

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

Bakalářská práce

Analýza vybraných indikátorů technické analýzy v době propadů na akciových trzích

Plzeň 2021

Tomáš Krutina

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Tomáš KRUTINA**
Osobní číslo: **A19B0408P**
Studijní program: **B0541A170006 Matematika a finanční studia**
Studijní obor: **Matematika a finanční studia**
Téma práce: **Analýza vybraných indikátorů technické analýzy v době propadů na akciových trzích**
Zadávací katedra: **Katedra matematiky**

Zásady pro vypracování

1. Velice stručně popište technickou analýzu a její vybrané indikátory, které budou v práci použity (minimálně tři).
2. Na vybraném akciovém trhu identifikujte závažnější propady. Zaměřte se především na posledních 20 let.
3. Vytvořte vhodnou metodiku, jak zjišťovat úspěšnost použitých indikátorů. Zaměřte se především na to,
 - a) že nebude vnášena informace, která nebyla známa na počátku testování,
 - b) volba akciových titulů použitých pro testování bude založena na informacích dostupných v době počátku investování a
 - c) výsledky nebudou příliš ovlivněny volbou počátku a konce investičního období.
4. Veškeré výsledky srovnávejte s jednoduchou strategií buy-and-hold a vhodně je graficky prezentujte.
5. Pro zpracování využijte software, ve kterém sám vytvoříte veškeré indikátory a postupy (např. Excel, R, MATLAB).
6. K práci přiložte datový nosič, který bude obsahovat všechny vytvořené programy a použitá data.

Rozsah bakalářské práce: **cca 20 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- KATZ, Jeffrey Owen a Donna L. MCCORMICK: The encyclopedia of trading strategies. New York: McGraw-Hill, c2000. ISBN 0070580995.
- EDWARDS, Robert D., John MAGEE a W. H. C. BASSETTI: Technical analysis of stock trends. 10th ed. Boca Raton: Taylor & Francis, c2013. ISBN 9781439898185.
- VESELÁ, Jitka a Martin OLIVA: Technická analýza na akciových, měnových a komoditních trzích. Praha: Ekopress, 2015. ISBN 978-80-87865-22-4.
- LIEN, Kathy: Forex: ziskové intradenní a swingové obchodní strategie: Jak na technickou a fundamentální analýzu pro úspěch na finančních trzích. 2., rozš. vyd. Přeložil Pavel KAISER. Praha: FXstreet, 2013. ISBN 978-80-904418-2-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Patrice Marek, Ph.D.**
Katedra matematiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2021**

Radová

Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová
děkanka



Brandner

Doc. Ing. Marek Brandner, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Plzni dne 17. 5. 2021

Tomáš Krutina

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Patrice Markovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracovávání této bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této práce je zjistit úspěšnost indikátorů technické analýzy v době propadů na akciových trzích. Práce je zaměřena na indikátory *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma, jejichž výsledky jsou srovnány s jednoduchou strategií Buy-and-Hold. Výzkum je prováděn ve čtyřech investičních obdobích, u kterých byly identifikovány závažnější propady na akciových trzích. Pro každý z propadů je vybráno 10 společností, na kterých je obchodování testováno. Indikátor *MACD* dosáhl podobných výsledků jako strategie Buy-and-Hold a byl tak nejúspěšnějším indikátorem. V závěru práce je testováno obchodování s více indikátory najednou. Výsledky naznačují, že vytvořením obchodního systému by se mohly výnosy zvýšit.

Klíčová slova: technická analýza, *MACD*, *RSI*, Bollingerova pásma, strategie kup a drž, investování

Abstract

The aim of this work is to determine the success rate of technical analysis indicators at the time of declines in stock markets. The indicators examined in this work are *MACD*, *RSI* and Bollinger bands. Their results are compared with the simple strategy Buy-and-Hold. Research is done in four investing periods during which severe falls in the stock market prices were identified. For each fall, 10 companies are chosen to analyze trading. Indicator *MACD* reached similar results as the strategy Buy-and-Hold and therefore, it was the most successful indicator. At the end, trading with multiple indicators at once is tested. Results suggest that creating a trading system can lead to increased returns.

Keywords: technical analysis, *MACD*, *RSI*, Bollinger bands, Buy-and-Hold strategy, investing

Obsah

Úvod.....	1
1 Technická analýza	2
1.1 Analýza grafických formací	3
1.2 Technické indikátory.....	3
1.2.1 Klouzavý průměr	4
1.2.2 Bollingerova pásma	6
1.2.3 MACD.....	7
1.2.4 RSI.....	9
1.3 Uzavření pozice	10
1.3.1 Signál technického indikátoru.....	10
1.3.2 Standardní strategie výstupu.....	11
1.3.3 Modifikovaný SES	11
2 Propady na akciových trzích	12
2.1 VIX.....	12
2.2 Identifikace propadů	12
2.3 Volba akciových titulů.....	14
3 Simulace obchodování	16
3.1 Výsledky obchodování v propadu 1998–1999	17
3.2 Výsledky obchodování v propadu 2002–2003	19
3.3 Výsledky obchodování v propadu 2008–2009	21
3.4 Výsledky obchodování v propadu 2020–2021	24
3.5 Výsledky obchodování s MSES	26
3.5.1 Výsledky indikátoru MACD s MSES	27
3.5.2 Výsledky indikátoru RSI s MSES	27
3.5.3 Výsledky indikátoru Bollingerova pásma s MSES.....	28
3.5.4 Rozšíření o krátké pozice	29
4 Diskuze	30
Závěr	32
Literatura a další zdroje	33
Příloha A.....	i

Seznam obrázků

Obrázek 1: Signály klouzavého průměru.	5
Obrázek 2: Signály indikátoru Bollingerova pásma.	7
Obrázek 3: Signály indikátoru MACD.....	8
Obrázek 4: Signály indikátoru RSI.....	9
Obrázek 5: Index VIX od roku 1990 do roku 2021	13
Obrázek 6: Významnější propady indexu S&P 500	14
Obrázek 7: Průměrné roční výnosy jednotlivých společností v propadu 1998–1999.....	17
Obrázek 8: Průměrné roční výnosy v propadu 1998–1999.	18
Obrázek 9: Průměrné roční výnosy jednotlivých společností v propadu 2002–2003.....	20
Obrázek 10: Průměrné roční výnosy v propadu 2002–2003.	21
Obrázek 11: Průměrné roční výnosy jednotlivých společností v propadu 2008–2009.....	22
Obrázek 12: Průměrné roční výnosy v propadu 2008–2009.	23
Obrázek 13: Průměrné roční výnosy jednotlivých společností v propadu 2020–2021.....	24
Obrázek 14: Průměrné roční výnosy v propadu 2020–2021.	25
Obrázek 15: Výsledky indikátoru MACD s MSES	27
Obrázek 16: Výsledky indikátoru RSI s MSES	28
Obrázek 17: Výsledky indikátoru BB s MSES.....	28

Seznam tabulek

Tabulka 1: Významné propady na americkém akciovém trhu	13
Tabulka 2: Akciové tituly pro vybraná testovací období.	15
Tabulka 3: Data společnosti Microsoft Corporation	15
Tabulka 4: Průměrný počet obchodů na simulaci v propadu 1998–1999.....	19
Tabulka 5: Průměrný počet obchodů na simulaci v propadu 2002–2003.....	21
Tabulka 6: Průměrný počet obchodů na simulaci v propadu 2008–2009.....	23
Tabulka 7: Průměrný počet obchodů na simulaci v propadu 2020–2021.....	26

Úvod

Zájem o investování na akciových trzích již delší dobu roste. Díky digitalizaci pronikající do oblasti investic je dostupnost investování rok od roku snazší (Řezáč, 2021). Tato práce se zabývá úspěšností vybraných technických indikátorů v době propadů na akciových trzích. Hlavním cílem je zjistit, zda je pro běžného obchodníka výhodnější obchodovat pomocí technických indikátorů, nebo na začátku investičního období akcii nakoupit a držet, ať se děje, co se děje.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol, z nichž první kapitola je teoretickou částí práce a zbylé tři kapitoly jsou částí praktickou. První kapitola stručně popisuje technickou analýzu a její vybrané indikátory, které jsou pro práci stěžejní. Druhá kapitola se zaměřuje na identifikaci závažnějších propadů na akciovém trhu. Ke každému z nalezených propadů poté vybereme akciové tituly, na kterých bude testována úspěšnost indikátorů. Ve třetí kapitole jsou nejprve popsána základní kritéria testování, jako je správná volba dat, výběr počátku a konce investičního období, či signály pro vstup a výstup z pozice, a poté program vytvořený v softwaru MATLAB R2018a za účelem simulování obchodování na akciovém trhu. Výsledky simulací pro strategii Buy-and-hold a vybrané indikátory jsou pro jednotlivé propady graficky znázorněny. Nad rámec zadání práce jsou otestovány technické indikátory s upravenou strategií pro výstup z obchodu. V poslední kapitole jsou porovnány výsledky technických indikátorů se strategií Buy-and-Hold a diskutovány další možnosti testování.

1 Technická analýza

V první kapitole je stručně charakterizována technická analýza a její předpoklady a myšlenky, na nichž je založena. Dále jsou zde popsány grafické formace a především technické indikátory, které jsou pro tuto bakalářskou práci stěžejní. Kapitola je zakončena popisem strategie pro ukončení obchodu.

Před tím, než začneme popisovat a zkoumat techniky a nástroje používané v technické analýze, je důležité si nejprve definovat, co vlastně technická analýza je. Murphy (1999, s. 1) definuje technickou analýzu jako *„studium pohybu trhu, primárně za použití grafů, za účelem předpovídání budoucí ceny trendu.“*

Existují tři předpoklady, na kterých je technický přístup založen:

1) Trh diskontuje všechno

Tvrzení „trh diskontuje všechno“ pravděpodobně tvoří základní kámen technické analýzy. Techničtí analytici věří, že všechny vlivy, co by mohly působit na trh (fundamentální, politické, psychologické atd.), jsou již v kurzu zobrazeny a díky tomu je sledování ceny trhu vše, co je potřeba.

2) Cena se pohybuje v trendech

Technická analýza je založena na představě, že ceny mají tendenci se pohybovat v rámci trendu. To znamená, že pokud byl stanoven trend, bude cena s největší pravděpodobností pokračovat tímto směrem.

3) Historie se opakuje

Velká část technické analýzy a studia pohybu trhu má co dočinění s lidskou psychologií. Grafové formace, které byly v minulosti identifikovány a zařazeny, odrážejí určité obrazce, které se objevují v cenovém grafu. Jelikož tyto formace fungovali v minulosti, předpokládá se, že budou fungovat i nadále. Jsou založeny na studiu lidské psychologie, která má tendenci se opakovat (Murphy, 1999).

Je vidět, že technická analýza se zabývá pouze informací o ceně a nezajímá se o další faktory. Těmi se naopak zabývá fundamentální analýza, která se soustředí na ekonomické síly nabídky a poptávky, které zapříčiňují pohyb ceny nahoru, dolů nebo do strany¹. Fundamentální přístup zkoumá všechny možné faktory ovlivňující cenu trhu za účelem zjištění vnitřní hodnoty trhu. Vnitřní hodnota ukazuje, jaká by měla být cena na základě zákona nabídky a poptávky. Pokud je tržní cena nad vnitřní hodnotou, pak je trh nadhodnocen a mělo by se prodávat. Pokud je naopak tržní cena pod vnitřní hodnotou, je trh podhodnocen a mělo by se nakupovat (Murphy, 1999).

¹ Pohyb trhu do strany znamená, že se cena nemění.

Studium fundamentální analýzy ovšem není cílem této bakalářské práce. Pro její podrobnější studium lze využít např. Veselá (2003).

V následujících dvou podkapitolách rozebereme dva základní postupy analýz, tj. grafické formace a především technické indikátory.

1.1 Analýza grafických formací

Grafické metody slouží především k určování formací potvrzujících trend či aktivujících změnu v dosavadním trendu a k definování hranic podpory či naopak rezistence a hledání jednotlivých kanálů trendu. Rozlišujeme dvě hlavní kategorie cenových formací. Reverzní formace značí, že dojde k otočení trendu. Grafické formace pokračování trendu na druhou stranu naznačují, že trh pouze na chvíli zastavil za účelem krátkodobé korekce (z důvodu překoupení, či přeprodání trhu), po které bude stávající trend pokračovat. Více o grafických formacích např. v Murphy (1999, str. 99–156).

1.2 Technické indikátory

Velmi dobře jsou technické indikátory popsány např. v Murphy (1999) a následující kapitola bude vytvořena podle tohoto zdroje (pokud nebude uvedeno jinak).

Technickým indikátorem se rozumí nástroj, který pomáhá analyzovat vývoj na trhu. Indikátor se může vyskytovat ve formě histogramu, křivky nebo bodu. Technické indikátory jsou většinou odvozeny z matematického výpočtu za použití průběžné ceny podkladového aktiva.

Indikátory můžeme podle jejich chování rozdělit na trendové indikátory a oscilátory. Trendové indikátory ukazují sílu a směr trendu. Někdy se tyto indikátory mohou snažit o určení konce nebo i otočení trendu. Oscilátory jsou velmi užitečné v netrendovém trhu, kde se cena neustále pohybuje nahoru a dolů a kde většina trendových indikátorů nefunguje tak dobře. Oscilátory se pohybují mezi vymezenými hranicemi a signalizují blízko nich překoupený nebo přeprodáný trh. Výhodou oproti trendovým indikátorům je, že se oscilátory otáčí dříve než cena.

Mnoho technických indikátorů je popsáno např. v Murphy (1999) nebo Edwards (2007). V následujících kapitolách popíšeme indikátory vybrané pro tuto práci. Vybrali jsme známé, obchodníky často využívané, indikátory, které sami, bez nutnosti použití dalších postupů, dávají signály k nákupu či prodeji. Není tedy potřeba zkoumat grafy, ale indikátory si naprogramujeme a dále zautomatizujeme.

1.2.1 Klouzavý průměr

Klouzavý průměr (*MA*) patří mezi nejuniverzálnější a široce využívané technické indikátory. Jak už název napovídá, jde o průměr z určitého úseku dat (například 10 minut, 20 dní, 30 týdnů nebo jakákoliv doba, kterou si obchodník zvolí). Klouzavý průměr vyhlazuje data, díky čemuž je mnohem snazší odhalit trend časové řady. Na druhou stranu má klouzavý průměr ze své podstaty zpoždění za pohybem ceny. Průměry krátkých časových období jsou citlivější vzhledem k pohybu ceny a také zpoždění je kratší oproti průměrům delších časových období. Zpoždění však nikdy nebude kompletně odstraněno.

