

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 13: Ekonomika a řízení

Aplikace technické analýzy na akciový trh

Pavel Kletečka

Středočeský kraj

Říčany 2022

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 13: Ekonomika a řízení

Aplikace technické analýzy na akciový trh

Application of technical analysis to the stock market

Autoři: Pavel Kletečka

Škola: Gymnázium Říčany, Komenského nám. 1/1280, 251 01 Říčany

Kraj: Středočeský kraj

Konzultant: PhDr. Tamara Nováková, RNDr. Šárka Hudecová, Ph.D.

Říčany 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Říčanech dne

Pavel Kletečka

Poděkování

Děkuji vedoucí ročníkové práce PhDr. Tamaře Novákové za vedení této práce. Rád bych také poděkoval paní doktorce RNDr. Šárce Hudecové za odbornou pomoc při psaní této práce.

Anotace

Práce se zabývá indikátory technické analýzy a jejich aplikací na akciový trh v podobě obchodních strategií. V teoretické části práce jsou shrnuty nejznámější a nejpoužívanější indikátory technické analýzy a je popsáno základní fungování akciového trhu. Praktická část práce má za cíl otestovat různé obchodní strategie vytvořené z indikátorů popsanych v teoretické části, strategie budou poté porovnány na základě jejich profitability a rizikovosti. Nejefektivnější strategie poté budou porovnány s nejpoužívanějšími způsoby investování. Strategie jsou v práci testovány programem vytvořeným autorem speciálně pro účely této práce. Program je navržen tak, aby mohl být použit k dalšímu testování.

Klíčová slova

Indikátory technické analýzy; Investování; Obchodní strategie; Testování obchodních strategií; Testovací program

Annotation

The thesis deals with technical analysis indicators and their application to the stock market in the form of trading strategies. The thesis summarizes the most well known and most commonly used technical analysis indicators and the basic operation of the stock market. The thesis aims to test different strategies formed from these indicators and compare them according to their profitability and risk level. The most effective strategies will then be compared with the most commonly used investment methods. The strategies are tested with a program created by the author specifically for the purpose of this thesis. The program is designed to allow further testing.

Keywords

Technical analysis indicators; Investing; Trading strategies; Testing of trading strategies; Testing program

Obsah

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1 Úvod | 7 |
| 2 Teoretická část | 8 |
| 2.1 Akciový trh | 8 |
| 2.1.1 Akcie | 8 |
| 2.1.2 Burzovní trh | 8 |
| 2.2 Technická analýza | 8 |
| 2.3 Indikátory technické analýzy | 9 |
| 2.3.1 Klouzavé průměry | 10 |
| 2.3.2 MACD | 15 |
| 2.3.3 Bollingerova pásma | 16 |
| 2.3.4 OBV | 17 |
| 2.3.5 RSI | 18 |
| 2.3.6 Momentum | 19 |
| 2.3.7 Stochastik | 20 |
| 2.3.8 Williams %R | 22 |
| 2.4 Obchodní strategie | 23 |
| 2.4.1 Uzavření pozice | 24 |
| 3 Metodika práce | 26 |
| 3.1 Testovací program | 26 |
| 3.2 Vyhodnocení strategií | 27 |
| 3.3 Výběr testovacího vzorku | 27 |
| 3.4 Data | 30 |
| 3.5 Výběr srovnávacích druhů investic | 30 |
| 4 Praktická část | 32 |
| 4.1 Premisa | 32 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.2 | Tvorba testovacího programu | 33 |
| 4.2.1 | Data | 33 |
| 4.2.2 | Indikátory | 34 |
| 4.2.3 | Strategie | 35 |
| 4.2.4 | Testování | 36 |
| 4.2.5 | Vyhodnocení | 38 |
| 4.3 | Testování na datech a výsledky | 42 |
| 4.4 | Vyhodnocení výsledků | 43 |
| 4.4.1 | Porovnání výsledků testování s teorií | 43 |
| 4.4.2 | Výběr strategií pro testování na evaluačních datech | 46 |
| 4.5 | Porovnání výsledků se srovnávacími druhy investic | 50 |
| 5 | Závěr | 55 |
| 6 | Diskuze | 56 |
| 7 | Seznam zdrojů | 58 |
| 8 | Seznam obrázků a tabulek | 60 |
| 8.1 | Seznam obrázků | 60 |
| 8.2 | Seznam tabulek | 60 |
| 9 | Dodatky | 61 |
| 9.1 | Popis kódu práce | 61 |
| 9.1.1 | Nezařazené pomocné funkce | 61 |
| 9.1.2 | Databáze | 61 |
| 9.1.3 | Indikátory | 64 |
| 9.1.4 | Strategie | 68 |
| 9.1.5 | Testování | 69 |
| 9.1.6 | Vyhodnocení | 78 |

1 Úvod

Peníze hýbou světem. Finanční gramotnost je jedna z nejdůležitějších a nejpraktičtějších kompetencí, kterou by měl ovládat každý dospělí jedinec. Avšak podle průzkumu České bankovní asociace pro rok 2021 je index finanční gramotnosti 55 %, což je pokles o 6 % oproti předchozímu roku, 56 % dotazovaných viní školní vzdělávací systém [10]. Správné nakládání s penězi má velký dopad na život lidí a umožňuje jim větší finanční volnost. Ročně se díky inflaci znehodnocují uložené peníze a bez výnosnějšího investování, než umožňuje např. spořicí účet, ztrácí peníze zhruba 3% své hodnoty ročně. V krizových a pokrizových obdobích je inflace ještě vyšší a například v období po koronavirové epidemii vzrostla meziroční inflace v únoru roku 2022 na 11,1 %. Jedním ze způsobů zhodnocení vlastního kapitálu nebo udržení jeho hodnoty jsou investice, které jsou přístupné pro většinu lidí a ze kterých některé nevyžadují velký počáteční kapitál. Mezi základní druhy finančních investic patří akcie, kterými se tato práce bude zabývat.

Cena akcií je určena převážně nabídkou a poptávkou potkávající se na akciovém trhu. Investor, kterému se v tomto případě říká spekulant, tak profituje z rozdílu nákupní a prodejní ceny daných akcií. Akciový trh lze analyzovat pomocí metod technické analýzy, jež k analýze používají informace z akciového trhu. Tyto informace vyhodnocují tzv. indikátory, které slouží jako ukazatelé směru předpokládaného pohybu akcií. Spekulant využívá tyto indikátory ve formě obchodních strategií, které jsou z těchto indikátorů sestaveny. Obchodní strategie jsou návodem, který říká spekulantovi, kdy má danou akcii nakoupit nebo naopak kdy je vhodné akcie prodat. Každý spekulant má svou obchodní strategii, která mu připadá neoptimálnější a nejvíce mu vyhovuje. Správná volba strategie je esenciální pro správné zhodnocení investovaných peněz.

Obecně se pro většinu investic zjišťuje jejich výnosnost, rizikovitost a likvidita. Investor usiluje o maximální výnosnost s minimálním rizikem. Na akciovém trhu není likvidita zásadním hlediskem, protože akcie jsou obecně velmi likvidní. Strategie jsou tak hodnoceny primárně podle jejich výnosnosti a rizikovitosti. Pro většinu strategií platí, že pokud bude použita strategie záměrně výnosnější než průměr, tak bude i více riziková než průměrná strategie. Pro spekulanta tedy není náročné řídit se podle zvolené obchodní strategie, ale je pro něho náročné najít takovou strategii, která by vyhovovala jeho představám, co se výnosnosti týče, a zároveň nesla riziko, které je ochoten podstoupit.

Hlavním cílem této práce je popsat nejpůvodnější a nejpoužívanější indikátory technické analýzy, popsat postup tvorby obchodních strategií na základě popsaných indikátorů, otestovat a následně vyhodnotit různé kombinace strategií, popsat fungování programu vytvořeného přímo pro tuto práci a popsat i operaci s tímto programem. Práce obsahuje porovnání různých druhů investic s investováním na akciovém trhu podle strategií, které vzniknou jako produkt této práce.

2 Teoretická část

2.1 Akciový trh

2.1.1 Akcie

Akcie je označení pro cenný papír, který představuje podíl v akciové společnosti a nemá dobu splatnosti. Akcie emituje daná akciová společnost za účelem prodeje držitelům akcií – tzv. akcionářům. Ti mají podíl v dané akciové společnosti a jejich akcie jim dávají hlasovací právo na valné hromadě, přednostní právo na upsání nových akcií, právo na podíl z likvidace a možnost pobírat dividendy (peněžité plnění), pokud je dána akciová společnost vyplácí. Počet hlasů a výše dividend je úměrná počtu držených akcií daným akcionářem [1].

Každá akcie má svou vnitřní a tržní hodnotu. Vnitřní hodnota akcie je subjektivní imaginární hodnota akcie, která je nezávislá na tržním kurzu dané akcie na akciovém trhu [1]. Pro určení vnitřní hodnoty akcie používáme fundamentální analýzu, která zpracovává údaje jako jsou makroekonomické faktory (inlace, směnný kurz, politická situace v zemi, atd.) a mikroekonomické faktory (výše zisku, výnosy, náklady, zadluženost, atd.), riziko, likviditu, postavení konkurence a další faktory [2]. Tržní hodnota akcie je objektivní hodnota akcie, za kterou se daný cenný papír obchoduje na akciovém trhu. Jedná se o hodnotu, za kterou je obchodník ochoten akcii koupit či prodat v určitém čase [3].

2.1.2 Burzovní trh

Burzovní trhy jsou nedílnou součástí akciových trhů. Jedná se o sekundární veřejně organizované kapitálové trhy, na kterých se obchodují již emitované (vydané) akcie. Emitovat akcie může každá akciová společnost, která si chce zvýšit svůj kapitál jejich prodejem na trhu. Takové akcie jsou nabízeny akciovými společnostmi na primárních kapitálových trzích. Na burzovním trhu obchodují převážně spekulanti, kteří neprofitují převážně z dividend, ale chtějí profitovat z rozdílu prodejní a nákupní ceny akcií na burzovním trhu [4]. Pro burzu je důležitý pojem index. Jedná se o statistický údaj, který je ukazatelem vývoje daného akciového trhu [1].

2.2 Technická analýza

Murphy definuje technickou analýzu jako *“studium pohybu trhu, primárně za použití grafů, za účelem předvídání budoucí ceny trendu.”* [5]. Samotná technická analýza stojí na třech předpokladech. Nejvýznamnějším předpokladem je, že všechny vlivy (ekonomické, politické, fundamentální atd.), které by mohly ovlivňovat cenu akcie, jsou kurzem zobrazeny, a stačí tak k analýze trhu sledovat jen informace, které samotný trh poskytuje. Dalším předpokladem je představa, že se ceny pohybují v trendech. Můžeme tak určovat sílu tohoto trendu a jeho případnou změnu, což nám řekne, jaká bude budoucí cena akcie. Posledním předpokladem je tzv. fenomén opakující se historie. K analýze trhu je zde použito propojení s lidskou

psychologií, která má tendenci se opakovat, a díky tomu tak můžeme pozorovat obrazce, které byly v minulosti zaznamenány, a jejich hledáním v přítomnosti pak můžeme předpokládat podobné chování ceny [6].

2.3 Indikátory technické analýzy

Indikátory technické analýzy jsou nástroje, pomocí kterých můžeme určit vývoj ceny zvolené akcie. Indikátory jsou počítány za pomoci dat z trhu jako jsou otevírací, uzavírací, maximální a minimální cena akcie, dále také objem obchodovaných akcií.

Indikátory lze rozdělit podle jejich chování na trendové indikátory a oscilátory. Trendové indikátory zobrazují směr, sílu a případný obrat trendu. Oscilátory jsou používány spíše v netrendovém prostředí, pohybují se mezi dvěma hranicemi a překročení těchto hranic je bráno jako signál. Oscilátory se otáčejí dříve než cena a trendové indikátory až po ceně. I když všechny indikátory mají vlastní způsob, kterým generují signály k prodeji a nákupu, tak u většiny oscilátorů můžeme pozorovat tvorbu signálu sledováním divergence mezi cenou a hodnotou oscilátoru. V případě, že ceny i hodnoty oscilátoru vytvářejí nové opačné extrémy (cena se vyvíjí jistým směrem a hodnoty oscilátoru se vyvíjí opačným směrem), tak vzniká signál, který informuje o blížící se změně trendu [7].

