00954
## 1269      90.47701 85.41596 95.53805 82.73680 98.21721
## 1270      90.35280 84.89324 95.81237 82.00312 98.70248
## 1271      90.11545 84.21821 96.01269 81.09640 99.13451
## 1272      90.03020 83.69907 96.36132 80.34758 99.71282
## 1273      89.81602 83.04068 96.59136 79.45404 100.17801
## 1274      89.81665 82.59306 97.04025 78.76912 100.86419
## 1275      89.85373 82.13533 97.57214 78.04945 101.65802
## 1276      89.70804 81.46048 97.95559 77.09449 102.32158
## 1277      89.52896 80.75064 98.30727 76.10368 102.95423

```

```
options(warn=0)
```