Jednoduchý klouzavý průměr

Jednoduchý klouzavý průměr (*SMA*) se pro časovou řadu cen $x = (x_t, x_{t-1}, \dots, x_1)$ v čase t vypočte podle vzorce

$$SMA_t(x, k) = \sum_{i=0}^{k-1} \frac{x_{t-i}}{k}, \quad (1)$$

kde je

x_t cena v čase t a
 k délka klouzavého průměru.

Jedná se tedy o obyčejný aritmetický průměr. Objevuje se ovšem kritika poukazující na to, že se bere aritmetický průměr pouze z hodnot daného období (např. posledních 10 dní) a navíc že jednoduchý aritmetický průměr dává stejnou váhu každé ceně. Někteří analytici věří, že by se novým hodnotám měla přiřadit větší váha.

Vážený klouzavý průměr

Jako řešení problému s váhami byl vytvořen vážený klouzavý průměr (*WMA*). Pro časovou řadu kurzů x je výpočet ve tvaru

$$WMA_t(x, k) = \frac{\sum_{i=1}^k i \cdot x_{t-k+i}}{\sum_{i=1}^k i}, \quad (2)$$

kde je

x_t cena v čase t ,
 k délka klouzavého průměru a
 i váha.

Větší váha je tedy přiřadována novějším cenám. Nicméně vážený klouzavý průměr stále neřeší problém zahrnutí pouze určité části dat.

Exponenciální klouzavý průměr

K výpočtu exponenciálního klouzavého průměru (EMA) pro časovou řadu kurzů x jsou potřeba tři kroky.

Zprvé, výpočet jednoduchého klouzavého průměru (s využitím (1)) jako počáteční hodnoty EMA , tedy

$$EMA_k(x, k) = SMA_k(x, k). \quad (3)$$

Zadruhé je nutné vypočítat váhu α jako

$$\alpha = \frac{2}{k + 1}. \quad (4)$$

A zatřetí, výpočet dalších členů EMA , který je dán vzorcem

$$EMA_t(x, k) = \alpha \cdot x_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1}(x, k), t \geq k + 1. \quad (5)$$

Tento typ klouzavého průměru řeší oba problémy spojené s jednoduchým klouzavým průměrem. Nejenom že přikládá exponenciální klouzavý průměr větší váhu novějším hodnotám a menší váhu starším hodnotám, ale také do svého výpočtu zahrnuje veškerá historická data daného instrumentu.

Dle Murphyho (1999) je jednoduchý klouzavý průměr nejpoužívanější a budeme ho tedy dále uvažovat. Klouzavý průměr je v příslušném čase vykreslován do grafu společně s pohybem ceny. Někteří obchodníci používají pouze klouzavý průměr pro generování signálů. Prodejní signál vznikne, jakmile cena překročí klouzavý průměr směrem dolů. Nákupní signál naopak vznikne, když cena překročí klouzavý průměr směrem nahoru. Pro potvrzení signálu někteří obchodníci čekají, až se i klouzavý průměr pohne stejným směrem



Obrázek 1: Cena spadla pod 50denní průměr během února (kruh nalevo). Prodejní signál je silnější, pokud se také průměr otočí dolů (šipka nalevo). Nákupní signál během dubna byl potvrzen poté, co se sám průměr pohnul směrem nahoru. Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.

jako cena (viz obrázek 1). Při použití průměrů s krátkým časovým obdobím, které jsou citlivější a více kopírují cenu, vzniká více příležitostí k obchodu, ale mnoho z těchto signálů bývá falešných. Na druhou stranu mají kratší průměry výhodu v tom, že dokáží signalizovat trend dříve, než průměry s delším časovým úsekem.

Použití pouze jednoho klouzavého průměru má mnoho nevýhod, a proto je výhodnější použít dvojité klouzavé průměry. Tato metoda využívá delší a kratší klouzavý průměr. Nákupní signál se tvoří, když kratší průměr protne delší směrem nahoru. Signál prodeje naopak vzniká, když kratší průměr protne delší průměr směrem dolů. Příkladem dvou nejpoužívanějších kombinací jsou 5denní a 20denní průměry a 10denní a 50denní průměry. Tato technika využívající dvou průměrů zpožďuje trh trochu více než použití pouze jednoho klouzavého průměru, ale vytváří méně falešných signálů.

1.2.2 Bollingerova pásma

Dvě obchodní pásma jsou umístěna kolem klouzavého průměru. Obvykle se používá 20denní jednoduchý klouzavý průměr a pásma jsou vzdálena od klouzavého průměru dvě směrodatné odchylky. Bollingerova pásma (*BB*) se pro časovou řadu kurzů x v čase t vypočítají jako

$$BB_t(x, k) = SMA_t(x, k) \pm 2 \cdot \sigma_t(x, k), \quad (5)$$

kde výpočet směrodatné odchylky σ bude roven

$$\sigma_t(x, k) = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t (x_i - \bar{x})^2}, \quad (6)$$

kde

k je délka klouzavého průměru,

x_i je cena v čase i a

\bar{x} je aritmetický průměr z cen za posledních k dní.

Šířka pásma se mění v závislosti na volatilitě² akcie a lze ji ovlivňovat zadáním násobku směrodatných odchylek. Použití dvou směrodatných odchylek nám zaručí, že přibližně 95 % hodnot se bude nacházet v Bollingerových pásmech. Nárůst ceny nad horní křivku Bollingerova pásma značí, že je trh překoupený a cena by mohla klesat. Pokud naopak cena klesne pod spodní křivku Bollingerova pásma, trh je přeprodaný a cena by mohla růst (viz obrázek 2).

Použití Bollingerových pásem se mezi obchodníky značně liší. Někteří obchodníci nakupují, když se cena dotkne spodní křivky Bollingerova pásma a vystupují, když se cena dotkne klouzavého průměru. Jiní obchodníci nakupují až poté, co se cena dotkne spodní křivky Bollingerova pásma a projde klouzavým průměrem směrem nahoru a pak z obchodu

² Volatilita je parametr, který měří intenzitu kolísavosti ceny za dané časové období.



Obrázek 2: Každý dotyk spodní resp. horní křivky Bollingerova pásma (viz kruhy) signalizuje příležitost k nákupu resp. prodeji. Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.

vystupují u horní hranice Bollingerova pásma. V silném rostoucím trendu se obvykle cena pohybuje mezi klouzavým průměrem a horní křivkou Bollingerova pásma. Pokles ceny pod klouzavý průměr varuje před možným otočením trendu. Při používání Bollingerových pásem vzniká mnoho falešných signálů, proto fungují Bollingerova pásma nejlépe v kombinaci s dalším indikátorem. Příkladem takového indikátoru může být například indikátor *MACD* (viz další kapitola).

1.2.3 MACD

MACD je zkratka pro pohyblivou průměrnou konvergenci/divergenci (Moving Average Convergence Divergence). Jak název napovídá, *MACD* je o konvergenci a divergenci dvou klouzavých průměrů. Konvergence nastává, když se k sobě klouzavé průměry přibližují a divergence naopak nastává, když se oba klouzavé průměry od sebe vzdalují. Kratší klouzavý průměr je rychlejší a je zodpovědný za většinu pohybu *MACD*. Delší klouzavý průměr je pomalejší a reaguje méně na změnu ceny. Indikátor *MACD* je pro časovou řadu kurzů x v čase t tvořen (s využitím (3–5)) odečtením delšího klouzavého průměru od kratšího jako

$$MACD_t(x, k_1, k_2) = EMA_t(x, k_2) - EMA_t(x, k_1). \quad (7)$$

Signální linie se pro časovou řadu hodnot y indikátoru *MACD* ($y_t = MACD_t(x, k_1, k_2)$) v čase t vypočte jako

$$SL_t(y, k_3) = EMA_t(y, k_3). \quad (8)$$

Pro koeficienty klouzavých průměrů platí $k_1 > k_2 > k_3$. Obvykle se používají exponenciální klouzavé průměry a hodnoty koeficientů 26, 12 a 9.



Obrázek 3: Protne-li MACD signální křivku směrem nahoru, jedná se o nákupní signál (šipky nahoru). Protnutí signální křivky směrem dolů nám dává signál k prodeji (šipky dolů). Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.

$$MACD_t(x, 12, 26) = EMA_t(x, 12) - EMA_t(x, 26) \quad (9)$$

$$SL_t(y, 9) = EMA_t(y, 9) \quad (10)$$

Signál pro nákup a prodej vzniká při protnutí obou křivek. Jakmile rychlejší *MACD* křivka protne pomalejší signální linii směrem nahoru, jedná se o nákupní signál. Naopak protne-li rychlejší křivka tu pomalejší směrem dolů, jedná se o prodejní signál (viz obrázek 3).

Indikátor *MACD* ovšem také kolísá kolem nulové linie. Jakmile je indikátor vysoko nad nulovou linií, je trh překoupený. Pokud je naopak indikátor daleko pod nulovou linií, je trh přeprodáný. Nejlepší nákupní signály jsou generovány, právě když je indikátor daleko pod nulovou linií. Protnutí indikátoru *MACD* s nulovou linií je další způsob, jak lze generovat signály. Divergence se může objevit i mezi indikátorem *MACD* a cenovou linií. Negativní divergence vzniká, pokud je *MACD* vysoko nad nulovou linií, ale začíná klesat, zatímco cena stále pokračuje v růstu. Obvykle se jedná o varování, že je trh na vrcholu a trend by se mohl obrátit. Pozitivní divergence vzniká, když je *MACD* daleko pod nulovou linií a začne se obracet směrem vzhůru dříve než cenová linie. To většinou značí tržní dno a obrat ceny směrem nahoru.

1.2.4 RSI

Indikátor RSI vytvořil J. Welles Wilder jako systém, který dává při otočení trendu signály k nákupu nebo prodeji. Indikátor RSI délky k se v čase t pro časovou řadu kurzů x vypočítá jako

$$RSI_t(x, k) = 100 - \frac{100}{1 + RS_t} \quad (11)$$

Hodnota RS se vypočte jako

$$RS_t(x, k) = \frac{U_t}{D_t}, \quad (12)$$

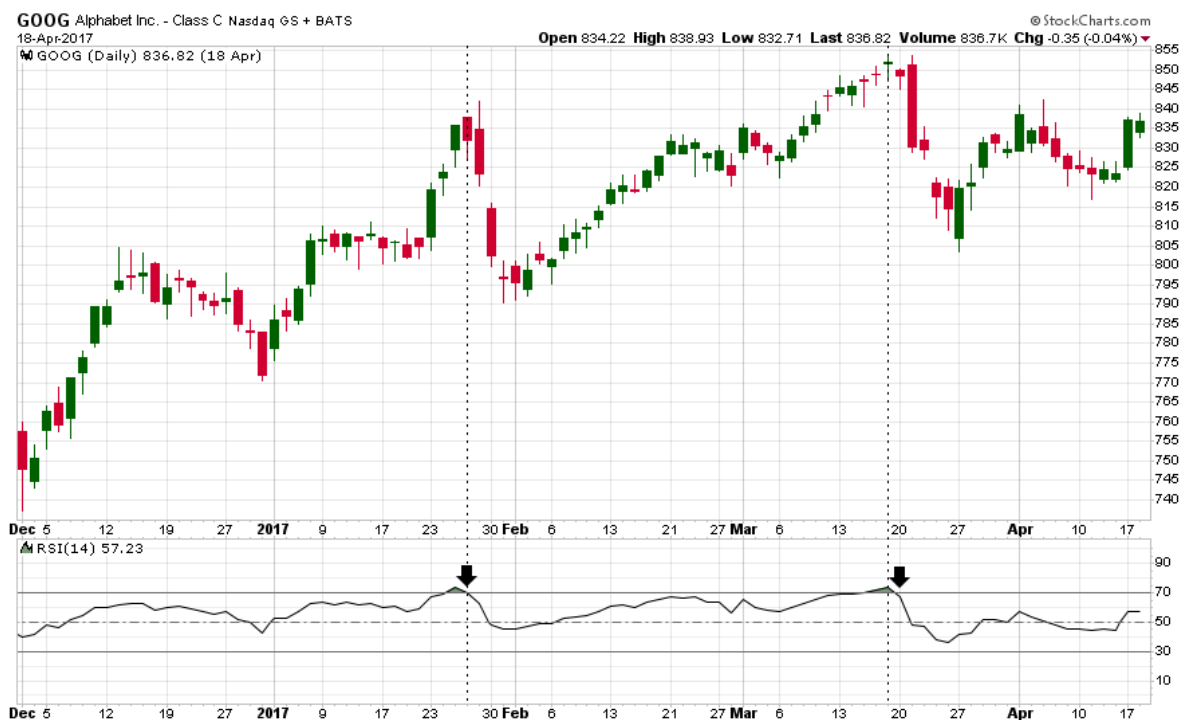
kde

U_t je průměrný zisk ve sledovaném období a
 D_t je průměrná ztráta ve sledovaném období.

Průměrný zisk resp. ztráta se vypočítá jako exponenciální klouzavý průměr zisků resp. ztrát za dané časové období.

$$U_t = \frac{1}{k} \cdot \max(0; x_t - x_{t-1}) + \left(1 - \frac{1}{k}\right) \cdot U_{t-1} \quad (13)$$

$$D_t = \frac{1}{k} \cdot \max(0; x_{t-1} - x_t) + \left(1 - \frac{1}{k}\right) \cdot D_{t-1} \quad (14)$$



Obrázek 4: V lednu a v březnu 2017 (viz šipky) indikátor RSI překročil hodnotu 70, což značilo překoupení trhu, a obratem spadl zpět pod tuto hodnotu a generoval tím signály k prodeji. Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.

Základní délka sledovaného období je 14 dní. *RSI* nabývá hodnot od 0 do 100. Pohyb nad hodnotu 70 značí, že je trh překoupený a protnutí této meze směrem dolů je signál pro prodej (viz obrázek 4). Pokud *RSI* klesne pod hodnotu 30, je trh přeprodaný a protnutí této meze směrem nahoru je signál pro nákup. Jako meze se dají použít i jiné hodnoty, ale obvykle se používají právě 70 a 30. Divergence mezi *RSI* a cenovou linií, když je *RSI* pod hodnotou 30 nebo nad 70, je vážným varováním před změnou trendu. 50 je středová linie *RSI* a někteří obchodníci berou protnutí této linie směrem dolů resp. nahoru jako signál pro prodej resp. nákup (Edwards, 2013).