Velmi důležitou informací pro obchodníka je citlivost zvoleného indikátoru. Citlivost je informace o schopnosti indikátoru reagovat na trh. Čím je indikátor citlivější, tím věrněji kopíruje chování trhu. Citlivost indikátoru je nastavena parametry daného indikátoru a jeho povahou. Čím je zvolena kratší délka období, tím je zvolený indikátor citlivější oproti delšímu období stejného indikátoru. Obecně můžeme říct, že čím nižší je hodnota zadaných parametrů, tím je indikátor více citlivý. Citlivost jednotlivých indikátorů se stejnou délkou období je obtížná kvůli různé povaze indikátorů. Většinou tak můžeme porovnávat citlivost indikátorů se stejnou délkou období jen v případě, že se oba porovnávané indikátory řadí do stejné skupiny (například klouzavé průměry).

Volba vhodně citlivého indikátoru je pro obchodníka klíčová. Citlivost indikátoru se liší pro krátkodobé a dlouhodobé investice. Pokud obchodník chce investovat krátkodobě (držet pozici v řádu dnů či týdnů) tak, aby měl sledovat spíše citlivější indikátory, jelikož právě ty budou ukazovat vhodné signály pro krátkodobé investice. V opačném případě, kdy chce obchodník investovat dlouhodobě (držet pozici v řádu měsíců či let), tak by měl volit méně citlivé indikátory, které poskytují informace o vývoji ceny z dlouhodobého hlediska. Podle Murphyho by však měl obchodník uvažovat o změně citlivosti indikátorů v případě, že se blíží změna trendu. V takovém případě by měl obchodník volit více citlivé indikátory [5].

Další důležitou volbou, která se pojí s délkou držení pozic, je volba typu tržních dat. Zde se nejedná o volbu tržních dat, které bude indikátor zpracovávat, ale o volbu základní časové jednotky na trhu. Základní časová jednotka určuje, jakou dobu se mají sbírat data pro jeden zápis dat. V praxi se nejvíce využívají denní a týdenní časová období, ta jsou vhodná pro krátkodobé investice. Pro dlouhodobé investice se také využívá týdenní časové období a pro

velmi dlouhodobé investice se využívá měsíční a ve výjimečných případech i roční časová období. Časové období může být i kratší než denní. Nejčastěji používané z těchto období je asi hodinové a čtyřhodinové období. Tato období jsou často používána pro takzvané denní obchodování, což je obchodování s otevřením i uzavřením pozice ve stejný den.

Obchodník tak může zásadně změnit citlivost používaných indikátorů i změnou používaného časového období pro data, které indikátor využívá. Zde platí, že čím kratší je používané časové období, tím citlivější bude indikátor, který tato data používá. Pro účely této práce je zvoleno denní časové období, což znamená, že jeden zápis tržních dat obsahuje informace od otevření až do uzavření burzy daný obchodní den.

2.3.1 Klouzavé průměry

Klouzavé průměry (MA) jsou nejpoužívanějšími trendovými indikátory a jsou určeny k vyhlazení rychle se měnících uzavíracích cen. V technické analýze existuje pět nejpoužívanějších typů klouzavých průměrů, které se liší ve své podstatě a matematickém výpočtu [7]. U všech klouzavých průměrů je výchozím myšlenkovým i matematickým bodem výpočet průměru uzavíracích cen dané akcie. Klouzavý průměr je opožděn za cenou a je většinou počítán pro dané časové období. Čím je období kratší, tím je více proměnlivé a citlivější vůči změně ceny [6].

Jednoduchý klouzavý průměr

Jednoduchý klouzavý průměr (SMA) je nejjednodušší a nejzákladnější z klouzavých průměrů. Jednoduchý klouzavý průměr se vypočítá pomocí následujícího vzorce (1)

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

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období.

Nevýhodou jednoduchého klouzavého průměru je, že je do výpočtu zařazena jen část dat a stará data mají stejnou váhu jako aktuální data, i když na cenu nemají tak velký vliv [6].

Vážený klouzavý průměr

Vážený klouzavý průměr (WMA) je podobný jako jednoduchý klouzavý průměr, který dává aktuálnějším datům větší váhu a podobá se tak více chování trhu. Vážený klouzavý průměr se vypočítá pomocí vzorce (2)

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

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období.

Vážený klouzavý průměr již řeší váhy u různě starých dat, avšak stále se jedná pouze o část dat [6]. Vážený klouzavý průměr nemusí uvažovat pouze lineární závislost vah. Existuje více způsobů rozdělení vah, zde se jedná o nejjednodušší a nejpoužívanější způsob.

Exponenciální klouzavý průměr

Exponenciální klouzavý průměr (EMA) je klouzavý průměr, který zhodnocuje data pomocí vyrovnávací konstanty α , která funguje podobně jako váha u váženého klouzavého průměru, a který počítá s daty i mimo pozorované období n . Výpočet exponenciálního průměru je složitější oproti jednoduchému a váženému klouzavému průměru. Nejprve je potřeba vypočítat vyrovnávací konstantu α podle vzorce (3)

$$\alpha = \frac{2}{n+1}, \quad (3)$$

kde

n je délka období.

Protože exponenciální klouzavý průměr se počítá z jeho předchozí hodnoty, musí být pro první výpočet určena původní hodnota, která je rovna hodnotě jednoduchého klouzavého průměru v daném čase (4)

$$EMA_{t-n}(n) = SMA_{t-n}(n), \quad (4)$$

kde

n je délka období.

Jako poslední krok výpočtu je výpočet nadcházejících hodnot exponenciálního klouzavého průměru podle vzorce (5)

$$EMA_t(n) = \alpha x_t + (1 - \alpha) \cdot EMA_{t-1}(n), \quad (5)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období,

α je vyrovnávací konstanta (váha),

$EMA_{t-1}(n)$ je předchozí hodnota exponenciálního klouzavého průměru.

Exponenciální klouzavý průměr nejpřesněji ze všech dosud uvedených klouzavých průměrů uhlazuje data z trhu [6]. Stejně jako u váženého klouzavého průměru je zde využit nejpoužívanější způsob vyjádření vyrovnávací konstanty. Tato vyrovnávací konstanta slouží jako váha, která exponenciálně klesá a u které existuje více způsobů jejího vyjádření.

Trojúhelníkový klouzavý průměr

Trojúhelníkový klouzavý průměr (TMA) je klouzavý průměr, který dvakrát vyhlazuje data a nejvyšší váhu dává datu uprostřed sledovaného období, váha klesá úměrně směrem ke krajům sledovaného období. Trojúhelníkový klouzavý průměr se počítá různě pro liché a sudé délky období.

Pro $n = 2k - 1$ (n je liché) se TMA vypočítá pomocí vzorce (6)

$$TMA_t(n) = \frac{1}{k^2} \cdot \left[\sum_{i=0}^{k-1} (i + 1) \cdot x_{t-i} + \sum_{i=0}^{k-2} (k - i - 1) \cdot x_{t-k-i} \right], \quad (6)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období,

k je zavedená proměnná závislá na n (Výpočet $k = \frac{n+1}{2}$).

Pro $n = 2k$ (n je sudé) se TMA vypočítá pomocí vzorce (7)

$$TMA_t(n) = \frac{1}{k \cdot (k+1)} \cdot \left[\sum_{i=0}^{k-1} (i+1) \cdot x_{t-i} + \sum_{i=0}^{k-1} (k-i) \cdot x_{t-k-i} \right], \quad (7)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období,

k je zavedená proměnná závislá na n (Výpočet $k = \frac{n}{2}$).

Trojúhelníkový klouzavý průměr díky dvojitému uhlazení dat je málo citlivý na změnu. Stejně jako jednoduchý a vážený klouzavý průměr, tak i trojúhelníkový klouzavý průměr nezahrnuje data mimo zkoumané období [7].

Proměnlivý klouzavý průměr

Proměnlivý klouzavý průměr (VMA) je klouzavý průměr, který přidává k exponenciálnímu klouzavému průměru druhou vyrovnávací konstantu zvanou volatility ratio φ_t . Výpočet proměnlivého klouzavého průměru je rozdělen na několik kroků. Prvně je nutné vypočítat φ_t pomocí vzorce (8)

$$\varphi_t(n) = \frac{VHF_t(n)}{VHF_{t-m}(n)}, \quad (8)$$

kde

n je délka období,

m je volitelný parametr,

$VHF_t(n)$ je hodnota indikátoru v čase t a s délkou období n počítaného podle vzorce (9)

$$VHF_t(n) = \frac{x_{max}(n) - x_{min}(n)}{\sum_{i=0}^{n-1} |x_{t-i} - x_{t-i-1}|}, \quad (9)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

$x_{max}(n)$ je nejvyšší uzavírací cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$,

$x_{min}(n)$ je nejnižší uzavírací cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$,

n je délka období.

Dále je potřeba vypočítat vyrovnávací konstantu α podle vzorce (10)

$$\alpha = \frac{2}{n+1}, \quad (10)$$

kde

n je délka období.

Protože proměnlivý klouzavý průměr se počítá z jeho minulé hodnoty, musí být určena jeho původní hodnota (11), která je rovna uzavírací ceně v daném čase

$$VMA_{t-n}(n) = x_{t-n}, \quad (11)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období.

Posledním krokem výpočtu je výpočet nadcházejících hodnot proměnlivého klouzavého průměru podle vzorce (12)

$$VMA_t(n) = \alpha \varphi_t x_t + (1 - \alpha \varphi_t) \cdot VMA_{t-1}, \quad (12)$$

kde

x_t je uzavírací cena v čase t ,

n je délka období,

α je první vyrovnávací konstanta (váha),

φ_t je druhá vyrovnávací konstanta (volatility ratio) v čase t ,

$VMA_{t-1}(n)$ je předchozí hodnota proměnlivého klouzavého průměru.

Proměnlivý klouzavý průměr zahrnuje všechna data a přiřazuje jim váhu na základě aktuálnosti a kolísavosti trhu. Proměnlivý klouzavý průměr obsahuje více parametrů, které nejsou pevně dány, avšak nejčastěji se používá $m = 12$ a délka období $n = 28$ [7].

Různé klouzavé průměry se dají využít na různých trzích. Při silné volatilitě na trendujícím trhu bude nejlépe fungovat proměnlivý klouzavý průměr. Pro určení dlouhodobého slabého trendu vysoce volatilního trhu lze využít trojúhelníkový klouzavý průměr [7]. Ostatní klouzavé průměry (SMA, WMA a EMA) se mohou použít na většině trhů, liší se však svou citlivostí [6].

Klouzavé průměry tvoří signály při protnutí dvou různě citlivých klouzavých průměrů. Citlivost klouzavého průměru můžeme upravit délkou období nebo změnou typu klouzavého průměru. Nákupní signál vzniká, když více citlivý klouzavý průměr protne zespoda méně citlivý klouzavý průměr. Naopak prodejní signál vzniká, když více citlivý klouzavý průměr protne ze shora méně citlivý klouzavý průměr. Místo více citlivého klouzavého průměru lze použít uzavírací ceny akcie [6]. Na myšlence protínání více klouzavých průměrů stojí známé obchodovací strategie jako například Zlatý kříž, Křížení tří klouzavých průměrů nebo indikátor MACD [11].

2.3.2 MACD

Indikátor MACD (zkratka pro Moving Average Convergence Divergence) je trendový indikátor, který je počítán jako rozdíl dvou klouzavých průměrů. Indikátor MACD sleduje vzájemný pohyb dvou klouzavých průměrů a jejich změnu. Aby indikátor MACD generoval signály, potřebuje signální linii, což je exponenciální klouzavý průměr hodnot indikátoru MACD. Hodnota indikátoru MACD se vypočítá pomocí vzorce (13)

$$MACD_t(k_1, k_2) = MA_t(k_2) - MA_t(k_1), \quad (13)$$

kde

$MA_t(k)$ je hodnota libovolného klouzavého průměru pro délku období k v čase t ,

k_1, k_2 jsou volitelný parametr délky období.

Signální linie se vypočítá pomocí vzorce (14)

$$SL_t(k_3) = MA_t(k_3), \quad (14)$$

kde

$MA_t(k_3)$ je hodnota libovolného klouzavého průměru pro hodnoty $MACD_t(n)$, pro délku období k_3 v čase t ,

k_3 je volitelný parametr délky období.