1.3 Uzavření pozice

V předchozí části jsme si popsali některé technické indikátory, které dávají signály pro vstup do obchodu. Nyní se zaměříme na to, kdy z těchto obchodů vystoupit. Mnoho informací ohledně otevření a uzavření pozice najdeme např. v Katz (2000) a tato kapitola bude zpracována podle tohoto zdroje.

Uzavření pozice znamená ukončení investičního obchodu a je opačnou akcí k otevření pozice. Otevření pozice se ve většině případů rozumí nákup finančního aktiva, uzavřením pozice následně prodej tohoto aktiva. V mnoha případech je dobré uzavření pozice důležitější a náročnější než dobré otevření pozice. Zásadní rozdíl je v tom, že při čekání na příležitost k otevření obchodu nic neriskujeme. Pokud příležitost pro otevření pozice nevyužijeme, po nějakém čase přijde další. Pokud je ovšem pozice otevřena, vystavujeme se promeškáním příležitosti k uzavření riziku ztráty kapitálu.

Dobrá strategie pro výstup z obchodu musí striktně kontrolovat ztráty, ale nesmí při tom obětovat příliš mnoho potenciálních ziskových obchodů. Pro kontrolu ztrát je využíván příkaz „stop-loss“. Tento obchodní příkaz uzavře obchod po dosažení předem stanovené ceny. Druhým cílem dobré strategie je naplno využít potenciál ziskového obchodu, čili nesnižovat zisky předčasným uzavřením pozice.

1.3.1 Signál technického indikátoru

Signál je jednoduše založen na předpokládaném otočení směru trhu. Dlouhou pozici uzavíráme v případě, že technický indikátor dává signál pro vstup do krátké pozice. Technické indikátory tedy využíváme jak pro vstup, tak pro výstup z pozice.

Tento způsob uzavření pozice ovšem nemá ani jednu z uvedených vlastností dobré strategie výstupu, a proto si dále popíšeme strategie, které tyto vlastnosti splňují.

1.3.2 Standardní strategie výstupu

Standardní strategie výstupu (*SES*) zahrnuje obchodní příkaz pro výstup při ztrátě, při zisku, nebo po uběhnutí určitého časového limitu. I přesto, že je *SES* jednoduchá a základní strategie, zahrnuje všechny klíčové prvky výstupu (výběr zisků, kontrola rizika a časová restrikce). V obchodování se ovšem nepoužívá, jelikož byla vyvinuta pouze pro testování různých strategií pro vstup do obchodu a má proto své nedostatky. Například snižuje zisky tím, že i při významnějším růstu ceny obchod vždy končí na předem stanovené hranici a naopak v případě, kdy zisky nedosáhnou na tuto stanovenou hranici, se může stát, že cena začne klesat a obchod bude nakonec ztrátový.

V následující části si popíšeme modifikovaný *SES*, který odstraní nedostatky popsané v předchozím odstavci.

1.3.3 Modifikovaný SES

Podle Katze (2000) představuje modifikovaný *SES* (*MSES*) základní linii pro porovnávání lepších metod výstupu, a proto budeme *MSES* dále v této práci využívat.

Stejně jako u metody *SES* bude *MSES* omezen časovým limitem. Zisky ovšem omezovat nebudeme a příkaz stop-loss pro výstup z pozice při poklesu ceny nebude fixní, ale dynamicky se bude posouvat společně s růstem zisku. Posunutím hranice pro výstup si zajistíme velkou část zisků. Hranici stanovíme pomocí indikátoru Average True Range (*ATR*). Indikátor *ATR* se pro časovou řadu cen x v čase t vypočte jako

$$ATR_t(x, n) = \frac{1}{n} \sum_{\tau=t-n+1}^t \max[(h_\tau - l_\tau), |h_\tau - x_\tau|, |l_\tau - x_\tau|], \quad (15)$$

kde je

h_τ nejvyšší dosažená cena v čase τ ,
 l_τ nejnižší dosažená cena v čase τ a
 x_τ zavírací cena v čase τ .

Podle Katze (2000) je optimální nastavení stop-lossu při nákupu $SL_{t+1} = x_t - 2 \cdot ATR_t$, při prodeji $SL_{t+1} = x_t + 2 \cdot ATR_t$, hodnoty $n = 50$ a časového limitu pro uzavření pozice 10 dní. Hranice pro výstup je počítána po každém uzavření časové jednotky, ale posunutí této hranice nastává pouze v případě, že tím zvýšíme zisky.

V práci je zjišťována úspěšnost technických indikátorů, čili budou pro výstup z pozice využívány hlavně signály technických indikátorů (viz kapitola 1.3.1). Navíc otestujeme úspěšnost indikátorů s *MSES*, tj. signály indikátorů budou využívány pro otevření pozice a strategie *MSES* bude generovat signály pro výstup z pozice.

2 Propady na akciových trzích

Tato kapitola se zaměřuje na identifikaci závažnějších propadů na americkém akciovém trhu. Nejprve bude popsán způsob zjišťování propadů a poté výsledky našeho šetření. Dále jsou ke každému z propadů vybrané akciové tituly určené k testování indikátorů.

Propady na akciových trzích lze identifikovat pomocí některých indikátorů. Jedním z nich může být P/E poměr, který určuje tržní hodnotu akcie ve srovnání s příjmy společnosti. Dále lze využít tzv. „Short interest“, který ukazuje celkový počet akcií prodaných nakrátko, které dosud nebyly pokryty či vypořádány (Mitchell, 2021; Shirsat, 2009).

V této práci ovšem využijeme k identifikaci propadů index VIX , také nazýván index strachu.

2.1 VIX

Originální verze indexu VIX (CBOE Volatility Index) byla vytvořena v roce 1993 a predikovala 30denní tržní volatilitu indexu $S\&P$ 100 pomocí cen opcí³ na penězích⁴. Brzy se VIX stal hlavním nástrojem k měření volatility amerického akciového trhu. Od roku 2003 je VIX založen na opcích indexu $S\&P$ 500 (SPX), což je hlavní index pro americké akcie. VIX index je kalkulován na základě 30denní implikované (očekávané, předpokládané) volatility akciového indexu $S\&P$ 500, počítané na základě call a put opcí s různou realizační cenou (Moran a Liu, 2020).

Pohyb indexu VIX má obvykle negativní korelaci s pohybem klíčových světových akciových indexů. Navíc se tato korelace stává ještě více negativní v době velkých cenových pohybů. Při velkém propadu akciového trhu má index VIX tendenci růst až na velmi extrémní hodnoty (např. v roce 2008 až na hodnotu 90). Když ovšem na trhu panuje klid, hodnoty indexu VIX se nacházejí pod hodnotou 20 (Moran a Liu, 2020).

2.2 Identifikace propadů

Historické ceny indexu VIX (VIX index historical data, 2021) jsou dostupné od roku 1990 do současnosti. Propady na americkém akciovém trhu budeme identifikovat pomocí programu vytvořeného v softwaru MATLAB R2018a. Při identifikaci propadů využijeme negativní korelaci mezi indexem VIX a indexem $S\&P$ 500. Jelikož index VIX pod hodnotou $H = 20$ značí klid na akciových trzích, budou nás zajímat případy, kdy index VIX tuto úroveň přesáhne.

³ Opce jsou derivátové nástroje, jejichž cena závisí na pravděpodobnosti, že aktuální cena akcií bude dostatečně vysoká, aby dosáhla určité úrovně (tzv. realizační cena).

⁴ Nynější tržní cena je rovna realizační ceně.

Od roku 1990 se ovšem *VIX* dostal přes hodnotu $H = 20$ celkem 192krát. Pro zjištění významnějších propadů jsme tedy museli přidat další kritérium. Tím se stala minimální délka intervalu, ve kterém *VIX* setrval nad hodnotou $H = 20$. Označme si tuto minimální délku proměnou *MD*. Zvyšováním *MD* postupně odpadly menší korekce trhu a zůstaly pouze dlouhodobější propady.

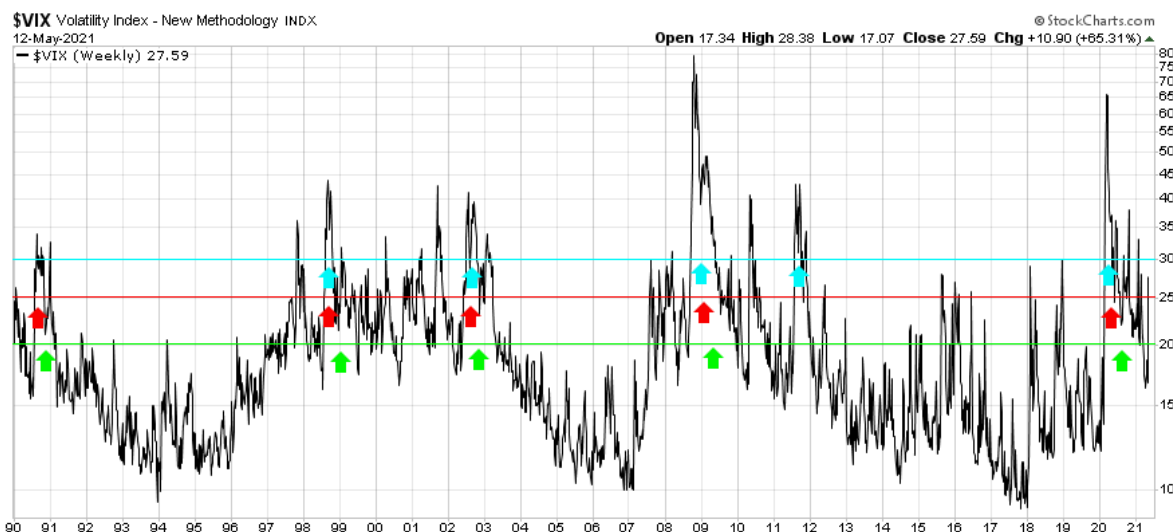
Nejdelším intervalem, ve kterém *VIX* nespadol pod $H = 20$, byl interval 29. 8. 2008 až 22. 12. 2009 a trval 480 kalendářních dní nebo také 331 obchodních dní. V tabulce 1 jsou zobrazeny další intervaly a jejich délka.

Tabulka 1: Významné propady na americkém akciovém trhu

	Kalendářní dny	Obchodní dny
29. 8. 2008–22. 12. 2009	480	331
24. 2. 2020–12. 2. 2021	354	246
21. 7. 1998–1. 7. 1999	345	239
3. 6. 2002–9. 5. 2003	340	236

Vidíme, že druhý nejdelší interval (2020–2021), ve kterém *VIX* neklesl pod $H = 20$, trval skoro celý rok. Na první pozici ovšem ztrácí 126 dní. Podobně jsou na tom i další dva intervaly (1998–1999 a 2002–2003), které se od intervalu (2020–2021) neliší o více než 14 dní. Abychom dostali další interval (1990), museli bychom snížit *MD* o dalších 91 dní a tento interval by byl dlouhý 249 dní.

Položíme-li $H = 25$, dostaneme podobné výsledky jako v předchozím případě. Počínaje $MD = 89$ kalendářních dní nebo také $MD = 63$ obchodních dní, dostaneme zkrácené časové intervaly z tabulky 1. Nastavením parametrů na $H = 30$ a $MD = 30$ obchodních dní dostaneme opět výsledky, které jsou již obsaženy v intervalech z tabulky 1, doplněné o jedno kratší období v roce 2011. Graf indexu *VIX* spolu se všemi zmíněnými intervaly a hodnotami H je zobrazen na obrázku 5.



Obrázek 5: Graf Indexu VIX od roku 1990 do roku 2021. Vodorovné linie označují hranice H rovny 20, 25 a 30. Šípkami jsou označeny delší intervaly, ve kterých VIX pro dané hodnoty H nabýval vysokých hodnot. Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.



Obrázek 6: Významnější propady indexu S&P 500. Vlastní zpracování v programu StockCharts dostupný z stockcharts.com.

Jelikož se intervaly z tabulky 1 objevují v každém z našich výsledků, považujeme je za významnější propady indexu S&P 500 (viz obrázek 6) a budeme s nimi v této práci dále pracovat.

2.3 Volba akciových titulů

Pro každý z nalezených propadů z předchozí části určíme akciové tituly, na kterých bude testována úspěšnost indikátorů. Základním pravidlem pro výběr akciových titulů je, že není vnášena žádná informace, která nebyla známá na počátku testování, např. vynechání společností, které si v testovaném období nevedly příliš dobře, nebo naopak přidání společností se skvělými výsledky. Jedinou vnesenou informací tedy bude výběr počátku a konce testování. Jelikož tato bakalářská práce zjišťuje úspěšnost různých indikátorů v dobách propadů akciového trhu, je počátek investování stanoven na 1–2 roky před propadem trhu a konec na 1–2 roky po propadu.

Pro každý z propadů z tabulky 1 bude stejným způsobem vybráno 10 akciových titulů. Při výběru se zaměříme na akciové tituly z indexu S&P 500, konkrétně 10 největších společností indexu na počátku testování. Uvažujeme-li tedy počátek testování 1–2 roky před začátkem propadu, dostaneme roky 1996, 2000, 2006 a 2018. Seznam deseti největších společností indexu S&P 500 pro roky 1980–2013 jsou dostupné zdarma z ETF Database (2012). Společnosti pro rok 2018 jsme získali z S&P 500 Data (2018). Akciové tituly pro každý z vybraných let jsou zobrazeny v tabulce 2.

Data pro každý z akciových titulů jsme získali z Yahoo! Finance (2021). Data obsahují datum, otevírací cenu, maximální a minimální cenu dne, uzavírací cenu a uzavírací cenu upravenou o dividendy. Podílem upravené uzavírací ceny a uzavírací ceny jsme pro každý obchodní den

Tabulka 2: Akciové tituly pro vybraná testovací období.

1996		2000	
General Electric Company (GE)		General Electric Company (GE)	
The Coca-Cola Company (KO)		Exxon Mobil Corporation (XOM)	
Exxon Mobil Corporation (XOM)		Pfizer Inc. (PFE)	
Intel Corporation (INTC)		Citigroup Inc. (C)	
Microsoft Corporation (MSFT)		Cisco Systems, Inc. (CSCO)	
Merck & Co., Inc. (MRK)		Walmart Inc. (WMT)	
Philip Morris International Inc. (PM) ⁵		Microsoft Corporation (MSFT)	
Royal Dutch Shell plc (RDS-B)		American International Group, Inc. (AIG)	
International Business Machines Corporation (IBM)		Merck & Co., Inc. (MRK)	
The Procter & Gamble Company (PG)		Intel Corporation (INTC)	
2006		2018	
Exxon Mobil Corporation (XOM)		Apple Inc. (AAPL)	
General Electric Company (GE)		Amazon.com, Inc. (AMZN)	
Microsoft Corporation (MSFT)		Microsoft Corporation (MSFT)	
Citigroup Inc. (C)		Alphabet Inc. (GOOGL)	
Bank of America Corporation (BAC)		Berkshire Hathaway Inc. (BRK-B)	
The Procter & Gamble Company (PG)		Facebook, Inc. (FB)	
Walmart Inc. (WMT)		Johnson & Johnson (JNJ)	
Johnson & Johnson (JNJ)		JPMorgan Chase & Co. (JPM)	
Pfizer Inc. (PFE)		Exxon Mobil Corporation (XOM)	
American International Group, Inc. (AIG)		Visa Inc. (V)	

vypočetli koeficient. Tímto koeficientem jsme poté ceny vynásobili, čímž jsme dostali otevírací, minimální a maximální ceny toho dne upravené o dividendy. Rozdíl v cenách je patrný například u cen společnosti Microsoft Corporation (viz tabulka 3).

Tabulka 3: Data společnosti Microsoft Corporation s vypočtenými hodnotami koeficientů a cen upravených o dividendy.

Date	Open	High	Low	Close	Adj Close	Coefficient	Adj Open	Adj High	Adj Low
02. 01. 2018	86,13	86,31	85,50	85,95	82,19	0,96	82,37	82,54	81,76
03. 01. 2018	86,06	86,51	85,97	86,35	82,58	0,96	82,30	82,73	82,21
04. 01. 2018	86,59	87,66	86,57	87,11	83,30	0,96	82,81	83,83	82,79
05. 01. 2018	87,66	88,41	87,43	88,19	84,34	0,96	83,83	84,55	83,61
08. 01. 2018	88,20	88,58	87,60	88,28	84,42	0,96	84,35	84,71	83,77
09. 01. 2018	88,65	88,73	87,86	88,22	84,37	0,96	84,78	84,85	84,02
10. 01. 2018	87,86	88,19	87,41	87,82	83,98	0,96	84,02	84,34	83,59
11. 01. 2018	88,13	88,13	87,24	88,08	84,23	0,96	84,28	84,28	83,43
12. 01. 2018	88,67	89,78	88,45	89,60	85,68	0,96	84,80	85,86	84,59

Všechny soubory s daty jsou uloženy ve složce „Data“ a jsou pojmenovány „ $Xa-b$ “, kde X je zkratka akciového titulu, a je počátek a b konec investičního období. U každého souboru s daty jsme provedli vizuální kontrolu správnosti cen tím, že jsme ceny vykreslili do grafu. Tímto způsobem sice nedokážeme odstranit všechny potenciální nedostatky, ale větší výkyvy v cenách lze v grafu snadno objevit. Vizuální kontrolou nebyla nalezena žádná chyba.

⁵ Podle Mattery (2015) se dnes společnost jmenuje Altria Group, Inc. (MO).

3 Simulace obchodování

V této kapitole budeme testovat úspěšnost technických indikátorů, popsaných v kapitole 1, v porovnání se strategií Buy-and-Hold (*B&H*), která jednoduše nakoupí na začátku testovaného období a prodá na konci. Zaměříme se především na indikátory *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, testování bude probíhat ve čtyřech různých obdobích, a to 1998–1999, 2002–2003, 2008–2009 a 2020–2021. Tato období považujeme za významnější propady indexu *S&P 500*. Začátek, resp. konec simulace bude náhodně zvolen 1–2 roky před, resp. po každém z propadů. Jedinou výjimkou bude konec simulace pro propad 2020–2021, jelikož nemáme k dispozici dostatečný počet dat. Konec simulace bude v tomto případě náhodně generován od konce propadu 12. 2. 2021 do 21. 4. 2021, kdy byly obchody simulovány. Pro každý propad bylo také vybráno 10 společností, jejichž akcie budou obchodovány.

Za účelem simulace obchodování byly v softwaru MATLAB R2018a vytvořeny funkce pro výpočet technických indikátorů a pro simulování obchodování. Program a všechny jeho funkce jsou stručně popsány v příloze. Program nejprve načte data společnosti a vypočte ceny upravené o dividendy (viz předchozí kapitola). Data jsou již stažena tak, aby délkou vyhovovala zvoleným testovacím obdobím. Poté program náhodně zvolí začátek a konec simulace a pro toto období postupně vypočte hodnoty pro každý z indikátorů, které následně budou dávat signály pro vstup a výstup z pozice. Jakmile dá indikátor signál k nákupu, pozice se otevře na upravené uzavírací ceně a čeká se, dokud indikátor nedá signál k prodeji, a poté se pozice uzavře opět na upravené uzavírací ceně a výsledky obchodu se uloží. V praxi je sice otevření a uzavření obchodu na uzavírací ceně nereálné, předpokládáme však, že když systém vyhodnotí signál pro nákup a nakoupí dané akcie např. 5 minut před uzavřením trhu, cena bude velice podobná uzavírací ceně. Nová pozice je vždy otevřena s celkovým kapitálem, takže v jednu chvíli může být otevřena pouze jedna pozice a na další signály k nákupu program nereaguje. Na konci testovaného období je obchodování ukončeno a je-li v tuto dobu otevřená pozice, program ji ihned uzavře na uzavírací ceně daného dne. Nakonec jsou výsledky technických indikátorů a strategie Buy-and-Hold přepočteny podle délky testovaného období na roční zhodnocení.

Celkem bylo pro každou z vybraných společností provedeno 1000 simulací. Dle Marka a Čadkové (2020) je tento počet simulací dostačující pro získání stabilních výsledků. Bodově bychom mohli shrnout postup pro jednu simulaci následovně:

- Vygenerování začátku a konce investičního období ve stanoveném intervalu.
- Výpočet výsledku strategie *B&H*.
- Výpočet hodnot indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma.
- Obchodování pomocí indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma.
- Přepočtení výsledků na roční výnosnost.

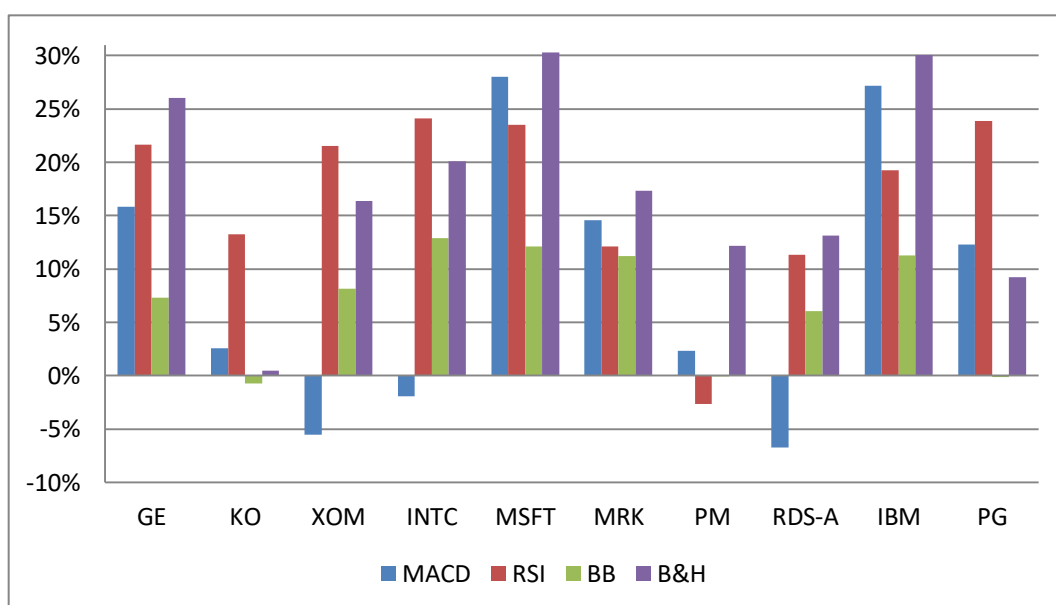
Výstupem každé simulace je počet ziskových obchodů, počet ztrátových obchodů, celkový počet obchodů, roční výnosnost pro každý z indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma a roční výnosnost strategie Buy-and-Hold.

Po dokončení všech simulací máme 1000 výsledků pro každý indikátor a strategii B&H a je z nich vypočten aritmetický průměr. Dále jsou vypočteny výsledky pro každý propad, kdybychom investovali do každé společnosti 1/10 kapitálu. V další části se na výsledky pro každý z propadů podíváme a porovnáme roční výnosy indikátorů a strategie Buy-and-Hold.

3.1 Výsledky obchodování v propadu 1998–1999

Výsledky obchodování v propadu 1998–1999 (počátek obchodování je v každé simulaci generován náhodně z období 26. 3. 1996–25. 3. 1997 a konec je opět generován náhodně z období 21. 12. 2000–28. 12. 2001) jsou nejprve zobrazeny na obrázku 7 pro každou společnost zvlášť. U každé společnosti jsou uvedeny průměrné roční výnosy všech testovaných indikátorů a Buy-and-Hold strategie. Společnosti obchodované v tomto propadu a jejich zkratky, pomocí kterých se na společnosti budeme dále odkazovat, jsou

- General Electric Company (GE),
- The Coca-Cola Company (KO),
- Exxon Mobil Corporation (XOM),
- Intel Corporation (INTC),
- Microsoft Corporation (MSFT),
- Merck & Co., Inc. (MRK),
- Philip Morris International Inc. (PM),
- Royal Dutch Shell plc (RDS-B),
- International Business Machines Corporation (IBM),
- The Procter & Gamble Company (PG).



Obrázek 7: Průměrné roční výnosy pro indikátory MACD, RSI a BB a strategii B&H. Výsledky jsou znázorněny pro každý z testovaných akciových titulů v propadu 1998–1999.

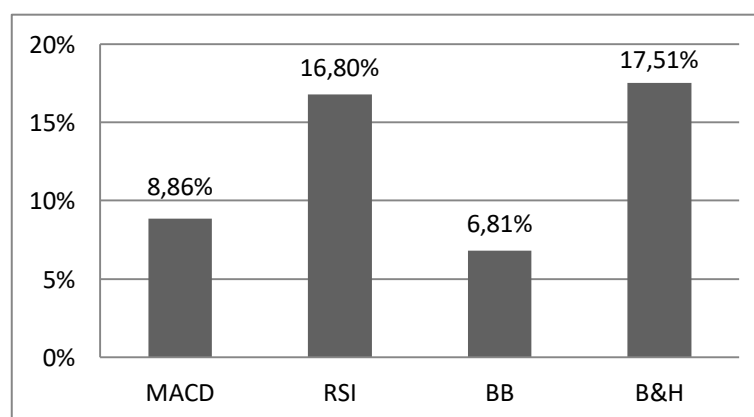
Jako první se podíváme na výsledky Buy-and-Hold strategie, se kterou poté budeme srovnávat výsledky indikátorů. Průměrný roční výnos strategie *B&H* se ani u jedné společnosti nedostal do záporných hodnot. U šesti společností bylo roční zhodnocení nad 15 % a u společností MSFT a IBM dokonce nad 30 %. Naopak nejnižší výsledek 0,45 % byl zaznamenán u společnosti KO.

Prvním testovaným indikátorem byl *MACD*. Průměrný roční výnos indikátoru *MACD* se dostal nad 10 % celkem u pěti obchodovaných akcií. U třech společností ovšem došlo ke ztrátě. Nejlepšího výsledku dosáhl *MACD* u společnosti MSFT, a to ročního zhodnocení 28,02 %. Naopak nejhorší výsledek zaznamenal u společnosti RDS-A, a tím byla roční ztráta 6,71 %. I přes relativně dobré výsledky byl indikátor *MACD* lepší než strategie *B&H* pouze ve dvou případech, a to u společností KO a PG.

Dále se podíváme na výsledky indikátoru *RSI*. Indikátor *RSI* dosáhl velice dobrých výsledků. U devíti z deseti testovaných akciových titulů dosáhl *RSI* ročního zhodnocení nad 10 % a u pěti z nich bylo roční zhodnocení dokonce přes 20 %. Pouze výsledek u společnosti PM dopadl špatně, roční ztrátou ve výši 2,64 %. V porovnání se strategií *B&H* si indikátor *RSI* vedl o něco lépe než *MACD* a dosáhl většího ročního zhodnocení u čtyř akciových titulů z deseti, a to u společností KO, XOM, INTC a PG.

Posledním testovaným indikátorem byla Bollingerova pásma. Výsledky indikátoru *BB* byly až na tři případy kladné. Roční zhodnocení vyšší než 10 % ovšem *BB* dosáhla pouze u čtyř akciových titulů. Nejvyššího ročního zhodnocení 12,9 % dosáhl indikátor *BB* u společnosti INTC a nejhorším výsledkem byla roční ztráta 0,74 % u společnosti KO. I přesto, že měl indikátor Bollingerova pásma u většiny společností zisky, nepodařilo se mu překonat roční zhodnocení strategie Buy-and-Hold ani u jedné z testovaných společností.

Při porovnání výsledků jednotlivých společností dosáhla nejlepších výsledků strategie *B&H*. Nyní se podíváme na průměrné roční zhodnocení, investovali bychom do každé společnosti 1/10 kapitálu. Na obrázku 8 jsou znázorněny průměrné roční výnosy indikátorů a strategie *B&H*. Hodnoty jsme obdrželi zprůměrováním výsledků společností v daném propadu. Všechny čtyři metody skončily s kladným ročním zhodnocením. Nejhoršího výsledku 6,81 %



Obrázek 8: Průměrné roční zhodnocení indikátorů MACD, RSI, BB a strategie B&H pro všechny společnosti testované v propadu 1998–1999.

dosáhl indikátor Bollingerova pásma a hned za ním s 8,86% ročním zhodnocením indikátor *MACD*. Roční výnosnost *RSI* byla 16,8 %, tedy skoro 2krát vyšší než výsledek předchozího indikátoru. *RSI* se tímto výsledkem velmi přiblížil ke strategii *B&H*, která dosáhla ročního zhodnocení 17,51 %. Rozdíl mezi těmito metodami je tedy přibližně 0,71 procentního bodu.