I když bude v práci použito MACD, které má všechny tři klouzavé průměry stejného typu, tak typy klouzavých průměrů nemusí být stejné. Jediné, co musí platit, je, že odečítáme méně

citlivý klouzavý průměr od více citlivého. Také není doporučeno používat trojúhelníkový klouzavý průměr kvůli velkému opoždění za cenou. Volitelné parametry k_1 , k_2 a k_3 mohou být jakékoliv, avšak musí platit, že $k_1 > k_2 > k_3$. Autorem tohoto indikátoru jsou doporučeny parametry $k_1 = 26$, $k_2 = 12$ a $k_3 = 9$ [6].

Indikátor MACD je trendový indikátor a tak se využívá na trendujících trzích. Oproti klouzavému průměru (až na TMA) má větší zpoždění a je tak nevhodný pro krátké spekulace [7].

Indikátor tvoří signály při protnutí indikátoru MACD a signální linie. Pokud je MACD záporný, tak při protnutí signální linie indikátorem MACD zespoda vzniká nákupní signál. Pokud indikátor MACD protne signální linii ze shora a indikátor MACD je kladný, tak se jedná o prodejní signál. Další signály jsou generovány při protnutí nulové hranice indikátorem MACD. Obdobně je zde protnutí zespoda nákupním signálem a protnutí ze shora signálem k prodeji. Tato metoda však může generovat více falešných signálů. Dalším, a asi i nejsilnějším, signálem, který MACD generuje, je divergence ceny a hodnoty MACD. Pokud ceny tvoří vyšší maxima a MACD tvoří nižší maxima (trend cen je rostoucí, zatímco trend MACD je klesající), tak se jedná o signál, že se trend otáčí směrem dolů (signál k prodeji). V opačném případě, kdy ceny tvoří nová nižší minima, ale MACD tvoří vyšší minima, se jedná opět o signál, že se trend otáčí, ale tentokrát směrem nahoru (signál k nákupu). Signály tvořené divergencí cen a hodnot MACD jsou dále rozděleny podle jejich síly. Toto dělení spočívá v tom, že se místo nových maxim (minim) tvoří dvojité vrcholy. Nejsilnější signály jsou při tvorbě nových extrémů, slabším signálem je, pokud cena tvoří dvojitý vrchol (případně dvojitě dno), a nejslabším signálem je, když dvojitý vrchol (případně dvojitě dno) tvoří hodnoty MACD [9].

2.3.3 Bollingerova pásma

Bollingerova pásma (BB) jsou pásma zobrazující volatilitu akcie pomocí dvou křivek kolem klouzavého průměru. Indikátor tedy tvoří rozmezí, ve kterém se cena pohybuje, výstup ceny mimo toto rozmezí značí přeprodání, nebo překoupený trh. Bollingerova pásma se vypočítají pomocí vzorce (15)

$$BB_t(n) = SMA_t(n) \pm m \cdot \sigma_t(n), \quad (15)$$

kde

n je délka období a

$SMA_t(n)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro délku období n v čase t a

m je volitelný parametr standardní odchylky a

$\sigma_t(n)$ je směrodatná odchylka v čase t pro délku období n počítaná podle vzorce (16)

$$\sigma_t(n) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=t-n+1}^t (x_i - SMA_t(n))^2}, \quad (16)$$

kde

n je délka období,

x_i je uzavírací cena v čase i ,

$SMA_t(n)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro délku období n v čase t [6].

V uvedeném výpočtu se Bollingerova pásma pohybují kolem jednoduchého klouzavého průměru, avšak mohou se pohybovat kolem jakéhokoliv klouzavého průměru. Hodnota volitelného parametru m závisí na délce období. Pro $n = 10$ se používá $m = 1,5$, pro $n = 20$ se používá $m = 2$ a pro $n = 50$ se používá $m = 2,5$ [12].

Bollingerova pásma lze použít na jakémkoliv trhu, jedná se o indikátor potvrzující signál jiného indikátoru. Mohou také díky zohlednění volatility určit nový nebo měnící se trend.

Bollingerova pásma signalizují přeprodání trhu (signál k nákupu), když se cena dostane pod spodní Bollingerovo pásmo. V opačném případě, vyšší ceny než je horní Bollingerovo pásmo, je trh překoupený (signál k prodeji). Šířka pásma může být signálem sama o sobě, při vzniku úzkého rozmezí se očekává, že nastane silný trend (prvně se ale cena pohne opačným směrem než předpovídaný silný trend). Právě konec stávajícího trendu může být naznačen velmi širokým rozmezím. Pokud se cena dostane z rozmezí Bollingerových pásem a nevrátí se hned zpět, očekává se velmi silný trend směrem pohybu ceny akcie [12].

2.3.4 OBV

Bilance objemu (OBV) je nejpoužívanější objemový indikátor, který vyhodnocuje, jak výhodné je otevřít pozici, zavřít pozici nebo setrvat v ní. Indikátor stojí na myšlence dělení obchodníků na dva typy - smart money a general public. Indikátor sleduje, kdy na trh vstupují nebo z trhu vystupují profesionální tradeři, smart money. Ti jsou schopni předpovědět nový nebo končící trend dříve než běžný investor, general public. Bilance objemu se vypočítá podle vzorce (17)

$$OBV_t = OBV_{t-1} + v_t \frac{v_t - v_{t-1}}{|v_t - v_{t-1}|}, \quad (17)$$

kde

OBV_t je hodnota bilance objemu v čase t ,

v_t je objem obchodů za jedno časové období v čase t .

Pokud neexistuje předchozí hodnota bilance objemu, tak je počítáno s tím, že hodnota bilance objemu by byla nulová.

Bilance objemu se dá použít na všech trzích a jedná se o indikátor, který se mění dříve než cena. Je schopen říct, že dojde ke změně trendu, není však schopen určit, k jak velké změně dojde. Objemové indikátory často produkují falešné signály, je tedy potřeba je kombinovat s jinými indikátory.

Bilance objemu generuje signály na základě chování indikátoru vůči ceně (divergence). Pokud roste hodnota indikátoru a cena klesá, tak se jedná o signál k nákupu. Pokud roste cena akcie a hodnota indikátoru klesá, jedná se o signál k prodeji [7].

2.3.5 RSI

Index relativní síly (RSI) je oscilátor vyjadřující vnitřní sílu akcie a vytváří signály na základě překoupenosti nebo přeprodanosti trhu. Index relativní síly se počítá z relativní síly, což je podíl klouzavých průměrů zisku a ztrát za dané období. Prvně tedy vypočítáme klouzavé průměry ztrát a zisku podle vzorců (18, 19)

$$U_t(n) = MA_t(n), \quad (18)$$

$$D_t(n) = MA_t(n), \quad (19)$$

kde

n je délka období,

$MA_t(n)$ je hodnota libovolného klouzavého průměru pro hodnoty zisku ($U_t(n)$), nebo ztráty ($D_t(n)$), pro délku období n v čase t .

Z průměrného zisku a ztráty se počítá samotný index podle vzorce (20)

$$RSI_t(n) = 100 \cdot \frac{U_t(n)}{D_t(n) + U_t(n)}, \quad (20)$$

kde

n je délka období,

$U_t(n)$ je hodnota průměrného zisku v délce období n a v čase t ,

$D_t(n)$ je hodnota průměrné ztráty v délce období n a v čase t [6].

Index relativní síly byl původně vyvinut, aby nemusel zahrnovat dlouhé řady dat, které chybně ovlivňovaly výsledky jiných oscilátorů. Tato funkce se ztrácí, pokud se pro výpočet použije exponenciální nebo proměnlivý klouzavý průměr. Index relativní síly se dá použít na všech trzích, je nutné dobře nastavit délku období a signální hranice, jinak, jak již bylo uvedeno, oscilátor generuje velké množství signálů, které bývají falešné. Nejčastěji používaná jsou 14-ti, 12-ti a 9-ti denní časová období a signální hranice 70 a 30. Signální hranice se však mohou upravit podle situace a typu trhu, tak jako kdyby se cena měla pohybovat mezi hranicemi 95% času.

Index relativní síly osciluje kolem hodnoty 50, vychýlení ceny mimo pásmo určené signálními hranicemi poukazuje na pravděpodobnou změnu trendu. Nákupní signál vzniká, když hodnota indexu relativní síly překročí 50. Opačně prodejním signálem je pokles hodnoty indexu relativní síly pod 50. Index relativní síly je také schopen zaznamenat nadcházející změnu trendu. Ta nastane, když se index relativní síly nachází mimo pásmo určené signálními hranicemi a změní svůj pohyb. Pokud se index relativní síly nachází pod spodní hranicí a jeho hodnota začne stoupat, značí to možnou změnu na rostoucí trend a tím signál k nákupu. Opačná změna do klesajícího trendu může nastat, když se index relativní síly nachází nad horní hranicí a jeho hodnota začne klesat, tím vzniká prodejní signál. Pokud vzniká divergence mezi vývojem cen a hodnot RSI, tak se jedná o signál, že se brzy změní trend [7].

2.3.6 Momentum

Momentum se řadí mezi vedoucí oscilátory, které předpovídají trend. Poskytuje informace o rychlosti, směru a případné změně trendu. Momentum stojí na myšlence, že trend je nejintenzivnější na začátku a postupně slábne. Proto tento oscilátor porovnává aktuální cenu s cenou před určitou dobou. Absolutní momentum vypočítáme podle vzorce (21)

$$AM_t(n) = x_t - x_{t-n}, \quad (21)$$

kde

n je délka období,

x_t je uzavírací cena v čase t .

Momentum nemusí vysílat vždy správné signály, kvůli své jednoduché konstrukci založené pouze na dvou cenách. Je také náchylné na náhlou změnu vyvolanou fundamentálními jevy, v té chvíli pouze následuje cenu a nepředpovídá tak budoucí vývoj trendu.

Momentum je možné použít na všech trzích, kde nám určí, zda je na daném trhu trend či nikoliv. Délku období je možné zvolit libovolnou, doporučené je použít hodnotu z rozmezí 5 až 25 s tím, že nejpoužívanější je hodnota 10. Platí, že čím delší období, tím je oscilátor vyrovnanější a produkuje méně signálu.

Momentum generuje signály o vývoji trendu dvojitým způsobem. Prvním způsobem je pozorování jen samotného oscilátoru a jeho pohybů. Pokud hodnota oscilátoru roste, může to znamenat počínající rostoucí trend. V případě, že je hodnota oscilátoru kladná a roste, jedná se o silný rostoucí trend. Pokud hodnota oscilátoru klesá, může se jednat o počátek klesajícího trendu. V případě, že je hodnota oscilátoru záporná a klesá, tak se jedná o silný klesající trend. Pokud se směr oscilátoru náhle změní a prudce se blíží nulové hranici, značí to možnost změny trendu. Pokud se hodnota oscilátoru pohybuje nejednoznačně kolem nulové hranice, značí to trh bez jasného trendu. Z toho nám vychází signály, které vznikají, když oscilátor protne nulovou hranici (pokud zespodu, jedná se o nákupní signál, pokud ze shora, tak se jedná o prodejní signál), a jsou tím silnější, čím prudší je směr vývoje hodnot oscilátoru. Dalším způsobem je pozorování divergence mezi cenou a oscilátorem. Prodejní signál vzniká, když cena stále roste, avšak oscilátor klesá, a naopak nákupní signál vzniká, když cena klesá a oscilátor i přes to roste. Dále jde určit rychlost změny hodnot oscilátoru s tím, že změna trendu by měla nastat, když se absolutní hodnota rychlosti změny hodnot oscilátoru dostane na maximum a začne klesat. Momentum také může určit přeprodaný a překoupený trh, avšak na rozdíl od indexu relativní síly se musí signální hranice přizpůsobovat trhu tak, aby 95% času byl oscilátor v rozmezí mezi těmito hranicemi [7].

2.3.7 Stochastik

Indikátor Stochastik je oscilátor, který je postaven na myšlence, že v trendujícím trhu se uzavírací ceny přibližují v rostoucím trendu denním maximum a v klesajícím trendu denním minimum. Stochastik tak sleduje vztah uzavírací ceny vůči rozpětí high-low (rozpětí maximální a minimální ceny za určité období). Stochastik se skládá z rychlé a pomalé křivky, rozlišujeme dva druhy Stochastiku: rychlý a pomalý. Rychlá křivka rychlého Stochastiku se vypočítá pomocí vzorce (22)

$$\%K_t(n) = 100 \cdot \frac{x_t - l_{min}(n)}{h_{max}(n) - l_{min}(n)}, \quad (22)$$

kde

n je délka období,

x_t je uzavírací cena v čase t ,

$h_{max}(n)$ je nejvyšší maximální cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$,

$l_{min}(n)$ je nejnižší minimální cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$.