V tabulce 4 vidíme počet ztrátových a ziskových obchodů na simulaci, které jsme vypočetli jako aritmetický průměr výsledků všech simulací. Jejich součtem poté dostaneme celkový počet obchodů. Nejméně obchodů zaznamenal indikátor Bollingerova pásma. Z celkového počtu 14 obchodů jich ovšem bylo 10 ziskových a pouze 4 ztrátové. Indikátor *MACD* měl z celkového počtu 52 obchodů 32 ztrátových a pouze 20 ziskových. I přesto, že měl *MACD* více ztrátových, než ziskových obchodů, byl průměrný roční výnos kladný a dokonce vyšší než výnos *BB*. Indikátor *RSI* zaznamenal celkově 219 obchodů, což bylo přibližně 4krát více než indikátor *MACD*. Nadpoloviční většina obchodů navíc byla zisková, konkrétně 121 ziskových obchodů a pouze 98 ztrátových.

Tabulka 4: Průměrný počet ziskových, ztrátových a celkový počet obchodů na simulaci pro indikátory *MACD*, *RSI* a *BB* v propadu 1998–1999.

Počet obchodů	<i>MACD</i>	<i>RSI</i>	<i>BB</i>
Ziskové	20	121	10
Ztrátové	32	98	4
Celkem	52	219	14

3.2 Výsledky obchodování v propadu 2002–2003

V další části této kapitoly jsou porovnány výsledky technických indikátorů se strategií Buy-and-Hold získané simulací obchodování v období propadu 2002–2003 (počátek obchodování je v každé simulaci generován náhodně z období 28. 3. 2000–28. 3. 2001 a konec je opět generován náhodně z období 31. 12. 2004–30. 12. 2005). Nejprve, stejně jako v předchozí podkapitole, popíšeme výsledky pro jednotlivé akciové tituly. Akciové tituly obchodované v propadu 2002–2003 jsou

- General Electric Company (GE),
- Exxon Mobil Corporation (XOM),
- Pfizer Inc. (PFE),
- Citigroup Inc. (C),
- Cisco Systems, Inc. (CSCO),
- Walmart Inc. (WMT),
- Microsoft Corporation (MSFT),
- American International Group, Inc. (AIG),
- Merck & Co., Inc. (MRK),
- Intel Corporation (INTC).

Dále budeme používat pouze zkratky těchto společností. Průměrné roční výnosy jsou pro jednotlivé akciové tituly vykresleny na obrázku 9. U každého akciového titulu jsou uvedeny výsledky všech indikátorů a strategie Buy-and-Hold. Strategie *B&H* si v tomto propadu



Obrázek 9: Průměrné roční výnosy pro indikátory MACD, RSI a BB a strategii B&H. Výsledky jsou znázorněny pro každý z testovaných akciových titulů v propadu 2002–2003.

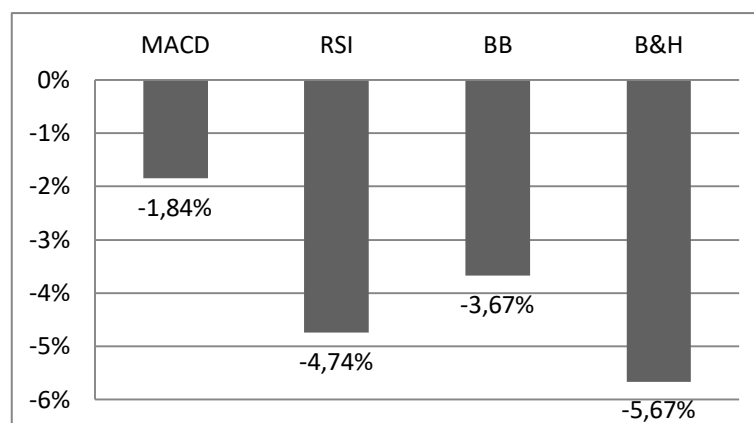
nevedla příliš dobře. Ze všech deseti společností pouze dvě měly kladný výsledek, a to společnost C s ročním zhodnocením 2,17 % a XOM s 9,72% ročním zhodnocením. Naopak nejhorší výsledek zaznamenala společnost CSCO, a to roční ztrátu 19,03 %.

Příliš dobře se nedařilo ani indikátorům. Indikátor *MACD* měl kladný průměrný roční výnos pouze u 4 akciových titulů, kdy největší roční zhodnocení 7,22 % zaznamenal u společnosti MSFT. Největší roční ztrátu 12,76 % zaznamenal indikátor *MACD* u společnosti PFE. Díky špatným výsledkům strategie *B&H* se podařilo indikátoru *MACD* dosáhnout lepších výsledků u 7 z 10 akciových titulů.

Ani indikátor *RSI* si nevedl dobře. Kladného průměrného ročního výnosu dosáhl pouze u tří společností, což je o jednu méně než indikátor *MACD*. U společností WMT, GE a MSFT došlo k více než 10% roční ztrátě. Naopak nejlepšího výsledku 3,74 % dosáhl indikátor *RSI* u společnosti CSCO. I přes hodně ztrát dokázal indikátor *RSI* (opět hlavně díky špatným výsledkům strategie *B&H*) překonat strategii *B&H* u šesti z deseti akciových titulů.

Nakonec jsme testovali indikátor Bollingerova pásma. Stejně jako indikátor *MACD* se Bollingerova pásma dostala do kladných hodnot u čtyř společností. Nejlepšího výsledku 7,38 % dosáhl indikátor *BB* u společnosti C. Mnohem horší ovšem byly ztráty. U společnosti CSCO došlo k roční ztrátě 17,88 % a u společnosti INTC dokonce k 20,05% roční ztrátě. I přes tyto vysoké roční ztráty měl indikátor *BB*, stejně jako indikátor *MACD*, lepší výsledky než strategie *B&H* u sedmi akciových titulů.

Celkové výsledky indikátorů a strategie Buy-and-Hold pro propad 2002–2003 (investovali bychom do každé společnosti 1/10 kapitálu) získáme pomocí aritmetického průměru výsledků jednotlivých akciových titulů. Výsledky jsou zobrazeny na obrázku 10. Ani jedna z metod obchodování nefungovala a všechny zaznamenaly záporný průměrný roční výnos.



Obrázek 10: Průměrné roční zhodnocení indikátorů MACD, RSI, BB a strategie B&H pro všechny společnosti testované v propadu 2002–2003.

Strategie *B&H* měla překvapivě největší roční ztrátu 5,67 %, a hned za ní indikátor *RSI* s roční ztrátou 4,74 %. V předchozím propadu dvě nejlepší metody se nyní umístily na posledních dvou příčkách. Hned za nimi skončil indikátor *BB* s 3,67% roční ztrátou. Nejlépe dopadl indikátor *MACD*, který měl roční ztrátu 1,84 %. Všem technickým indikátorům se v propadu 2002–2003 podařilo překonat strategii Buy-and-Hold.

Počet ziskových a ztrátových obchodů se u indikátorů *MACD* a *BB* od minulého propadu příliš nezměnil. Indikátor *MACD* 31 ztrátových a 17 ziskových obchodů a indikátor *BB* 6 ztrátových a 9 ziskových obchodů. Indikátor *RSI* měl v propadu 2002–2003 podobný počet ziskových obchodů jako v předchozím propadu, a to 113. Počet ztrátových obchodů se ale zvýšil na 117 a překonal tak počet ziskových obchodů. Počty ziskových a ztrátových obchodů jsou pro propad 2002–2003 zobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Průměrný počet ziskových, ztrátových a celkový počet obchodů na simulaci pro indikátory MACD, RSI a BB v propadu 2002–2003.

Počet obchodů	MACD	RSI	BB
Ziskové	17	113	9
Ztrátové	31	117	6
Celkem	48	230	15

3.3 Výsledky obchodování v propadu 2008–2009

V této podkapitole budou popsány výsledky obchodování v propadu 2008–2009 (počátek obchodování je v každé simulaci generován náhodně z období 29. 3. 2006–30. 3. 2007 a konec je opět generován náhodně z období 31. 12. 2010–30. 12. 2011). Společnosti obchodované v tomto propadu a jejich zkratky, pomocí kterých se na společnosti budeme dále odkazovat, jsou

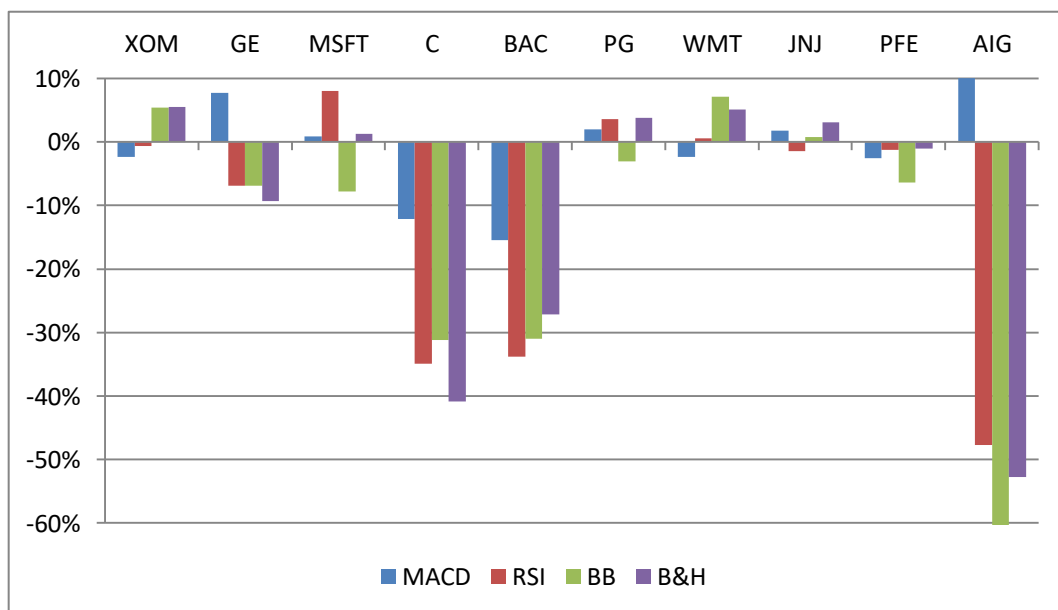
- Exxon Mobil Corporation (XOM),
- General Electric Company (GE),
- Microsoft Corporation (MSFT),
- Citigroup Inc. (C),

- Bank of America Corporation (BAC),
- The Procter & Gamble Company (PG),
- Walmart Inc. (WMT),
- Johnson & Johnson (JNJ),
- Pfizer Inc. (PFE),
- American International Group, Inc. (AIG).

Průměrné roční výnosy strategie Buy-and-Hold a indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma jsou pro jednotlivé společnosti zobrazeny na obrázku 11. Na první pohled je vidět, že indikátory i strategie *B&H* dosáhly u společností C, BAC a AIG velice špatných výsledků. Strategie *B&H* měla kladné výsledky u pěti akciových titulů, což je polovina testovaných společností. Nejlepších výsledků dosáhly společnosti WMT s průměrným ročním výnosem 5,12 % a XOM s 5,54 %. Ztrátových společností sice bylo stejně jako ziskových, roční ztráty ovšem dosahovaly vyšších hodnot než roční zisky. Společnost BAC zaznamenala roční ztrátu ve výši 27,14 %. Další byla společnost C s roční ztrátou 40,85 % a na poslední pozici se umístila společnost AIG s 52,78% roční ztrátou.

Indikátor *MACD* dosáhl, stejně jako strategie *B&H*, zisku u pěti akciových titulů. Největší ztráty nastaly u společností C, u které došlo k roční ztrátě 12,13 %, a BAC, u které došlo k roční ztrátě 15,48 %. Překvapivě nejlepšího výsledku 10,08 % dosáhl indikátor *MACD* u společnosti AIG, u které ale ostatní indikátory i strategie *B&H* měly výsledky nejhorší. Vyšší průměrný roční výnos, než strategie *B&H*, měl sice indikátor *MACD* pouze u čtyř z deseti testovaných společností, ale např. u společnosti AIG byl roční výnos indikátoru *MACD* o 62,88 procentních bodů vyšší než roční výnos strategie *B&H*.

O něco horších výsledků dosáhl indikátor *RSI*, který měl kladný průměrný roční výnos pouze u tří akciových titulů. Nejvyšší 8,03% roční zhodnocení zaznamenal *RSI* u společnosti MSFT.

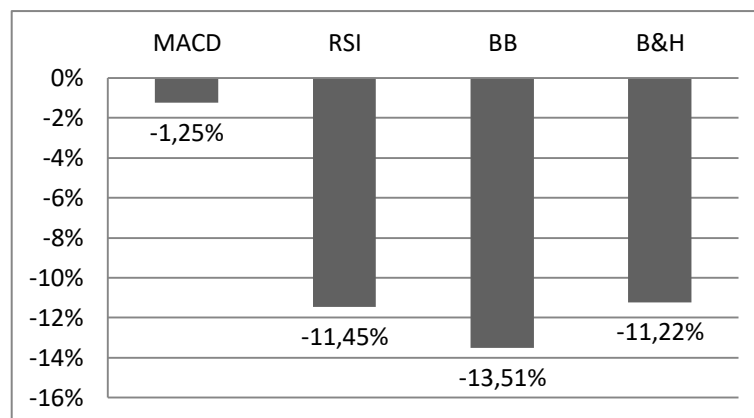


Obrázek 11: Průměrné roční výnosy pro indikátory *MACD*, *RSI* a *BB* a strategii *B&H*. Výsledky jsou znázorněny pro každý z testovaných akciových titulů v propadu 2008–2009.

Naopak u akciových titulů C, BAC a AIG zaznamenal indikátor *RSI*, podobně jako strategie *B&H*, roční ztráty postupně 34,88 %, 33,77 % a 47,69 %. I přes méně kladných ročních výnosů dokázal *RSI* překonat strategii *B&H* u čtyř společností stejně jako indikátor *MACD*.

Nakonec se podíváme na výsledky indikátoru Bollingerova pásma. Stejně jako indikátor *RSI* se Bollingerova pásma dostala do zisků pouze u tří akciových titulů. Nejlepšího výsledku 7,09 % dosáhla *BB* u společnosti WMT a opět, stejně jako u strategie *B&H*, největší roční ztráty byly 31,2 % u společnosti C, 30,99 % u společnosti BAC a 62,07 % u společnosti AIG, což byl také nejhorší dosažený výsledek celého obchodování.

Celkové výsledky propadu 2008–2009 jsou pro indikátory *MACD*, *RSI* a *BB* a pro strategii *B&H* zobrazeny na obrázku 12. Již při porovnávání výsledků jednotlivých akciových titulů byly očividné velké ztráty a průměrné výsledky propadu 2008–2009 (investovali bychom 1/10 kapitálu do každé z 10 společností obchodovaných v tomto propadu), vypočítané aritmetickým průměrem výsledků jednotlivých společností, vyšly všechny záporné. Největší roční ztráty 13,51 % dosáhla Bollingerova pásma. O přibližně dva procentní body lepší byly indikátor *RSI* a strategie *B&H*, které dosáhly roční ztráty postupně 11,45 % a 11,22 %. Nejlepší průměrný roční výnos měl indikátor *MACD*, který dosáhl roční ztráty 1,25 %. *MACD* jako jediný z indikátorů překonal strategii *B&H* a to o necelých 10 procentních bodech.



Obrázek 12: Průměrné roční zhodnocení indikátorů *MACD*, *RSI*, *BB* a strategie *B&H* pro všechny společnosti testované v propadu 2008–2009.

Počet ziskových a ztrátových obchodů se opět od minulých propadů příliš nezměnil. Počty obchodů jednotlivých indikátorů jsou zobrazeny v tabulce 6. Indikátor *MACD* má skoro dvakrát více ztrátových, než ziskových obchodů. Ztrátových je 32 a ziskových 17. Nejvíce obchodů měl opět indikátor *RSI* a to 213. Počet ziskových a ztrátových obchodů byl přibližně stejný. Naopak nejméně obchodů zaznamenala Bollingerova pásma, kde z celkového počtu 12 obchodů bylo 7 ziskových a 5 ztrátových.

Tabulka 6: Průměrný počet ziskových/ztrátových obchodů na simulaci pro indikátory *MACD*, *RSI* a *BB* v propadu 2008–2009.

Počet obchodů	MACD	RSI	BB
Ziskové	17	107	7
Ztrátové	32	106	5
Celkem	49	213	12

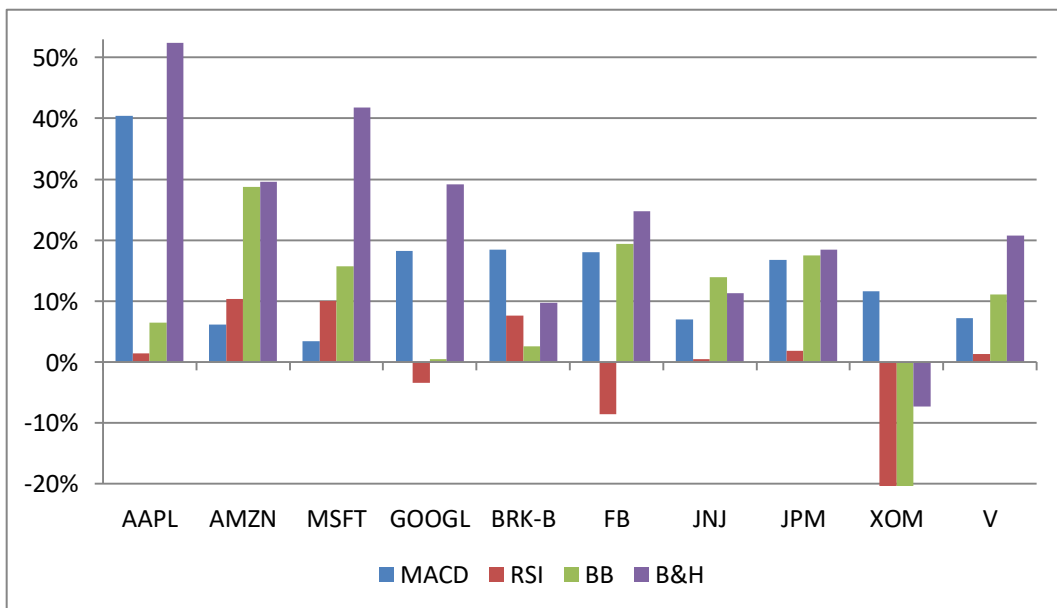
3.4 Výsledky obchodování v propadu 2020–2021

V další části kapitoly se podíváme na výsledky obchodování v propadu 2020–2021 (počátek obchodování je v každé simulaci generován náhodně z období 28. 3. 2018–29. 3. 2019 a konec je opět generován náhodně z období 8. 2. 2021–21. 4. 2021). Akciové tituly obchodované v propadu 2020–2021 jsou

- Apple Inc. (AAPL),
- Amazon.com, Inc. (AMZN),
- Microsoft Corporation (MSFT),
- Alphabet Inc. (GOOGL),
- Berkshire Hathaway Inc. (BRK-B),
- Facebook, Inc. (FB),
- Johnson & Johnson (JNJ),
- JPMorgan Chase & Co. (JPM),
- Exxon Mobil Corporation (XOM),
- Visa Inc. (V).

Dále budeme používat pouze zkratky těchto společností. Průměrné roční výnosy pro jednotlivé společnosti jsou zobrazeny na obrázku 13. Většina výsledků se pohybuje v kladných, a oproti ostatním propadům vysokých hodnotách. Strategie Buy-and-Hold byla zisková u devíti z deseti společností a navíc šest z těchto výsledků bylo nad 20 %. Nejvyšší průměrný roční výnos 52,41 % zaznamenala strategie *B&H* u společnosti AAPL a bylo to také největší roční zhodnocení ze všech výsledků testování. Jedinou roční ztrátu 7,28 % zaznamenala strategie *B&H* u společnosti XOM.

Průměrný roční výnos indikátoru *MACD* byl kladný u všech deseti testovaných akciových titulů. Nejmenšího ročního zhodnocení 3,37 % zaznamenal indikátor *MACD* u společnosti



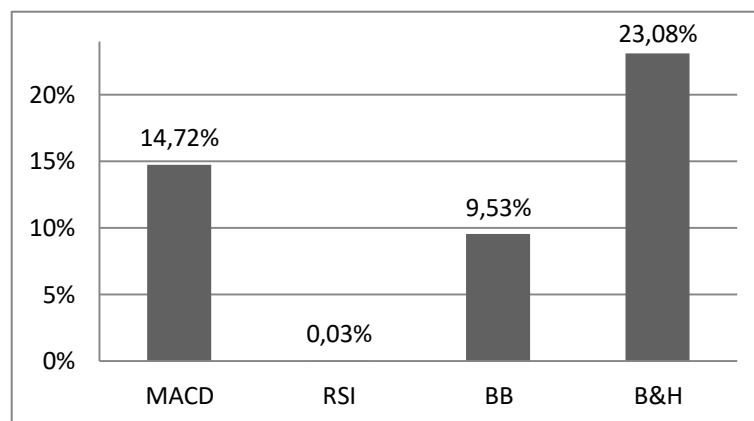
Obrázek 13: Průměrné roční výnosy pro indikátory MACD, RSI a BB a strategii B&H. Výsledky jsou znázorněny pro každý z testovaných akciových titulů v propadu 2020–2021.

MSFT. Nejlepšího výsledku *MACD* dosáhl u společnosti AAPL a tím bylo roční zhodnocení 40,41 %. Roční výnosy *MACD* ovšem nebyly tak vysoké jako roční výnosy strategie *B&H* a proto indikátor *MACD* strategií *B&H* překonal pouze u dvou společností z deseti.

Průměrné roční výnosy indikátoru *RSI* se dostaly do záporných čísel celkem u tří společností z deseti. Nejhorším výsledkem byla roční ztráta 20,60 % u společnosti XOM. Oproti ostatním indikátorům se roční výnosy *RSI* držely při zemi a stěží překonaly roční zhodnocení 10 %. Jedinou společností, u které se 10% hranice povedla překonat, byla společnost AMZN, u které došlo k ročnímu zhodnocení 10,34 %. Indikátoru *RSI* se nepodařilo překonat strategii *B&H* ani u jedné z testovaných společností.

Posledním testovaným byla Bollingerova pásma a dosáhla záporného průměrného ročního výnosu pouze u jedné společnosti. Byla to společnost XOM, u které došlo k roční ztrátě 20,76 %. Nejlepšího výsledku dosáhla Bollingerova pásma, stejně jako indikátor *RSI*, u společnosti AMZN. Bollingerova pásma ovšem u této společnosti dosáhla ročního zhodnocení 28,78 % a dostala se tímto výsledkem velice blízko strategie *B&H*, která měla roční zhodnocení 29,56 %. Překonat strategii *B&H* se ovšem indikátoru *BB* povedlo pouze jednou, a to u společnosti JNJ.

Na obrázku 14 jsou znázorněné celkové průměrné roční výnosy, které jsme získali zprůměrováním výnosů všech společností v propadu 2020–2021 (tj. 1/10 kapitálu je investována do každé společnosti). Strategie Buy-and-Hold dosáhla na průměrný roční výnos 23,08 %. Na druhém místě se s 14,72% ročním výnosem umístil indikátor *MACD* a za ním s ročním výnosem 9,53 % indikátor *BB*. Nejhorší roční výnos 0,03 % měl indikátor *RSI*. V propadu 2020–2021 tedy byly všechny metody ziskové.



Obrázek 14: Průměrné roční zhodnocení indikátorů *MACD*, *RSI*, *BB* a strategie *B&H* pro všechny společnosti testované v propadu 2020–2021.

Počet obchodů se pro jednotlivé indikátory v propadu 2020–2021 snížil a to hlavně kvůli kratšímu testovanému období (viz tabulka 7). Konec testovaného období byl kvůli nedostatku dat posunut a doba obchodování se tím zkrátila přibližně o rok a půl. Indikátor *MACD* zaznamenal celkem 25 obchodů (12 ziskových a 13 ztrátových), což je přibližně o polovinu méně než v ostatních propadech. Podobných výsledků dosáhl indikátor *RSI*,

který zaznamenal 60 ziskových a 52 ztrátových obchodů a celkový počet 112 se také od předchozích propadů snížil na polovinu. Podobně dopadla i Bollingerova pásma, která zaznamenala 5 ziskových a pouze 2 ztrátové obchody.

Tabulka 7: Průměrný počet ziskových, ztrátových a celkový počet obchodů na simulaci pro indikátory MACD, RSI a BB v propadu 2020–2021.

Počet obchodů	MACD	RSI	BB
Ziskové	12	60	5
Ztrátové	13	52	2
Celkem	25	112	7

3.5 Výsledky obchodování s MSES

Nad rámec zadání této práce byla také otestována ziskovost indikátorů s modifikovanou standardní strategií výstupu. Signály technických indikátorů budou sloužit pouze k otevření pozice a pro uzavření pozice bude využita modifikovaná standardní strategie výstupu (*MSES*) popsána v kapitole 1.3.3. Očekáváme, že touto změnou dojde ke zlepšení výnosů technických indikátorů.

Jak už bylo popsáno v kapitole 1.3.3, strategie *MSES* využívá jako signál pro výstup z pozice příkaz stop-loss a hodnota stop-lossu je aktualizována po každém obchodním dni. Program uzavírá obchod, jakmile uzavírací cena spadne pod stop-loss. Zde ovšem nastává první problém. Cena v nějaký předchozí den mohla spadnout pod stop-loss, ale uzavírací cena se dostala zpět nad stop-loss, tj. indikátor by „přehlédl“ tento signál. Dále zůstává otázkou, na jaké hodnotě obchod uzavřít. Nemůžeme totiž obchod jednoduše uzavřít na stop-lossu, protože se může stát, že se vytvoří mezera v ceně a cena by tak stop-loss přeskočila.

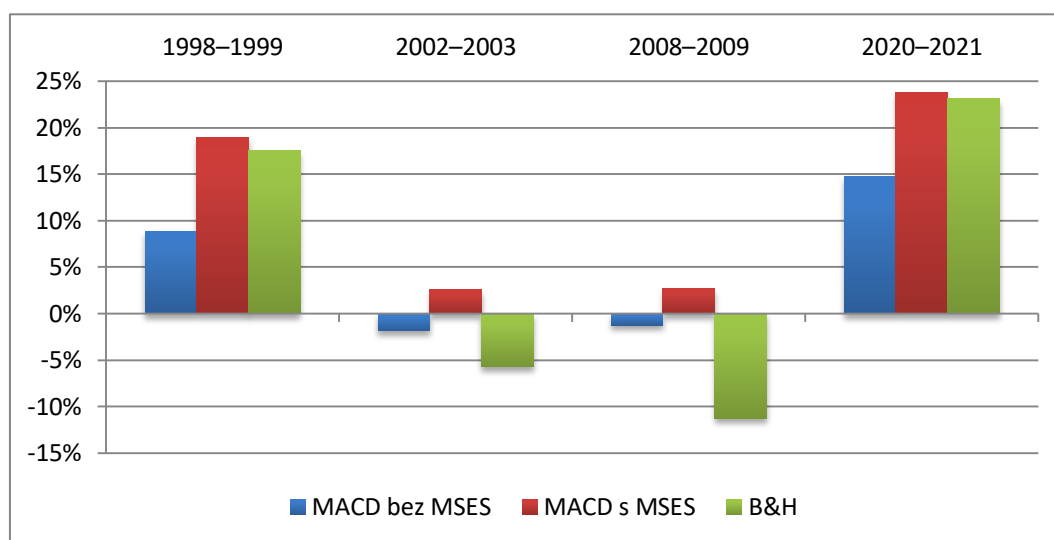
Mezera v ceně se nejčastěji objevuje, když je trh zavřený, a cena poté otevře na jiné úrovni, než je uzavírací cena předchozího obchodního dne. Výjimečně se mezery mohou tvořit i v průběhu obchodního dne vlivem extrémního rozporu nabídky a poptávky. Takové mezery se ovšem tvoří na trzích s malou likviditou. U největších společností indexu *S&P 500* je to tedy velice nepravděpodobné, neboť mají vysokou likviditu (ProtiDavu, 2020).