Pomalá křivka pro rychlý Stochastik se pak vypočítá (23) jako jednoduchý klouzavý průměr hodnot rychlé křivky

$$\%D_t(m) = SMA_t(m), \quad (23)$$

kde

m je délka období,

$SMA_t(m)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty $\%K_t(n)$, pro délku období m v čase t .

Pomalý Stochastik je počítán obdobným způsobem, ale rychlou křivku nahradíme jejím libovolným klouzavým průměrem za určitou periodu a tím pádem pomalá křivka bude dvakrát uhlazená, bude počítána jako jednoduchý klouzavý průměr klouzavého průměru. Rychlá křivka pro pomalý Stochastik je počítána podle vzorce (24)

$$\%K_t^S(k) = MA_t(k), \quad (24)$$

kde

k je délka období,

$SMA_t(k)$ je hodnota libovolného klouzavého průměru pro hodnoty $\%K_t(n)$, pro délku období k v čase t .

A pomalá křivka pro pomalý Stochastik se pak vypočítá podle vzorce (25)

$$\%D_t^S(m) = SMA_t(m), \quad (25)$$

kde

m je délka období,

$SMA_t(m)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty $\%K_t^S(n)$, pro délku období m v čase t .

Pro oba druhy Stochastiku je dané rozmezí pro délky období. Pro délku období n jsou nejčastěji použity hodnoty mezi 5 a 12, pro délky hodnot m a k je nejčastěji použita hodnota 3. V takovém případě se stává pomalá křivka rychlého Stochastiku rychlou křivkou pomalého Stochastiku.

Stochastik je převážně určen pro použití na netrendujících trzích, protože v trendujících trzích se cena pohybuje pravidelně blízko svého maxima (rostoucí trend) nebo minima (klesající trend) a přesto nemění svůj směr. Pokud je Stochastik použit na trendujícím trhu, tak se doporučuje sledovat jen jeho nákupní signály při rostoucím trendu a analogicky jeho prodejní signály na trhu s klesajícím trendem.

Stochastik generuje mnoho různých signálů. Základním signálem je pohyb pomalé křivky mimo rozmezí hraničních hodnot. Nejčastěji jsou použity hraniční hodnoty 70 a 30, 75 a 25, nebo 80 a 20. Pokud se pomalá křivka dostane nad horní hranici, generuje oscilátor prodejní signál. Ten je také generován, když se opět pomalá křivka vrací pod tuto hranici. Stejně tak platí, že pokud pomalá křivka klesne pod dolní hranici, tak vzniká nákupní signál. A při návratu pomalé křivky nad spodní hranici vzniká také nákupní signál. Další signály vznikají při protnutí rychlé a pomalé křivky. Pokud pomalá křivka protne rychlou křivku zespoda, generuje to prodejní signál. V opačném případě protnutí pomalou křivkou ze shora generuje signál k nákupu. Stochastik může také potvrzovat krátkodobý trend a to tak, že se obě křivky pohybují stejným směrem jako trend. Posledním typem signálů jsou signály o změně trendu. V případě, že je rychlá křivka delší dobu "stálá" a náhle dojde k prudké změně, tak to může značit změnu trendu. Pokud indikátor tvoří úzké a nízké (mělká) vrcholy (dna), tak může nastat prudká změna trendu. Pokud indikátor naopak tvoří široké a vysoké (hluboká) vrcholy (dna), tak může nastat postupná změna trendu. K signálům informujících o změně trendu řadíme i divergenci mezi cenou a hodnotou pomalé křivky, kterou potvrzuje protnutí pomalé křivky rychlou křivkou ve směru budoucího vývoje trendu. Při obratu trendu na klesající (prodejní signál) jsou cenou tvořeny nové vyšší vrcholy a pomalá křivka tvoří nové nižší vrcholy s tím, že tento signál je potvrzen protnutím pomalé křivky rychlou křivkou shora. Obdobně je to pro změnu trendu na rostoucí, avšak zde jsou sledována nově se tvořící minima, která cena tvoří stále nižší a pomalá křivka stále vyšší. Potvrzením tohoto signálu k nákupu je protnutí pomalé křivky křivkou rychlou zespodu [7].

2.3.8 Williams %R

Williams %R (Wm%R) je oscilátor, který určuje směr trendu a umístění uzavírací ceny vůči rozpětí high-low podobně jako indikátor Stochastik. Hodnotu Williams %R vypočítáme podle vzorce (26)

$$Wm\%R_t(n) = 100 \cdot \frac{h_{max}(n) - x_t}{h_{max}(n) - l_{min}(n)}, \quad (26)$$

kde

n je délka období ,

x_t je uzavírací cena v čase t ,

$h_{max}(n)$ je nejvyšší maximální cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$,

$l_{min}(n)$ je nejnižší minimální cena v časovém rozmezí t až $t-n+1$.

Williams %R je možné aplikovat na jakýkoliv trh a v kombinaci s jinými indikátory je schopen potvrdit přeprodanost nebo překoupenost trhu. Doporučená délka období je 7 nebo 14 dní.

Williams %R osciluje kolem hodnoty 50 a jsou pro něj stěžejní referenční hodnoty 25 a 75, jejichž překročení značí určitý směr trendu. Pokud je rostoucí trend a více se nakupuje, bude se oscilátor pohybovat pod hodnotou 25 a bude se přibližovat 0. Přesným opakem je klesající trend, kdy se více prodává, v té chvíli se hodnota oscilátoru pohybuje nad hodnotou 75 a přibližují se hodnotě 100. Hlavní signál, který Williams %R generuje, je signál vznikající při návratu oscilátoru zpět do rozmezí mezi referenčními hodnotami. Pokud se oscilátor dostane nad hodnotu 75 a vrátí se zpět do rozmezí referenčních hodnot, jedná se o signál k prodeji, jelikož hrozí, že cena dosáhla svého tržního vrcholu. V opačném případě varuje oscilátor před dosažením nejnižší možné tržní ceny a dává tak signál k nákupu [8].

2.4 Obchodní strategie

Za obchodní strategii se považuje soubor činností vedoucích k naplnění obchodních cílů. Takováto strategie musí pro obchod na akciovém trhu splňovat dvě kritéria. Strategie musí obsahovat jasně definovaný okamžik, kdy otevřít pozici (nakoupit akcie) a jasně definovaný okamžik, kdy pozici uzavřít (prodat akcie).

Pro otevření pozice obchodník nejčastěji používá nákupní signály generované indikátory. Ty může různě kombinovat pro určení nejlepšího možného okamžiku pro vstup do pozice. Může také pomocí více indikátorů filtrovat falešné signály jiných indikátorů.

Podle Krutiny je však důležitější okamžik uzavření pozice, protože při promeškání nákupního signálu obchodník neriskuje ztrátu, avšak při promeškání prodejního signálu může promeškané uzavření pozice stát obchodníka jeho investovaný kapitál. Dobrá strategie pro uzavření pozice musí kontrolovat ztráty, nesmí přitom způsobit přílišnou ztrátu tím, že uzavře pozici předčasně. Pro hlídání poklesu ceny pod stanovenou hranici je určen příkaz stop-loss, který automaticky prodá akcie, pokud se dostanou na stanovenou hodnotu [6].

2.4.1 Uzavření pozice

Pro uzavření pozice může obchodník použít více způsobů generace signálů pro prodej. Tím základním by mohly být prodejní signály produkované indikátory. Některé indikátory ve své definici obsahují nastavení příkazů stop-loss a tak jejich nákupní signály obsahují částečně i signál k prodeji, avšak většina indikátorů generuje prodejní signály separovaně. Tyto signály stojí na myšlence, že podle daného indikátoru se má otočit trend, obchodník by měl uzavřít aktuální pozici. I přesto, že prodejní signály indikátorů obchodníkovi ve většině případů neuzavřou pozici příliš brzy, nekontrolují ztráty a nelze tak jejich prodejní signály brát jako směrodatné.

Řešení k problému s kontrolou ztrát přinesla Standardní strategie výstupu (SES), která vznikla pro testování různých strategií pro vstup do obchodu. Standardní strategie výstupu sice kontroluje, co se děje s investicí obchodníka, vůbec se ale neadaptuje na aktuální trh a od vstupu do pozice je předem určeno, kdy, nebo při jaké ztrátě či zisku má uzavřít obchodníkovu pozici.

Tyto nedostatky odstranila modifikovaná Standardní strategie výstupu (MSES), která počítá novou hodnotu pro uzavření pozice pro každé nové časové období. Hodnota příkazu stop-loss se pro další časové období vypočítá podle vzorce (27)

$$SL_{t+1}(n) = x_t - m \cdot ATR_t(n), \quad (27)$$

kde

n je délka období,

x_t je uzavírací cena v čase t ,

m je volitelný parametr,

$ATR_t(n)$ je hodnota indikátoru Average True Range v čase t pro délku období n počítaného podle vzorce (28)

$$ATR_t(n) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=t-n+1}^t \max[(h_i - l_i); \text{abs}(h_i - x_{i-1}); \text{abs}(l_i - x_{i-1})], \quad (28)$$

kde

n je délka období,

$\max[\dots]$ je funkce, jejíž hodnota se rovná hodnotě prvku s nejvyšší hodnotou,

$\text{abs}(\dots)$ je absolutní hodnotou čísla v závorce,

x_{i-1} je uzavírací cena v čase $i - 1$,

h_i je maximální cena v čase i ,

l_i je minimální cena v čase i .

Příkaz stop-loss je nejčastěji zadáván pro délku období $n = 50$ s volitelným parametrem $m = 2$ a je časově omezen tak, že generuje prodejní signál, pokud se hodnota příkazu stop-loss nemění po dobu 10 dní. Hodnota příkazu stop-loss se v této strategii mění pouze, pokud hodnota příkazu roste a tím roste i potenciální zisk. Pozice je automaticky uzavřena, pokud cena klesne na hodnotu příkazu stop-loss [6].

Každý obchodník může volit různé kombinace způsobů, jak bude pozici otevírat a uzavírat. Obchodík v tom případě hodnotí, jak dlouho chce pozici držet, jaké si přeje přibližné zhodnocení a jaké je ochoten nést riziko. Volba správné strategie je klíčová a každý obchodník by měl předtím, než začne investovat na akciovém trhu, znát své limity a jaké riziko je ochotný nést jak po finanční stránce, kolik svých prostředků je ochoten riskovat, tak i po psychické, do jaké míry bude snášet krajní situace na burze (například kolísání ceny, její strmý pád, nebo naopak nečekané zhodnocení jeho prostředků). Je však vhodné ve své strategii využívat stop-lossy právě kvůli možnosti strmého pádu ceny. Nastavení hranice takovýchto stop-lossů je však už na obchodníkově uvážení a právě jeho schopnosti nést riziko.

3 Metodika práce

V této části práce je popsán způsob, jakým je přistoupeno k psaní praktické části práce. Praktická část práce se zabývá tvorbou a testováním různých obchodních strategií tvořených indikátory popsanými v teoretické části. Aby práce produkovala směřodatné výsledky, je nejprve třeba objasnit, jak funguje tvořený testovací program, jak práce přistupuje k porovnání úspěšnosti strategie a jak je strategie porovnána s ostatními druhy investic. K tomu je třeba popsat objektivní výběr testovacích dat a jak je sběr těchto dat prováděn. V poslední části je popsán proces výběru vhodných porovnávacích druhů investic.

3.1 Testovací program

Testovací program je psán v jazyce C# a bude využívat k uchování dat relační databázi MySQL. Program je programován jako konzolová aplikace s premisou dalšího využití i mimo tuto práci. Přílohou této práce je textový soubor obsahující základní informace potřebné ke správnému nastavení databáze a programu tak, aby mohl program testovat libovolné strategie na libovolně zvolených investičních obdobích.