V programu jsme tedy ošetřili mezeru tvořenou mezi dvěma obchodními dny. V případě, že cena uzavře pod stop-lossem, zkontrolujeme otevírací cenu daného dne. Pokud i otevírací cena je pod stop-lossem, graf vytvořil mezeru a cena tak přeskočila stop-loss a obchod je v tomto případě uzavřen až na uzavírací ceně. Pokud se ovšem otevírací cena nachází nad stop-lossem a předpokládáme, že se během dne nevytvořila v grafu mezera, která by mohla stop-loss přeskočit, obchod je uzavřen na hodnotě stop-lossu. V případě, že cena neprotne stop-loss do deseti dnů (nastaveno hlavně pro případ, kdy se trh bude pohybovat do strany), obchod bude automaticky uzavřen na uzavírací ceně.

V další části se podíváme na výsledky indikátorů *MACD*, *RSI* a *BB* s využitím modifikované standardní strategie výstupu a porovnáme je s výsledky indikátorů *MACD*, *RSI* a *BB* bez využití strategie *MSES* a se strategií *B&H*.

3.5.1 Výsledky indikátoru *MACD* s *MSES*

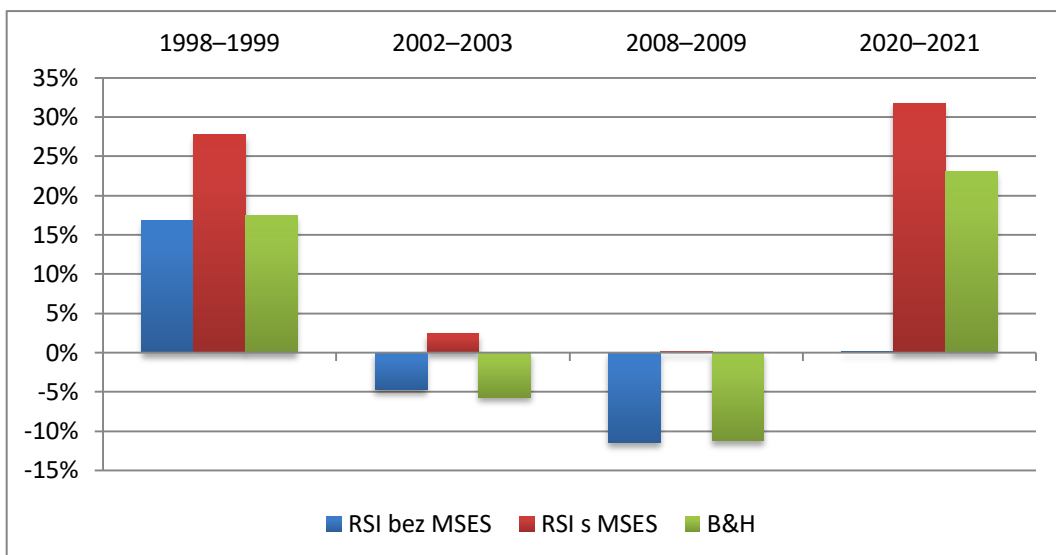
Výsledky indikátoru *MACD* s *MSES* jsou zobrazeny společně s výsledky indikátoru *MACD* bez *MSES* a strategie *B&H* na obrázku 15. Vidíme, že výsledky *MACD* s *MSES* byly ve všech propadech ziskové, a navíc překonaly jak *MACD* bez *MSES*, tak strategii *B&H*. *MACD* s *MSES* překonal v ročním výnosu *MACD* bez *MSES* v propadech 1998–1999 a 2020–2021 přibližně o deset procentních bodů a v propadech 2002–2003 a 2008–2009 přibližně o čtyři procentní body.



Obrázek 15: Výsledky indikátoru *MACD* s využitím *MSES*, *MACD* bez využití *MSES* a strategie *B&H* pro všechny testované propady.

3.5.2 Výsledky indikátoru *RSI* s *MSES*

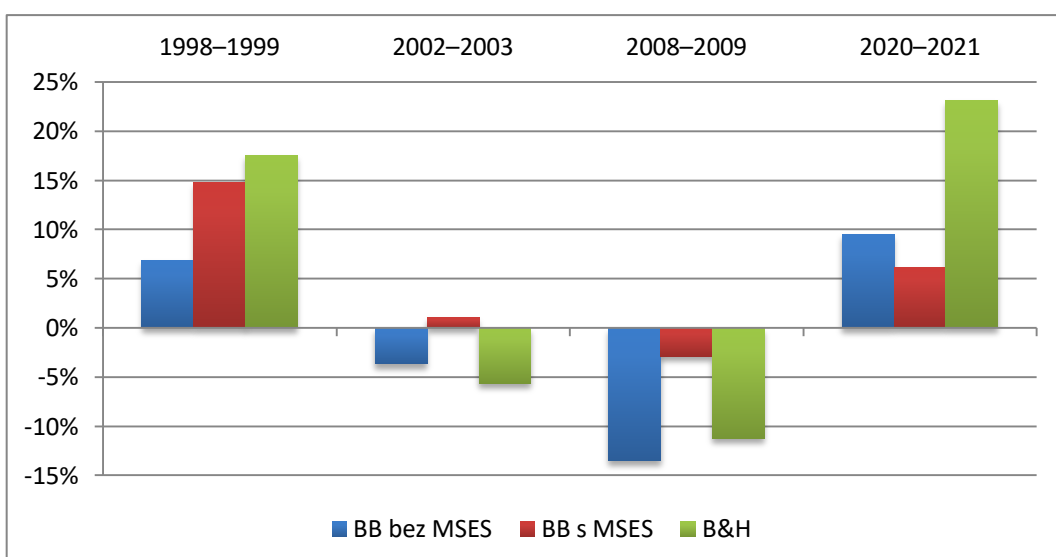
Průměrné roční výnosy indikátoru *RSI* se strategií výstupu *MSES* jsou společně s indikátorem *RSI* s *MSES* a strategií *B&H* zobrazeny na obrázku 16. Stejně jako u *MACD* se indikátor *RSI* s *MSES* ani v jednom propadu nedostal do záporných hodnot, a navíc překonal jak indikátor *RSI* bez *MSES*, tak strategii *B&H*. Největšího zlepšení 31,84 procentních bodů oproti *RSI* bez *MSES* dosáhl *RSI* s *MSES* v propadu 2020-2021.



Obrázek 16: Výsledky indikátoru RSI s využitím MSES, RSI bez využití MSES a strategie B&H pro všechny testované propady.

3.5.3 Výsledky indikátoru Bollingerova pásma s MSES

Výsledky indikátorů Bollingerova pásma s *MSES* jsou společně s výsledky *BB* bez *MSES* a strategie *B&H* zobrazeny na obrázku 17. Bollingerova pásma s *MSES* jako jediná nebyla ve všech propadech zisková. V propadu 2008–2009 došlo k roční ztrátě 2,87 %, i přesto byl výsledek lepší než strategie *B&H* a *BB* bez *MSES*. V ostatních propadech sice byla Bollingerova pásma s *MSES* zisková, ale v propadu 1998–1999 nepřekonala strategii *B&H* a v propadu 2020–2021 nepřekonala strategii *B&H* ani *BB* bez *MSES*.



Obrázek 17: Výsledky indikátoru BB s využitím MSES, BB bez využití MSES a strategie B&H pro všechny testované propady.

3.5.4 Rozšíření o krátké pozice

V dosavadním testování jsme předpokládali, že obchodník akcie pouze nakupoval. Při testování technických indikátorů s *MSES*, kdy k uzavírání obchodů nebyly využity signály indikátoru k prodeji, jsme do obchodování zahrnuli i krátké pozice (short selling), kdy investor očekává pokles kurzu akcie. V programu lze simulace rozšířit o otevírání krátkých pozic odkomentováním kódu vyznačeného v jednotlivých funkcích testujících technické indikátory. Funkce jsou stručně popsány v příloze. Přidáním krátkých pozic do obchodování došlo ke snížení průměrného ročního výnosu u většiny akciových titulů.

4 Diskuze

Výsledky z propadu 1998–1999, zobrazené na obrázku 8, a z propadu 2020–2021, zobrazené na obrázku 14, naznačují, že metoda s nejlepším ročním výnosem byla jednoduchá strategie Buy-and-Hold. To ovšem neplatí pro propady 2002–2003 a 2008–2009 (viz obrázky 10 a 12), kdy strategie *B&H* dosahovala oproti některým technickým indikátorům velice špatných výsledků. Při výběru testovaných období byla snaha o to, aby výběr příliš neovlivnil výsledky obchodování, proto byl začátek, resp. konec intervalu vybírán náhodně 1–2 roky před, resp. po propadu. Podíváme-li se ovšem na graf indexu *S&P 500* (viz obrázek 6), lze pozorovat, že špatné výsledky strategie *B&H* v propadech 2002–2003 a 2008–2009 mohou být způsobeny prudkým pádem indexu *S&P 500* a následným pozvolným zotavením. Například v propadu 2008–2009 se hodnota *S&P 500* dostala na své předchozí maximum až v průběhu roku 2013, což bylo přibližně 2 roky po konci našeho investičního období. Celkové výsledky tohoto propadu byly značně ovlivněny společnostmi C, BAC a AIG, které byly finanční krizí značně poškozeny a zaznamenaly největší cenové propady (viz obrázek 11). Cena akcie společnosti C z maximální ceny přibližně 450 USD klesla během obchodního období až pod hodnotu 50 USD, cena akcie BAC klesla z hodnot kolem 40 USD na pouhých 5 USD a největší propad zaznamenaly akcie společnosti AIG, které spadly z ceny blížící se 1000 USD přibližně na cenu 20 USD za akcii (viz soubory s daty jednotlivých akciových titulů). Naopak vynikajících výsledků dosahovala strategie *B&H* v propadech 1998–1999 a 2020–2021 a to díky rychlému zotavení z propadu ceny, kdy index *S&P 500* dosáhl svého předchozího maxima během několika měsíců a až na společnost XOM dosáhly všechny společnosti v obou propadech kladného ročního zhodnocení (viz obrázky 7 a 13). Nebýt ročních ztrát společností C, BAC a AIG by strategie *B&H* dosáhla v propadu 2008–2009 mnohem lepších výsledků, ale i tak byla strategie *B&H* nejlepší testovanou metodou ve dvou ze čtyř propadů.

Z celkových výsledků jednotlivých propadů zobrazených na obrázcích 8, 10, 12 a 14 lze vypožorovat, že strategie *MACD* překonala ostatní indikátory ve všech propadech, až na propad 1998–1999, kdy indikátor *RSI* dosáhl překvapivě vysokých výsledků a zaostal o méně než 1 procentní bod za strategií *B&H*. V ostatních propadech si ovšem indikátor *RSI* vedl špatně. Ani Bollingerova pásma nedosáhla dobrých výsledků a v propadech 1998–1999 a 2008–2009 byla dokonce ze všech metod nejhorší. Jediný indikátor, který může konkurovat strategii *B&H* je tedy indikátor *MACD*, který dosáhl nejlepších výsledků ve dvou propadech 2002–2003 a 2008–2009 a má tedy se strategií *B&H* shodný počet nejlepších výsledků. Testování technických indikátorů bylo provedeno se standardním nastavením parametrů. Optimalizace parametrů by mohla výnos indikátorů zlepšit. Na druhou stranu nebyly v práci zohledněny transakční náklady, čímž by výnosy technických indikátorů klesly. Nejvíce by transakční náklady snížily roční výnosnost indikátoru *RSI*, u kterého bylo ve většině propadů uskutečněno více než 200 obchodů.

Zajímavým pozorováním je, že při významných ročních ztrátách strategie *B&H* jsou většinou ve velké roční ztrátě i technické indikátory, jako například u společností C, BAC a AIG obchodované v propadu 2008–2009. Například u společnosti AIG najdeme propad ceny, kdy uzavírací cena 11. 9. 2008 byla 245,63 USD, další den 12. 9. 2008 se cena snížila na 169,91 USD a po víkendu, 15. 9. 2008 cena spadla až na 66,62 USD. Příčinou velkých ztrát technických indikátorů by mohl být právě rychlý propad cen a tedy i velké ztráty z obchodu uzavřeného po takovém propadu. Za účelem snížení ztrát jsme se do obchodů s technickými indikátory pokusili přidat sofistikovanější strategii výstupu *MSES*.

Tato strategie měla omezit ztráty a zvýšit tím celkové výnosy. Výsledky testování se strategií výstupu *MSES* pro indikátory *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma jsou zobrazeny postupně na obrázcích 15, 16 a 17. Přidáním strategie výstupu k indikátoru *MACD* zlepšilo průměrný roční výnos ve všech propadech, při čemž v propadech 1998–1999 a 2020–2021 došlo ke zlepšení přibližně o 10 procentních bodů. Indikátor *RSI* se přidáním strategie výstupu také ve všech propadech zlepšil, nejvíce však o 31,84 procentních bodů v propadu 2020–2021. Oba indikátory s tímto vylepšením překonaly ve všech propadech i strategii *B&H*. Bollingerova pásma se strategií výstupu dosáhla horších výsledků než ostatní indikátory a byla lepší než Bollingerova pásma bez této strategie pouze u dvou propadů. Výsledky naznačují, že při vytvoření obchodního systému by se výnosy mohly zvýšit. Testování technických indikátorů s vylepšenou strategií výstupu má ovšem v této práci stále prostor ke zlepšení. Signály k nákupu a prodeji byly generovány na základě upravených uzavíracích cen. V průběhu obchodního dne se ovšem mohlo stát, že cena klesla pod stop-loss a před uzavřením obchodního dne opět stoupla nad stop-loss a signál k prodeji by nebyl vygenerován. Pro odstranění tohoto nedostatku by se mohla kontrolovat i nejnižší dosažená cena obchodního dne, která by protnutí stop-lossu odhalila.

V práci jsme uvažovali, že běžný obchodník neobchoduje nakrátko (neshortuje). Nevýhodou obchodování na krátko je, že ztráty mohou být teoreticky neomezené, což po přidání krátkých pozic do obchodování v některých simulacích způsobilo pokles kapitálu až na nulu. Přidáním krátkých pozic do obchodování se výsledky u většiny akciových titulů zhoršily. Nevýhodou jsou také poplatky za shortování, které by způsobily další snížení výnosů.