Do programu jsou naprogramovány všechny indikátory uvedené v této práci. Pro program je vytvořen unikátní zápis strategií tak, aby strategie mohla být sestavena z libovolného počtu různě kombinovaných indikátorů. Zápis strategie obsahuje dvě strany (otevírací a uzavírací), které fungují jako podmínkové segmenty (*if* segmenty) v programování. Jednotlivé strany (otevírací a uzavírací) produkují signál v případě, že je splněna podmínka sestavená z naprogramovaných indikátorů. Jednotlivé podmínky jsou vytvořeny jako nerovnice, kdy hodnoty těchto nerovnic tvoří hodnoty zvolených indikátorů v daný den. Jedna nerovnice je sestavena z porovnání dvou hodnot, avšak má možnost mít více nerovnic v jedné straně pomocí logických operací AND (průnik) a OR (sdružení).

Program také obsahuje možnost testování jednotlivých indikátorů s různými parametry, kdy není nutné vypisovat všechny různé kombinace, protože program obsahuje automatizovaný zápis jednotlivých indikátorů pro ulehčení zápisu velkého množství testovaných indikátorů. Toto automatické doplňování je možné i pro testování strategií.

Testované strategie jsou testovány na zvolených investičních obdobích, jako kdyby byla daná strategie aplikována na skutečný akciový trh. Testování indikátorů spočívá ve vytvoření seznamu ideálních pozic k otevření či uzavření pozice. Tento seznam nijak nezávisí na zvoleném indikátoru, ale závisí na zvoleném počtu lokálních extrémů pro dané časové období. Zvolený indikátor pak je testován tak, jak přesně otevírá a uzavírá pozice vůči zvolenému seznamu. Program také obsahuje naprogramované způsoby vyhodnocení testovaných strategií tak, aby bylo vyhodnocení objektivní.

Verze programu použitá pro testování strategií v této práci je poskytnuta s touto prací. Tento testovací program však může být dále aktualizován, protože je s touto prací poskytnut i zdrojový kód tohoto programu ve verzi, ve které je použit v této práci.

3.2 Vyhodnocení strategií

Prvně je otestována velká skupina strategií na testovacích datech. Výsledky všech těchto strategií jsou vyhodnoceny podle jednoho z vyhodnocovacích modelů (bude uvedeno dále v textu). Nejefektivnější strategie, strategie s co nejvyšším zhodnocením a co nejmenším rizikem, jsou poté aplikovány (testovány) na evaluačních datech. Tyto výsledky jsou opět vyhodnoceny podle jednoho z vyhodnocovacích modelů a následně jsou porovnány s vybranými druhy investic.

V práci jsou využity tři vyhodnocovací modely, které porovnávají výdělečnost a rizikovost jednotlivých strategií. Výsledné vyhodnocení je vždy uvedeno pro danou skupinu investičních období a jako ukazatel úspěšnosti strategie slouží součet těchto vyhodnocení pro všechny skupiny investičních období v dané databázi (buď testovací nebo evaluační). První model porovnává strategie na základě poměru průměrného zhodnocení a směrodatné odchylky, druhý model porovnává strategie na základě poměru průměrného zisku a absolutní odchylky a třetí model porovnává strategie na základě poměru průměrného zisku a variačního koeficientu (výpočty jsou uvedeny v praktické části).

3.3 Výběr testovacího vzorku

Všechny strategie je potřeba otestovat prvně na testovacích datech, na kterých je možné jednotlivé strategie upravovat v závislosti na výsledcích jejich testování (kombinace různých indikátorů, úprava parametrů). Je však nutné mít skupinu dat, která bude sloužit ke kontrolnímu testování (evaluaci) daných strategií. Na základě těchto výsledků by již neměly být strategie nijak upravovány. Dvojí testování slouží k tomu, aby strategie nebyly tzv. přetrénované, což znamená, že byly vytvořeny strategie přesně pro danou situaci (dané skupiny). Výsledky testování na evaluačních datech by měly být brány jako reálná aplikace zvolených strategií na akciový trh.

Pro dosažení rozmanitosti různých vývojů cen akcií jsou vytvořeny 4 skupiny testovacích období pro vybrané akcie (tři testovací 1-3 a 1 evaluační). První skupina (skupina A) je skupina období vybraných akcií s převážně rostoucím trendem, druhou skupinu (skupinu B) tvoří období akcií bez trendu, třetí skupinou (skupinou C) jsou období akcií s klesajícím trendem a poslední skupina (skupina D) obsahuje náhodně vybrané akcie v konkrétním časovém období. V každé z prvních tří skupin je 6 různých akcií s délkami období rok, tři roky a pět let. V poslední skupině je vybráno 33 náhodných akcií ze žebříčku Fortune 500 pro rok 2006 [17] a všechny takto vybrané akcie mají investiční období od začátku roku 2007 do začátku roku 2022. Důležité je také uvést, že všechna investiční období byla vybrána k datu 26.1.2022 a že náhodné vybírání bylo provedeno generátorem náhodných čísel. Pokud se akcie vybraná generátorem neobchodovala ve zvoleném investičním období po celou dobu, tak byl výběr prováděn znovu.

Pro každou skupinu je vytvořena tabulka. Dále v práci je použito označení daných investičních období, která jsou označena písmenem skupiny a číslem řádku, ve kterém se období nachází (příklad B3).

| A | Název společnosti (Symbol) | Délka období | Začátek období | Konec období |
|----------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Meta Platforms (FB) | 5 let | 11.3.2013 | 12.3.2018 |
| 2 | Microsoft (MSFT) | 5 let | 1.11.2012 | 1.11.2017 |
| 3 | T-Mobile US (TMUS) | 3 roky | 2.7.2018 | 1.7.2021 |
| 4 | Amazon.com (AMZN) | 3 roky | 3.12.2012 | 1.12.2015 |
| 5 | Johnson & Johnson (JNJ) | 1 rok | 1.11.2012 | 1.11.2013 |
| 6 | Walt Disney Company (DIS) | 1 rok | 3.9.2013 | 2.9.2014 |

Tab. 1: Tabulka investičních období skupiny A

| B | Název společnosti (Symbol) | Délka období | Začátek období | Konec období |
|----------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Tesla (TSLA) | 5 let | 1.11.2013 | 1.11.2018 |
| 2 | Intuitive (ISRG) | 5 let | 4.9.2012 | 1.9.2017 |
| 3 | Aehr Test Systems (AEHR) | 3 roky | 1.12.2017 | 1.12.2020 |
| 4 | Deere & Company (DE) | 3 roky | 1.11.2012 | 2.11.2015 |
| 5 | Akebia Therapeutics (AKBA) | 1 rok | 1.10.2020 | 1.10.2021 |
| 6 | Starbucks (SBUX) | 1 rok | 1.5.2017 | 1.5.2018 |

Tab. 2: Tabulka investičních období skupiny B

| C | Název společnosti (Symbol) | Délka období | Začátek období | Konec období |
|----------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | AT&T (T) | 5 let | 1.7.2016 | 1.7.2021 |
| 2 | International Business Machines (IBM) | 5 let | 1.3.2013 | 1.3.2018 |
| 3 | APA Corporation (APA) | 3 roky | 1.12.2016 | 2.12.2019 |
| 4 | Atossa Genetics (ATOS) | 3 roky | 1.4.2013 | 1.4.2016 |
| 5 | Chevron (CVX) | 1 rok | 1.8.2014 | 3.8.2015 |
| 6 | Philip Morris International (PM) | 1 rok | 1.6.2017 | 1.6.2018 |

Tab. 3: Tabulka investičních období skupiny C

| D | Název společnosti (Symbol) | Délka období | Začátek období | Konec období |
|----------|--|---------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Caterpillar (CAT) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 2 | Microsoft (MSFT) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 3 | McKesson Corporation (MCK) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 4 | ExxonMobil (XOM) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 5 | Goldman Sachs Group Inc. (GS) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 6 | Cisco Systems (CSCO) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 7 | Target Corporation (TGT) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 8 | Valero Energy Corporation (VLO) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 9 | JPMorgan Chase & Co. (JPM) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 10 | Marathon Oil Corporation (MRO) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 11 | Citigroup Inc. (C) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 12 | PepsiCo (PEP) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 13 | Morgan Stanley (MS) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 14 | Verizon Communications (VZ) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 15 | Ford Motor Company (F) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 16 | Hartford Financial Services Group Inc. (HIG) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 17 | Home Depot (HD) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 18 | The Walt Disney Company (DIS) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 19 | Altria Group (MO) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 20 | Tyson Foods, Inc. (TSN) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 21 | Hewlett-Packard (HPQ) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 22 | Ärcher Daniels Midland (ADM) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 23 | CVS Caremark (CVS) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 24 | Johnson Controls (JCI) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 25 | American Express (AXP) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |

| | | | | |
|----|---|--------|----------|----------|
| 26 | Walmart (WMT) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 27 | Best Buy (BBY) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 28 | Procter & Gamble (PG) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 29 | Weyerhaeuser (WY) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 30 | Costco (COST) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 31 | Waste Management, Inc. (WM) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 32 | Wells Fargo & Company (WFC) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |
| 33 | Transocean Energy Services International, L.P. (PA) | 15 let | 1.1.2007 | 1.1.2022 |

Tab. 4: Tabulka investičních období skupiny D

3.4 Data

Pro všechna vybraná období je nutné sbírat data, která se využijí při výpočtu hodnot indikátorů a následné generaci signálů. Jak bylo v kapitole 2.3 uvedeno, hodnoty indikátorů se mohou počítat z otevírací, zavírací, maximální a minimální ceny akcie a také z objemu obchodovaných akcií.

Původně program čerpal data z webové stránky marketstack.com. Z této stránky pochází testovací end-of-day data, což jsou data z jednoho obchodního dne. Avšak kvůli zpoplatnění přístupu k historickým datům, byl program během psaní práce vylepšen tak, aby byl schopen získat tržní data i bez placeného API. Pro získání evaluačních dat je tak v práci použita webová stránka Yahoo Finance, která poskytuje end-of-day data. Tento způsob získání tržních dat je použit ve finální verzi programu. Pro uchování a následnou práci s těmito daty je využita MySQL databáze.

3.5 Výběr srovnávacích druhů investic

Srovnávací druhy investic jsou použity pro porovnání výsledných obchodních strategií s alternativami. Jedná se o důležitý ukazatel pro účely práce, který ukazuje, jak výhodné je využívat technickou analýzu k investování oproti jednodušším způsobům zhodnocení kapitálu. Jelikož jednoduché srovnání konečných hodnot nebude počítat s inflací, tak jsou jak strategie, tak i alternativy porovnány znovu a to pomocí indexu spotřebitelských cen, ze kterého se počítá inflace a díky kterému toto porovnání reflektuje inflaci. Toto porovnání je důležité pro demonstraci důležitosti alespoň základního investování za účelem udržení hodnoty kapitálu.

K základnímu porovnání slouží model, v kterém by člověk neinvestoval, a tvoří tak tzv. nulovou linii. Další model tvoří nejběžnější a nejpřístupnější investice, a to ukládání peněz na

spořicí účet. Dále je pro porovnání použita obchodní strategie Buy & Hold, která je postavena na nákupu aktiva a jeho následném zhodnocení do budoucna. Tato strategie neřeší, kdy je správný čas nakoupit aktivum, protože předpokládá, že z dlouhodobého hlediska se bude cena aktiva zvyšovat. Tuto strategii aplikujeme pro porovnání na index S&P 500, který sdružuje akcie 500 největších firem na burze, na 10 největších akcií na burze a na akcie ze skupiny D. Posledním investičním modelem bude investice do zlata jakožto zástupce komoditního trhu. Všechny tyto druhy investic nevyžadují velký kapitál pro začátek investování.

Pro porovnání je všem druhům investic poskytnut stejný počáteční kapitál. Porovnání je provedeno tak, že výsledek investice je vyjádřen v penězích, které dané aktivum představuje na trhu v daný moment. Dále jsou všechny investiční modely porovnány pomocí indexu spotřebitelských cen. Pomocí tohoto indexu bude vytvořen graf, který zobrazuje, jakou hodnotu by měla na počátku investičního období daná investice ve sledovaném čase. Poslední porovnání je provedeno pomocí bodového grafu, který zanesse daný investiční model do grafu podle jeho rizikovosti a průměrné roční výnosnosti.

4 Praktická část

Praktická část práce má za cíl vytvořit, otestovat a vyhodnotit různé obchodní strategie tvořené indikátory, které byly popsány v teoretické části práce. Pro pochopení jednotlivých kroků práce zde je vysvětlen myšlenkový pochod, který vedl k tvorbě testovacího programu. Praktická část také vysvětluje způsob testování, obsahuje výsledky testování a porovnává tyto výsledky s teoretickou částí práce. Následně nejlepší strategie je aplikována na evaluační data (data skupiny D). Výsledky tohoto testování jsou porovnány s ostatními druhy investic podle jejich výdělečnosti a riskantnosti.

4.1 Premisa

Jak bylo uvedeno výše, výběr správné obchodní strategie je výrazně náročnější než poté samotná aplikace této strategie. Je tedy vhodné otestovat různé strategie tvořené kombinací popsaných indikátorů. Aby se předešlo tzv. přetrénování těchto strategií na testovacích datech, tak bude testování probíhat na odděleném souboru investičních období. Pro tuto práci byly zvoleny tři skupiny testovacích dat, které reprezentují tři typy vývoje ceny akcie. Tento výběr není náhodný, je takto vytvořen z důvodu, že u většiny indikátorů je uvedeno, na jaký typ trhu se daný indikátor hodí nejvíce. Právě proto bude prvotní testování probíhat na zvolených typech trhu (rostoucí, klesající a netrendující).

Program tak musí být schopen testovat ze dvou oddělených souborů investičních období. Tyto soubory mohou být dále členěny na skupiny právě pro sdružení investičních období s podobným průběhem (zde již nemusí jít jen o typy trhů podle vývoje ceny, ale třeba podle objemu obchodů nebo podle volatility). Program musí být schopen získat a uchovat data z trhu pro tato investiční období. K tomu účelu program spolupracuje s databází typu MySQL.

Dále musí být program schopný testovat zadané strategie pro oba soubory investičních dat. K tomuto účelu budou sloužit tabulky manuálně zadávaných strategií oddělené pro jednotlivé soubory investičních období. Avšak testovat větší objem strategií zadáváním jedné strategie po druhé je neefektivní. Proto bude program obsahovat i možnost automatického testování na testovacím souboru investičních období. Bude se jednat o možnost kombinace všech zadaných otevíracích stran s všemi zadanými uzavíracími stranami, což bude sloužit jako hlavní testovací funkce pro výběr správné obchodní strategie v této práci.

Důležitou částí strategie není jen správná kombinace správných typů indikátorů, ale správná kombinace správných typů indikátorů se správnou kombinací parametrů. Parametry jednotlivých indikátorů mohou mít velký dopad na výdělečnost i rizikovost finální strategie. Program tak bude obsahovat i možnost testování jednotlivých indikátorů na testovacím souboru investičních období. Jelikož zde nebudou směrodatná jednotlivá testování indikátorů, tak program bude obsahovat jen možnost automatického testování indikátorů. Do takového automatického testování bude zadána kostra indikátorů (indikátor bez parametrů) a pro každý

parametr bude určena množina hodnot, ze které se má daný parametr doplnit. Automatické testování indikátorů tak bude obsahovat různé kombinace parametrů pro zvolené indikátory. Výsledkem tohoto typu testování nebude vynosnost ani rizikovost daných indikátorů, ale jejich procentuální úspěšnost, generace signálu vůči předpřipravenému seznamu ideálních otevření a uzavření pozice pro dané investiční období. Tento seznam bude tvořen lokálními extrémů, které nejlépe charakterizují vývoj daného investičního období. Počet těchto lokálních extrémů bude možné ovlivnit zadáním jejich povoleného počtu na jeden rok z investičního období. Možnost zadání indikátorů jako jejich kostry a poté k nim potřebných množin parametrů bude implementována i do automatického testování strategií (tato možnost bude využita při zadávání otevíracích a uzavíracích stran).

Poslední důležitou věcí, kterou musí program obsahovat, je způsob vyhodnocení. Program by měl obsahovat více vyhodnocovacích modelů, které mohou být voleny podle právě zkoumaného vlastnosti strategie (výnosnost, rizikovost). Program bude mít možnost vyhodnotit jakoukoliv tabulku obsahující testování strategií automaticky podle zvoleného vyhodnocovacího modelu. Vyhodnocení bude vždy provedeno pro každou skupinu investičních období (skupina kódů) v daném souboru investičních období.

Automatické testování a objektivní vyhodnocení jsou důležité funkce, které umožňují nenáročné testování. Jedná se také o nástroj, který umožňuje provést stejné testování při změně souboru investičních období, nebo znovu vyhodnocení testovací tabulky pomocí nového vyhodnocovacího modelu. Program tak bude moci sloužit i pro jiná testování, než budou uvedena v této práci, a nebo bude moci být využit k vylepšení strategií uvedených v této práci.

4.2 Tvorba testovacího programu

Tato část práce navazuje na předchozí popis požadavků pro testovací program. Rozdílem oproti předchozí části práce (4.1) je konkrétní popsání tvorby tohoto programu. Tato část doplňuje matematická vyjádření pro indikátory a vyhodnocovací modely, které tento program obsahuje.

4.2.1 Data

Nejprve je potřeba pro testovací program sehnat data, na kterých se budou jednotlivé strategie testovat. Pro tyto účely jsou do předpřipravené databáze (7.1.1) nahrána testovací období a poté nahrána tržní data ze stránky marketstack.com. S tímto krokem byla také získána i data pro evaluační období ze stránky Yahoo Finance. Pro každou akcii v daném testovacím období má program denní informace o objemu obchodů a otevírací, uzavírací, minimální a maximální ceně. Tato data budou zadávána do jednotlivých indikátorů potřebných pro dané strategie.

4.2.2 Indikátory

Dále je tedy potřeba přepsat matematicky vyjádřené indikátory do kódu (7.1.2). Správnost přepisu je ověřena manuálně na úzkém vzorku dat. Program tak poté obsahuje možnost vypočítat hodnoty indikátorů: SMA, WMA, EMA, TMA, VMA, MACD (+ jeho signální křivku), horní a dolní hranici BB, OBV, RSI, AM, obě křivky rychlého i pomalého STOCH, Wm%R a MSES.

Program dále obsahuje další dva indikátory, které jsou dopsány podle teoretické části a doplňují tak již zapsané indikátory.

Hranice středního pásma

Hranice středního pásma (MZB) je indikátor podobný Bollingerovým pásmům, protože tvoří hranice kolem jednoduchého klouzavého průměru. Myšlenka za tímto indikátorem je, že tvoří horní a spodní hranici stejně vzdálenou od klouzavého průměru tak, aby se p část posledních n hodnot nacházelo v rozmezí, které je tvořeno horní a dolní hranicí (7.1.2).

Využití tohoto indikátoru je v kombinaci s dalšími indikátory, pro které tvoří signály při protnutí své horní a dolní hranice, která je přednastavena podle ideálního rozložení. Avšak ne vždy se požadované procento minulých hodnot nachází v tomto rozmezí, a tak je přesnější využít tento indikátor, který horní a spodní hranici počítá pro každý den podle konstantního počtu minulých dat.

Divergence

Divergence (D) je indikátor, který osciluje kolem hodnoty nula a znázorňuje aktuální poměr dvou hodnot vůči dlouhodobému poměru těchto hodnot. Hodnota tohoto indikátoru se vypočítá podle vzorce (29)

$$D_t(H, G, n) = K_t(H, G, n) \cdot \frac{H_t}{G_t} - 1, \quad (29)$$

kde

n je délka období,

H_t je hodnota z řady dat H v čase t ,

G_t je hodnota z řady dat G v čase t ,

$K_t(H, G, n)$ je hodnota vyrovnávacího poměru divergence v čase t pro délku období n počítaného podle vzorce (30)

$$K_t(H, G, n) = \frac{G_t(n)}{H_t(n)}, \quad (30)$$

kde

n je délka období,

G_t je hodnota klouzavého průměru hodnot z řady dat G v čase t pro délku období n ,

H_t je hodnota klouzavého průměru hodnot z řady dat H v čase t pro délku období n .

Pro tento indikátor je možné zvolit pro výpočet vyrovnávacího poměru divergence libovolný typ klouzavého průměru, který je pro obě řady stejný. Využití tohoto indikátoru je popsáno v teoretické části a tento indikátor je převážně využíván oscilátory.

4.2.3 Strategie

Po zapsání všech potřebných indikátorů využijeme možnost jejich výpočtu pro zadání jednotlivých strategií. Jednoduchá obchodní strategie se v této práci skládá z otevírací a uzavírací strany. Obě strany fungují jako *if* segment v programování (7.1.3). Strana dává signál k nákupu (otevírací strana), či prodeji (uzavírací strana) právě tehdy, když platí podmínka, kterou je strana definována. Právě do těchto stran jsou zadávány indikátory a porovnáním jejich hodnot získává strategie jednotlivé signály. Pro bližší vysvětlení použiji ukázkou jedné takové strategie:

$$\#x[] \geq \#TMA(x[], 20)[1]\{1\} _ \#K(x[], 0)[1] > \#MACD(x[], EMA, 26, 12, 9)[1]\{1\}$$

Strategie je rozdělena pomocí podtržítka ($_$) na dvě strany. Levá strana je otevírací strana, která generuje nákupní signál ($\#x[] \geq \#TMA(x[], 20)[1]\{1\}$), a pravá strana je uzavírací strana, jež generuje prodejní signál ($\#K(x[], 0)[1] > \#MACD(x[], EMA, 26, 12, 9)[1]\{1\}$). Každá strana musí obsahovat minimálně dvě hodnoty indikátoru. Každá hodnota začíná hashtagem ($\#$) a končí hranatými závorkami ($[\]$), které mohou obsahovat číslo, které označuje, která hodnota z indikátoru se má použít (některé indikátory totiž obsahují více hodnot, např. MACD obsahuje hodnoty MACD a své signální linie). Tyto hodnoty spolu se znaménky nerovnosti tvoří nerovnost, která, pokud platí, tak generuje přiřazený signál. Právě do těchto hodnot (začínajících $\#$ a končících $[\]$) jsou zapsány jednotlivé indikátory s daty, ze kterých se má indikátor počítat, a parametry, které indikátor požaduje. Některé indikátory mohou obsahovat seznam dat, který tvoří jiný indikátor tkz, vnořený indikátor. V takovém případě je prvně počítána hodnota vnořeného indikátoru a z hodnot vnořeného indikátoru poté původní indikátor. Malá písmena o , x , l , h a v značí informace přímo z trhu (o - otevírací cena, x - uzavírací cena, l - minimální cena, h - maximální cena, v - objem obchodů) a velká písmena K a M značí jednoduché strategické funkce ($K(data[], k)$ - konstantní hodnota k , $M(data[], m)$ - m dní stará data). Za každou stranou se dále vyskytuje složená závorka ($\{k\}$) s koeficientem kontinuity k , který určuje kolikrát za sebou musí daná nerovnost platit, aby

strana generovala signál. Strana generuje signál pouze poprvé, co platí nerovnost a je splněna podmínka daná koeficientem kontinuity. Pokud tedy nerovnost platí více dní po sobě, tak je signál generován pouze k -tý den.

4.2.4 Testování

Jak bylo napsáno výše, tak tento program obsahuje dva způsoby testování: manuální a automatické. Obě tato testování jsou stejná, jediným rozdílem je, že automatické testování vytvoří seznam strategií, které testuje jednu po druhé automaticky. Dále program obsahuje testování pro strategie a pro samotné indikátory. Zde se již způsob testování liší, protože jedno (strategie) testuje výnosnost a druhé (indikátory) testuje přesnost.

Testování strategií

Pro testování strategií byl vytvořen speciální zápis obchodní strategie, který je popsán v předchozí části práce (4.2.3). Samotné testování probíhá na každém investičním období separovaně (uvažuje se, že obchodník má otevřenou pouze jednu pozici a to na zvoleném investičním období). Nereprezentuje to tedy přesné obchodování na akciovém trhu, protože na akciovém trhu je normální mít otevřeno více pozic různých akcií. To by znamenalo, že při otevírání nové pozice (nákup nových akcií) by se počet nakoupených akcií odvíjel od toho, jak se obchodníkovi daří na všech trzích, na kterých obchoduje, a jak se zrovna daří jeho ostatním otevřeným pozicím.