Závěr

Tato práce se zabývala úspěšností technických indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma v době propadů na akciových trzích. Nejprve byly v kapitole 1 vybrané technické indikátory matematicky popsány a dále vysvětleno generování signálů k otevření, či uzavření pozice. Pomocí indexu *VIX* byly v kapitole 2 identifikovány závažnější propady indexu *S&P 500* a poté bylo pro každý z propadů vybráno 10 společností, na kterých se úspěšnost indikátorů testovala. V kapitole 3 bylo důkladně popsáno simulování obchodování počínaje náhodným výběrem investičního období, přes signály k nákupu a prodeji, až po výsledky technických indikátorů a strategie *B&H* v jednotlivých propadech. Všechny vybrané indikátory a simulace obchodování byly naprogramovány v softwaru MATLAB 2018a.

Z testovaných technických indikátorů dosáhl nejlepšího výsledku indikátor *MACD*, který se jako jediný dokázal rovnat se strategií Buy-and-Hold. Jak indikátor *MACD*, tak strategie *B&H* dosáhly nejvyššího průměrného ročního výnosu ve dvou ze čtyř testovaných propadů.

Navíc byly technické indikátory testovány s upravenou strategií pro výstup z pozice, která měla omezit ztráty a zvýšit tak výnosy indikátorů, což se povedlo. Indikátory *MACD* i *RSI* zvýšily průměrné roční výnosy a porazili strategii *B&H* ve všech propadech.

Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda je pro běžného obchodníka výhodnější obchodovat pomocí technických indikátorů nebo jednoduché strategie Buy-and-hold. Výzkum prokázal, že je indikátor *MACD* schopen se vyrovnat strategii *B&H*. Vezmeme-li však v úvahu, že do obchodování nebyly započteny transakční náklady, bylo by pro běžného obchodníka výhodnější použít strategii Buy-and-Hold. Výsledky testování technických indikátorů s upravenou strategií pro výstup nám ovšem daly námět na zlepšení roční výnosnosti kombinací více indikátorů a vytvořením obchodního systému.

Literatura a další zdroje

Edwards, R. D., Magee, J., & C., B. W. *Technical analysis of stock trends*. 10th ed. Boca Raton: Taylor & Francis, c2013. ISBN 9781439898185

ETF Database. *Visual history of The S&P 500*. [online]. Chicago: ETF Database, 2012 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://etfdb.com/history-of-the-s-and-p-500/>

Katz, J. O., & McCormick, D. L. (2000). *The encyclopedia of trading strategies*. McGraw-Hill, c2000. ISBN 0070580995.

Marek, P., Čadková, V., *Optimization and Testing of Money Flow Index*. 19Th Conference on Applied Mathematics: Aplimat 2020 proceedings: February 4-6, 2020, Bratislava, Slovak Republic.

Mitchell, C. (2021, March 31). *Short interest definition and uses*. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/s/shortinterest.asp>

Moran, M. T. & Liu, B. *The VIX index and volatility-based global indexes and trading instruments* [online]. Charlottesville: CFA Institute Research Foundation, 2020. ISBN 978-1-944960-95-7. Dostupné z: <https://www.cfainstitute.org/-/media/documents/article/rf-brief/rfbr-moran-vix-volatility.ashx>

Murphy, J. J. *Technical analysis of the financial markets: A comprehensive guide to trading methods and applications*. Paramus, NJ: New York Institute of Finance, 1999. ISBN 0-7352-0066-1.

ProtiDavu. (2020, May 8). *39. díl Seriálu technické analýzy – Cenové gapy a vše co o nich potřebujete vědět*. Finex.cz. Dostupné z: <https://finex.cz/technicka-analyza-cenove-gapy-a-vse-co-o-nich-potrebuje-vedet/>.

Řezáč, M. (2021). *Není kde utráct. Češi se vrhli na investování*. E15.cz. Dostupné z: <https://www.e15.cz/finexpert/investujeme/neni-kde-utracet-cesi-se-vrhli-na-investovani-1379998>.

S&P 500 Data (10/29/18). *S&P 500 Stock Data Download* [online]. 2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://stockstoexcel.com/>

Shirsat, B. (2009, March 14). *P/E ratio drops to FIVE-YEAR LOW*. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: https://www.business-standard.com/article/markets/p-e-ratio-drops-to-five-year-low-109031500027_1.html

Veselá, Jitka. *Analýzy trhu cenných papírů*. V Praze: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0506-1.

VIX index historical data [online]. [cit. 2021-4-13]. Dostupné z: <https://www2.cboe.com/products/vix-index-volatility/vix-options-and-futures/vix-index/vix-historical-data>

Yahoo! Finance [online]. [cit. 2021-05-4]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/>.

Příloha A

V této části je uveden seznam souborů nacházejících se na přiloženém CD a jejich stručný popis. Datové soubory a funkce jsou v práci použity k získání výsledků testování. Všechny funkce byly naprogramovány v softwaru MATLAB R2018a.

A.1 Data

Složka *Data* obsahuje soubory vytvořené v softwaru Excel 2010. Soubory jsou pojmenované „ $Xa-b$ “, kde X je název akciového titulu, a je počátek investičního období a b je konec investičního období. V souborech je pro každý obchodní den uvedeno datum, otevírací cena, nejvyšší cena dne, nejnižší cena dne, zavírací cena dne, zavírací cena dne upravená o dividendy, objem obchodů, upravená uzavírací cena o dividendy přizpůsobená pro práci v Excelu a graf upravených uzavíracích cen použitý pro vizuální kontrolu správnosti dat.

A.2 S&P 500 Index 2018.xlsx

Soubor obsahující seznam společností indexu *S&P 500* pro rok 2018. Dále je v souboru vytvořena tabulka s deseti největšími společnostmi, které jsou v práci použity. Soubor je vytvořen v softwaru Excel 2010.

A.3 vixarchive.xlsx

Soubor obsahující data indexu *S&P 500* od roku 1990–2003. Pro každý obchodní den je uvedeno datum, otevírací hodnota, nejvyšší hodnota dne, nejnižší hodnota dne a uzavírací hodnota. Soubor je vytvořen v softwaru Excel 2010.

A.4 vixcurrent.xlsx

Soubor obsahující data indexu *S&P 500* od roku 2004 do roku 2021. Pro každý obchodní den je uvedeno datum, otevírací hodnota, nejvyšší hodnota dne, nejnižší hodnota dne a uzavírací hodnota. Soubor je vytvořen v softwaru Excel 2010.

A.5 výsledky.xlsx

Soubor obsahující výsledky testování. Na prvním listu *VIX-propady* jsou popsány výsledky programu *propady_VIX.m*, což jsou období, kdy index *VIX* dosahoval vysokých hodnot. Na druhém listu *Akciové tituly* jsou vypsané společnosti vybrané pro každý z propadů. Na třetím listu *Výsledky obchodování* jsou vypsané a graficky znázorněné výsledky simulování obchodování s technickými indikátory. Na čtvrtém listu *Výsledky obchodování s MSES* jsou popsány a graficky zobrazeny výsledky simulování obchodování s technickými indikátory a strategií výstupu *MSES*.

A.6 propady_VIX.m

Program dokáže nalézt období, ve kterých se index *VIX* nacházel nad danou hodnotou (tato hodnota je dána proměnnou *hranice*). Program najde intervaly pro všechny hodnoty *hranice* v intervalu $\langle \textit{hranicezacatek}; \textit{hranicekonec} \rangle$. Proměnná *delka_intervalu* udává další kritérium pro výběr období a tím je minimální délka intervalu, ve kterém hodnota *VIX* neklesla pod hodnotu *hranice*. Program najde a vypíše výsledky pro všechny hodnoty *delka_intervalu* v intervalu $\langle \textit{delkazacatek}; \textit{delkakonec} \rangle$.

A.7 hlavni_program.m

Program postupně simuluje obchody pro každou společnost. U každé společnosti je provedeno 1000 simulací. Pro každou simulaci je náhodně zvoleno investiční období. V tomto investičním období se obchoduje pomocí strategie Buy-and-Hold, indikátorů *MACD*, *RSI* a Bollingerova pásma se strategií výstupu *MSES* a poté tyto indikátory bez strategie výstupu *MSES*. Z každé simulace program vyhodnotí počet ziskových obchodů, počet ztrátových obchodů a výsledek obchodování přepočtené na roční zhodnocení. Pro každou metodu je obdrženo 1000 výsledků, které jsou následně zprůměrovány. Program následně vypíše zprůměrované hodnoty pro každou společnost. Hodnoty jsou dále průměrovány pro každý z propadů a následně vypsány.

A.8 ziskat_data.m

Funkce načte data ze souboru daného akciového titulu umístěného ve složce *Data*, která je popsána výše. Funkce data upraví a dopočítá poměr mezi uzavírací cenou a upravenou uzavírací cenou a aplikuje tento poměr k získání upravených otevíracích cen, upravených nejvyšších cen dne a upravených nejnižších cen dne. Tato funkce je spuštěna programem *hlavni_program.m* pro každou společnost.

A.9 nahodne_obdobi.m

Funkce určená ke generování náhodného začátku a konce investičního období. Funkce je pro každou simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.10 kup_a_drz.m

Funkce určená k testování úspěšnosti strategie Buy-and-hold. Pro vygenerované investiční období funkce zjistí pro danou společnost výnosnost strategie *B&H* a následně ji přepočte na roční výnosnost. Funkce je pro každou simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.11 testovani_MACD.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru *MACD* se strategií výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru *MACD*, podle kterých poté určuje signály k nákupu. Dále je každý obchodní den vypočtena hodnota stop-lossu, která dává signály k výstupu z obchodu. Program pomocí vypočtených hodnot simuluje obchodování a zaznamenává ztrátové a ziskové obchody. Na konci simulace je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Program je schopen do obchodů zahrnout i otevírání krátkých pozic. Stačí v programu odkomentovat následující část.

```
if (MACD(j-1) > SL(j-1)) && (MACD(j) <= SL(j))
pozice=2;
otevreni_cena=data(j+start-1);
otevreni_cas=j+start-1;
uzavreni_cas=otevreni_cas+10;
stop_loss=vypocet_stop_loss(data,otevreni_cas,pozice);
end
```

Signál k prodeji nastane, pokud indikátor *MACD* protne signální linii směrem vzhůru. Proměnná *pozice* udává, zda je otevřena dlouhá pozice (*pozice* = 1), krátká pozice (*pozice* = 2), nebo není otevřena žádná pozice (*pozice* = 0). Dále je zaznamenána cena při otevření obchodu, čas otevření obchodu a je vypočten čas uzavření obchodu za 10 dní v případě, že není protnut stop-loss. Nakonec je pomocí funkce *vypocet_stop_loss.m* vypočtena hodnota stop-lossu. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.12 testovani_RSI.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru *RSI* se strategií výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru *RSI*, podle kterých poté určuje signály k nákupu. Dále je každý obchodní den vypočtena hodnota stop-lossu, která dává signály k výstupu z obchodu. Program pomocí vypočtených hodnot simuluje obchodování a zaznamenává ztrátové a ziskové obchody. Na konci simulace je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Program je schopen do obchodů zahrnout i otevírání krátkých pozic. Stačí odkomentovat část programu, podobně jako u funkce *testovani_MACD.m*. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.13 testovani_BB.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru Bollingerova pásma se strategií výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru Bollingerova pásma, podle kterých poté určuje signály k nákupu. Dále je každý obchodní den vypočtena hodnota stop-lossu, která dává signály k výstupu z obchodu. Program pomocí vypočtených hodnot simuluje obchodování a zaznamenává ztrátové a ziskové obchody. Na konci simulace je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Program je schopen do obchodů zahrnout

i otevírání krátkých pozic. Stačí odkomentovat část programu, podobně jako u funkce *testovani_MACD.m*. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.14 testovani_MACD_bez_MSES.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru *MACD* bez strategie výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru *MACD* a poté simuluje obchodování. Signál indikátoru *MACD* k nákupu vede k otevření pozice a signál k prodeji vede k uzavření pozice. Průběžně je zaznamenáván počet ziskových obchodů a počet ztrátových obchodů. Na konci je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.15 testovani_RSI_bez_MSES.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru *RSI* bez strategie výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru *RSI* a poté simuluje obchodování. Signál indikátoru *RSI* k nákupu vede k otevření pozice a signál k prodeji vede k uzavření pozice. Průběžně je zaznamenáván počet ziskových obchodů a počet ztrátových obchodů. Na konci je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.16 testovani_BB_bez_MSES.m

Funkce určená k testování úspěšnosti indikátoru Bollingerova pásma bez strategie výstupu *MSES*. Funkce nejprve vypočítá hodnoty indikátoru Bollingerova pásma a poté simuluje obchodování. Signál indikátoru *BB* k nákupu vede k otevření pozice a signál k prodeji vede k uzavření pozice. Průběžně je zaznamenáván počet ziskových obchodů a počet ztrátových obchodů. Na konci je výsledek indikátoru přepočten na roční výnosnost. Funkce je v každé simulaci spuštěna programem *hlavni_program.m* popsáním výše.

A.17 vypocet_EMA.m

Funkce určená k výpočtu exponenciálního klouzavého průměru. Funkce je použita při výpočtu indikátoru *MACD*.

A.18 vypocet_SMA.m

Funkce určená k výpočtu jednoduchého klouzavého průměru. Funkce je použita při výpočtu exponenciálního klouzavého průměru a indikátoru Bollingerova pásma.

A.19 prumerny_zisk.m

Funkce určená k výpočtu průměrného zisku za dané období. Funkce je použita při výpočtu indikátoru *RSI*.

A.20 prumerna_ztrata.m

Funkce určená k výpočtu průměrné ztráty za dané období. Funkce je využita při výpočtu indikátoru *RSI*.

A.21 vypocet_stop_loss.m

Funkce určená pro výpočet stop-lossu. Funkce nejprve vypočte hodnotu indikátoru *ATR*. V dlouhé pozici je stop-loss umístěn o dvě hodnoty *ATR* pod uzavírací cenu. V krátké pozici je stop-loss umístěn o dvě hodnoty *ATR* nad uzavírací cenou.

A.22 uzavreni_pozice.m

Funkce určená k výpočtu výsledku obchodu. Funkce je použita při každém uzavření obchodu.