Testování tedy probíhá odděleně pro každé investiční období z vybraného souboru investičních období. Pro každé investiční období je simulováno obchodování den po dni s tím, že pokud strategie generuje daný den signál, tak další den bude podle signálu provedena příslušná akce (nákup nebo prodej). Každý nákup je omezen tím, že na nákup dané akcie jsou využita jen 3% aktuálního kapitálu (simulace bankroll managementu). Testování také počítá s uzavíráním pozice pomocí stop-lossu (který je v tomto programu generován jen indikátorem MSES). V případě, že je pozice otevřena a investiční období již skončilo, tak testování vyhodnotí strategii, jako kdyby k poslednímu otevření pozice nedošlo. Výsledkem tohoto testování je zhodnocení za dané investiční období, počet generovaných signálů (oddělený pro otevírací a uzavírací signály) a počet úspěšných a neúspěšných obchodů, které daná strategie provedla.

Testování indikátorů

Způsob, jakým budou indikátory testovány, byl již naznačen v předešlé části práce (4.1). Indikátory budou hodnoceny podle přesnosti, s jakou se signály generované těmito indikátory blíží ideálním signálům uvedených v seznamu.

Seznam ideálních otevření je v podstatě seznam lokálních extrémů, které nejlépe reprezentují dané investiční období. Tento seznam je tvořen tak, že každá změna ve směru vývoje ceny je označena jako nový lokální extrém. Pokud se jedná o změnu uzavíracích cen z rostoucí na klesající, je extrém označen jako lokální vrchol, a v opačném případě je extrém označen jako

lokální dno. Každé dno tak bude značit signál k otevření a každý vrchol signál k uzavření. Takto bychom ale dostali seznam s velkým počtem signálů. Zde přichází k využití parametru, který je pro každé automatické testování indikátorů jednotný, a to je počet lokálních extrémů za rok. Toto číslo udává, kolik by měl být průměrný počet lokálních extrémů na zvoleném investičním období. Seznam je tedy upravován způsobem, že jsou vždy odstraněny dva vedle sebe se vyskytující lokální extrémy, které tvoří nejmenší rozdíl. Takto jsou odstraňovány lokální extrémy do doby, než je průměr zvoleného investičního období menší než zvolený parametr nebo roven zvolenému parametru. Jediné lokální extrémy, které nemohou být odstraněny, jsou extrémy, kterými zvolené investiční období začíná a končí.

Zápis indikátoru pro automatické testování vypadá takto:

$$20 * \#x[] \geq \#SMA(x[], 1)[1]\{1\}$$

Parametr počtu lokálních extrémů za rok je číslo nacházející se před hvězdičkou (*) a testovaný indikátor se nachází za hvězdičkou.

Nyní jen zbývá vysvětlit, jak jsou hodnoceny jednotlivé indikátory podle jejich přesnosti vůči seznamu ideálních signálů. Pro každý testovaný indikátor je získán seznam signálů, které generuje strategie na zvoleném investičním období. Pro každý z těchto signálů je nalezeno nejbližší dno a nejbližší vrchol. Pro každý z těchto signálů je určena procentuální úspěšnost, se kterou se shoduje s nejbližším extrémem. Každý signál je brán jako otevírací i uzavírací zároveň. Jeho úspěšnost je počítána pro každý tento typ (otevírací a uzavírací) zvlášť. Procentuální úspěšnost strany (otevírací a uzavírací) je pro daný indikátor vyjádřena jako součet odchylek signálů od nejbližších extrémů dělený počtem těchto signálů. Odchylku signálu vyjádříme jako poměr mezi absolutní hodnotou rozdílu hodnoty akcie v místě nejbližšího extrému a hodnoty akcie v daném signálu a rozpětí dlouhé pozice, do které nejbližší extrém patří. Matematicky tedy můžeme procentuální úspěšnost indikátoru vyjádřit pomocí vzorce (31)

$$\%S = 100 \cdot \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{|x_i - E_i|}{R(E_i)}\right) / n, \quad (31)$$

kde

n je počet signálů daného druhu,

x_i je uzavírací cena akcie v den, kdy je generován i -tý signál,

E_i je uzavírací cena akcie v den odpovídající nejbližšímu extrému daného typu pro i -tý signál,

$R(E_i)$ je rozdíl uzavírací ceny akcie v den odpovídající vrcholu a uzavírací ceny akcie v den odpovídající dnu dlouhé pozice, do které patří nejbližší extrém daného typu pro i -tý signál.

Nejbližším odpovídajícím extrémem pro otevírací signál je nejbližší dno a pro uzavírací signál je to naopak nejbližší vrchol. Za dlouhou pozici je považovaný úsek začínající dnem a končící vrcholem. V případě, že by daný signál měl zápornou úspěšnost, tak je počítáno, že má nulovou úspěšnost. Tento jev nastává, když se signál vyskytuje v krátké pozici (úsek začínající vrcholem a končící dnem) a rozdíl uzavírací ceny v den daného signálu a uzavírací cena akcie v den nejbližšího příslušného extrému je větší než rozdíl extrémů tvořící dlouhou pozici, která je tvořena nejbližším příslušným extrémem k danému signálu.

Pro každé investiční období je tak vyhodnocena úspěšnost daného indikátoru jako otevírací strany a uzavírací strany. Pro skupinu kódů se jedná o průměr hodnot úspěšnosti ve stejném formátu jako jednotlivé investiční období. Tabulka automatického testování indikátorů také obsahuje výsledek za všechna investiční období dohromady (bez ohledu na jejich zařazení kódem do skupiny). Tento výsledek je průměrem hodnot úspěšnosti všech investičních období a je zapsán ve stejném formátu jako zbytek hodnot.

Automatické testování indikátorů nepotřebuje nijak složité vyhodnocení - čím víceprocentní úspěšnost bude daný indikátor mít, tím vhodnější je jeho použití pro daný typ investování. Čím menší je počet lokálních extrémů na rok, tím bude hledán indikátor pro dlouhodobější investice. Tyto investice také pravděpodobně budou tvořeny méně obchody, které budou mít menší zhodnocení. Pro zlepšení výsledků je možné spojit více úspěšných indikátorů k sobě pomocí logické operace AND, avšak tento krok razantně zmenší počet generovaných signálů (většinou až na 0). Je tedy důležité vytvořit vhodné kombinace. Je zde i možnost spojení více indikátorů pospolu pomocí logické operace OR.

4.2.5 Vyhodnocení

Poslední důležitou funkcí programu je samotné vyhodnocení testovaných strategií. Vyhodnocující funkce slouží k objektivnímu vyhodnocení testovaných strategií podle zvoleného vyhodnocovacího modelu. Vyhodnocení je počítáno pro jednotlivé strategie a pokud se jedná o vyhodnocování tabulky automatického testování strategií, tak jsou vyhodnoceny i jednotlivé strany (otevírací a zavírací). Pro každé takové vyhodnocení je vytvořena nová tabulka, která je označena, podle jakého vyhodnocovacího modelu byla vyhodnocena. Vyhodnocování probíhá pro každou skupinu kódů zvlášť a výsledné vyhodnocení je součtem hodnot vyhodnocení všech skupin. Vyhodnocení potřebuje seznam zhodnocení všech investičních období, která spadají do dané skupiny. Při vyhodnocování jednotlivých strategií se jedná o investiční období spadající do stejné skupiny kódů pro danou strategii, při vyhodnocování stran se jedná o zhodnocení investičních období spadajících do stejné skupiny pro všechny strategie, které obsahují vyhodnocovanou stranu.

Vyhodnocovací model číslo 1 (poměr průměrného zhodnocení a směrodatné odchylky):

První vyhodnocovací model využívá k porovnání výnosnosti průměrné zhodnocení pro zadanou skupinu dat a k porovnání rizikovosti používá směrodatnou odchylku pro zadanou skupinu dat. Hodnota vyhodnocení je poté poměrem průměrného zhodnocení a směrodatné odchylky. Výpočet hodnoty vyhodnocení jde zapsat vzorcem (32)

$$E(n) = \frac{SMA(p)}{\sigma(n)}, \quad (32)$$

kde

n je počet investičních období,

$SMA(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p ,

$\sigma(n)$ je hodnota směrodatné odchylky pro n hodnot zhodnocení v zadaném seznamu p počítané podle vzorce (33)

$$\sigma(n) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - SMA(p))^2}, \quad (33)$$

kde

n je počet investičních období,

p_i je hodnota zhodnocení pro i -té investiční období,

$SMA_t(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p .

Vyhodnocovací model číslo 2 (poměr průměrného zhodnocení a absolutní odchylky):

Další vyhodnocovací model je velmi podobný prvnímu modelu. Tento model využívá k porovnání výnosnosti průměrné zhodnocení pro zadanou skupinu dat a k porovnání rizikovosti používá absolutní odchylku pro zadanou skupinu dat. Hodnota vyhodnocení je poté poměrem průměrného zhodnocení a absolutní odchylky. Vyhodnocovací hodnoty se nijak extrémně neliší od prvního modelu, ale nabízí to alternativu k předešlému modelu. Výpočet hodnoty vyhodnocení jde zapsat vzorcem (34)

$$E(n) = \frac{SMA(p)}{A(n)}, \quad (34)$$

kde

n je počet investičních období,

$SMA(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p ,

$A(n)$ je hodnota absolutní odchylky pro n hodnot zhodnocení v zadaném seznamu p počítané podle vzorce (35)

$$A(n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - SMA(p)|, \quad (35)$$

kde

n je počet investičních období,

p_i je hodnota zhodnocení pro i -té investiční období,

$SMA_t(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p .

Vyhodnocovací model číslo 3 (poměr průměrného zhodnocení a variačního koeficientu):

Poslední vyhodnocovací model využívá k porovnání výnosnosti opět průměrné zhodnocení pro zadanou skupinu dat a k porovnání rizikovosti používá variační koeficient pro zadanou skupinu dat. Hodnota vyhodnocení je poté poměrem průměrného zhodnocení a variačního koeficientu. Výpočet hodnoty vyhodnocení jde zapsat vzorcem (36)

$$E(n) = \frac{SMA(p)}{v(n)}, \quad (36)$$

kde

n je počet investičních období,

$SMA(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p ,

$v(n)$ je hodnota variačního koeficientu pro n hodnot zhodnocení v zadaném seznamu p počítané podle vzorce (37)

$$v(n) = \frac{\sigma(n)}{SMA(p)} \quad (37)$$

kde

n je počet investičních období,

$SMA(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p ,

$\sigma(n)$ je hodnota směrodatné odchylky pro n hodnot zhodnocení v zadaném seznamu p počítané podle vzorce (38)

$$\sigma(n) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - SMA(p))^2}, \quad (38)$$

kde

n je počet investičních období,

p_i je hodnota zhodnocení pro i -té investiční období,

$SMA_t(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p .

Celý výpočet hodnoty vyhodnocení jde upravit a zapsat jednodušším vzorcem (39)

$$E(n) = \frac{(SMA(p))^2}{\sigma(n)}, \quad (39)$$

kde

n je počet investičních období,

$SMA(p)$ je hodnota jednoduchého klouzavého průměru pro hodnoty zhodnocení v zadaném seznamu dat p ,

$\sigma(n)$ je hodnota směrodatné odchylky pro n hodnot zhodnocení v zadaném seznamu p .

Z toho vyplývá, že poslední vyhodnocovací model dává větší váhu zhodnocení oproti ostatním modelům, i když je svojí stavbou téměř totožný.

Pro všechny vyhodnocovací modely platí, že strategie je úspěšnější, čím vyšší je její hodnota vyhodnocení. Obchodník se však nemusí pevně řídit tím, že čím vyšší hodnota, tím lepší obchodní strategie. Hodnota vyhodnocení jen udává jakýsi pomyslný poměr mezi výnosností a rizikovostí strategie, což pro jedince, který je ochoten nést vyšší riziko s vyšší výnosností, nemusí být strategie s nejvyšší hodnotou vyhodnocení.

4.3 Testování na datech a výsledky

Princip testování strategií již byl popsán v předešlých kapitolách (4.2.3 a 4.2.4). To stejné platí pro testování indikátorů (kapitola 4.2.4). V této kapitole je uveden způsob zadávání automatického testování strategií a indikátorů. Jsou zde popsány i jednotlivé tabulky obsahující všechny simulace, které byly provedeny jako součást této práce, a jsou zde vysvětleny i výsledky těchto testování (co znamená který zápis v tabulce).

Testování strategií

Testování strategií začíná zapsáním všech otevíracích a uzavíracích stran podle teorie. Ke každému indikátoru je v teorii uvedeno, v jakém případě generuje signál k otevření nebo uzavření pozice, a podle toho je zapsána příslušná strana. Dále v rámci testování je vytvořena kombinace každé otevírací strany s každou uzavírací stranou a po dokončení zápisu všech těchto strategií jsou všechny strany otestovány, zda-li generují alespoň jeden signál za všechna investiční období. Pokud strana negeneruje žádný signál, jsou všechny strategie obsahující danou stranu odstraněny, protože by zbytečně zdržovaly testování. Výsledkem testování je pro každé testovací investiční období celkové zhodnocení za délku celého investičního období, počet signálů, které generovala otevírací a uzavírací strana a počet úspěšných a neúspěšných obchodů, kdy za úspěšných obchod je považován takový obchod, který měl nákupní cenu nižší než prodejní. V rámci testovací tabulky pak každá strategie obsahuje souhrn informací pro každou skupinu kódů. Tento souhrn obsahuje stejné informace jako jednotlivá investiční období s tím rozdílem, že všechny informace jsou součtem informací jednotlivých investičních období spadajících pod danou skupinu kódů.

Testování strategií obsahovalo 22 unikátních způsobů otevření pozice, což po započtení všech zadaných kombinací parametrů pro jednotlivé způsoby dělá 355 otevíracích stran, a 23 unikátních způsobů uzavření pozice, což po započtení všech zadaných kombinací parametrů pro jednotlivé způsoby dělá 359 uzavíracích stran. Z toho vyplývá počet všech strategiích v tomto testování (každá kombinace otevírací a uzavírací strany), kterých je 127 445 strategií. Po odstranění stran, které negenerovaly žádné signály, se počet strategií snížil na 96 867 strategií, které budou testovány. Výsledky testování se nachází v tabulce "at60". Výsledky jsou zapsány ve tvaru {zhodnocení}/{počet signálů k otevření pozice}/{počet signálů k uzavření pozice}/{počet úspěšných obchodů}/{počet neúspěšných obchodů}.

Testování indikátorů

Testování indikátorů začíná zadáním jednotného parametru pro celé testování, a to je počet lokálních extrémů za rok. Dále jsou zadány jednotlivé strany (indikátory), pro které se testuje přesnost signálů, které tento indikátor tvoří. Indikátor může být zadán jako jeho kostra, což je zápis indikátoru bez uvedení konkrétních hodnot parametru. Pro každý takto vynechaný parametr je pak uvedena množina parametrů, ze kterých je možné vynechané místo doplnit. Tímto vzniká velké množství totožných indikátorů s různými kombinacemi parametrů. Pro každý takto zadaný indikátor je možné uvést ještě podmínky, které musí číselné parametry

daného indikátoru splňovat (zamezuje se tak tvorbě indikátorů, které nedávají smysl, protože je potřeba, aby například klouzavý průměr A byl citlivější než klouzavý průměr B, což by nemuselo platit, kdyby délka období A byla delší než délka období B). Indikátory, které by byly vytvořeny jako kombinace parametrů, ale které nesplňují podmínku, nebudou zapsány. Tento způsob zápisu stran (indikátorů) je implementován i do automatického testování strategií. Samotné testování i způsob výpisu výsledků je uveden v předchozí kapitole (4.2.4)

Testování indikátorů obsahovalo 20 koster indikátorů, což po započtení všech zadaných kombinací parametrů pro jednotlivé kostry dělá 768 210 indikátorů. Právě tento obrovský počet indikátorů je jedním z důvodů, proč testování indikátorů není dokončené. Druhým z důvodů, proč je testování skoro na začátku, je problém s optimalizací testovací funkce. Na rozdíl od funkce testující strategie se nepovedlo funkci testující indikátory urychlit přepsáním kódu tak, aby šlo testování spustit vícekrát. I přes to, že tato tabulka není otestována, tak zde bude uvedena jako ukázka jedné z testovacích funkcí programu. Celkem práce obsahuje 6 takovýchto tabulek, tři pro otevírací indikátory (“at64”, “at66”, “at67”) a tři pro uzavírací indikátory (“at71”, “at72”, “at73”). Výsledky jsou zapsány ve tvaru {hodnota procentuální přesnosti daného indikátoru jakožto otevírací strany}/{hodnota procentuální přesnosti daného indikátoru jakožto uzavírací strany}.

4.4 Vyhodnocení výsledků

Po dotestování všech strategií přichází na řadu vyhodnotit výsledky vzniklé tímto testováním. Princip vyhodnocení byl popsán již v předchozí kapitole (4.2.5). Vyhodnocování strategií bude rozděleno na dvě části: vyhodnocení všech strategií, které byly testovány při automatickém testování (tabulka “at60”), a vyhodnocení strategií aplikovaných na evaluační data.

Prvním vyhodnocením je vyhodnocení tabulky “at60”, která obsahuje všechny strategie testované automatickým testováním, a jedná se tak o vyhodnocení pouze testovaných strategií sestavených pouze z indikátorů popsaných v této práci. Tato tabulka byla vyhodnocena podle všech modelů. Jelikož se jedná o vyhodnocování automaticky testovaných strategií, tak jsou vyhodnoceny nejen samotné strategie, ale i jednotlivé strany. Výsledky vyhodnocení stran budou využity k ověření informací, které jsou uvedeny v teoretické části práce. Zatímco výsledky vyhodnocení jednotlivých strategií budou použity k vybrání strategií, které budou dále testovány na evaluačních datech.

4.4.1 Porovnání výsledků testování s teorií

Pro tuto část práce budou využity informace z tabulek “at60_open_1” a “at60_close_1” (vyhodnocovací model číslo 1), dále z tabulek “at60_open_2” a “at60_close_2” (vyhodnocovací model číslo 2) a poslední dvojicí tabulek budou tabulky “at60_open_3” a “at60_close_3” (vyhodnocovací model číslo 3). Pro každou skupinu indikátorů bude napsáno

srovnání teorie s výsledky testování a bude poskytnut osobní komentář k dané skupině indikátorů.

Obecně tato pasáž by byla směrodatnější, kdyby se mohly jednotlivé indikátory porovnávat i podle výsledků automatického testování jednotlivých indikátorů, jelikož právě tato testování by určila vhodné kombinace parametrů. Avšak i bez výsledků těchto testování lze popsat, jak se v praxi dané indikátory osvědčily a jak moc se shodují s teorií.

Klouzavé průměry

Klouzavé průměry slouží jako indikátor většinou k výpočtu dalších indikátorů. Avšak teorie uvádí i strategie, které využívají čistě jen klouzavé průměry. Takových způsobů generace signálů jsou tři. Jedná se o způsoby generace signálů na základě protnutí různě citlivých klouzavých průměrů. Klouzavé průměry je velmi vhodné použít jako signály k otevření pozice a to konkrétně překřížení ceny velmi citlivým (krátké období a WMA) klouzavým průměrem. Naopak jako signál k uzavření pozice nejsou klouzavé průměry vhodné. Nejlepší způsob uzavření pozice pomocí klouzavého průměru je pomocí dvou stejných klouzavých průměrů (SMA, nebo TMA).

MACD

Tento indikátor generuje signály dvojnásobným způsobem, avšak jediným volitelným parametrem je typ klouzavého průměru, takže tento indikátor má v testování malý počet strategií. Oba způsoby generování signálů jsou srovnatelné jak pro otevírání, tak i pro uzavírání pozice a jedná se o průměrně efektivní i výnosné způsoby otevření a uzavření pozice. Pro otevření pozice je nejvhodnější využít WMA a pro uzavření pozice SMA a EMA.

Bollingerova pásma

Bollingerova pásma jsou jediným indikátorem, který má pouze jeden způsob generace signálů. Tento indikátor je velmi dobrý způsob jak otevření, tak uzavření pozice. Tento indikátor generoval signály pouze při nastavení délky období 20 dní a vyššího koeficientu ($m = 2$). Pro otevření pozice je nejlepší použít klouzavý průměr WMA, což potvrzuje předchozí výsledky. Pro uzavření se naopak hodí nejméně citlivý klouzavý průměr TMA.

OBV

U tohoto indikátoru bylo jako u jediného využito generace signálů pomocí divergence ceny a hodnot indikátoru, což společně s ostatními způsoby dělá celkem tři způsoby generace signálů. Tento indikátor je také jedním z mála, který využívá koeficient kontinuity jako parametr pro jednotlivé strany. Jedná se o velmi dobrý indikátor k otevírání pozice a ještě lepší způsob jejího uzavření. Pro otevření je nejefektivnější použít překročení nulové linie pomocí divergence ceny a hodnot tohoto indikátoru s krátkou délkou období a WMA (při užití velmi krátkých období jsou si otevření s různými typy klouzavých průměrů ve výsledcích téměř rovna). Uzavírání pozice pomocí tohoto indikátoru je nejefektivnější při užití generace signálu pomocí hodnot divergence překračující hranice MZB. Pro tento způsob

je opět vhodné užití kratších období divergence a delší období MZB (na klouzavých průměrech zde opravdu nesejde, rozdíl je minimální).

RSI

Tento indikátor generoval signály pouze dvěma způsoby, ale s velkým počtem volitelných parametrů vzniklo spousta kombinací tohoto indikátoru. Tento indikátor je velmi dobrý při otevírání pozice, ale je pravděpodobně nejlepším indikátorem k uzavření. Pro otevírání se spíše hodí způsob generace signálů pomocí překročení středové linie (hodnoty 50) a pro uzavírání pozic je vhodnější způsob generace signálů při protnutí hranic MZB. Pro první způsob generace signálů (překročením středové linie) jsou spíše vhodné kratší délky období a indikátory využívající EMA a WMA. Pro druhý způsob generace signálů je naopak vhodnější využít delších období a TMA a SMA.

Momentum

Tento indikátor obsahoval 4 způsoby generace signálů. K tomu se jedná o jeden z mála indikátorů využívající různé koeficienty kontinuity jako parametry strany. Jedná se o jeden z nejlepších indikátorů, možná i nejlepší indikátor k otevírání pozice a o jeden z nejlepších indikátorů k uzavírání pozice. Nejlépe se osvědčilo generovat signály podle porovnání momenta s jeho předchozí hodnotou pro otevření pozice. Pro uzavření pozice bylo nejefektivnější sledovat vychýlení indikátoru mimo hranice MZB. Lepších výsledků dosahovaly spíše indikátory, které využívaly vyšších hodnot parametru délky období. Koeficient kontinuity strany produkoval při otevírání tím lepší výsledky, čím menší byl, a při uzavírání byl nejefektivnější koeficient 1 a poté 4.

Stochastik

U indikátoru Stochastik se vyskytují dvě jeho verze rychlý a pomalý. V kombinaci se dvěma způsoby generace signálů se jednalo o poměrně dobře fungující otevírací stanů (obecně jednu z nejlepších) a až na neutrální trh, i dobře fungující způsob uzavření pozice. Při otevírání se lépe osvědčil způsob generace signálů pomocí porovnání rychlé a pomalé křivky totožného Stochastiku na rostoucích a netrendujících trzích. Na klesajících trzích lépe fungovalo otevírání pomocí signálů generovaných při protnutí hranic MZB pro konkrétní Stochastik. U uzavírání bylo vše přesně naopak a způsob generace signálů pomocí porovnání rychlé a pomalé křivky nejlépe fungovala na klesajících trzích a druhý typ způsobu generace signálů fungoval lépe na rostoucích a neutrálních trzích. Podobný jev se dostavil s rozdělením Stochastiku na pomalý a rychlý podle výnosnosti. Zde byl rychlý Stochastik úspěšnější na rostoucím a netrendujícím trhu při otevírání a při uzavírání byl lepším na klesajícím trhu. Na všech ostatních trzích byl podle výnosnosti lepší pomalý. Avšak podle vyhodnocení byl rychlý Stochastik efektivnější při otevírání a pomalý Stochastik naopak efektivnější při uzavírání. Obecně měly lepší výsledky Stochastiky využívající kratší období a pokud se jednalo o pomalý Stochastiky, tak nejlepších výsledků dosahoval při užití VMA a poté buď EMA, nebo WMA.

Williams %R

Tento indikátor byl použit pouze v jednom typovém otevírání a uzavírání strany. Na rostoucích trzích se jedná o podprůměrný až velmi špatný způsob otevírání pozice, na neutrálních trzích je otevírání pomocí tohoto indikátoru podle výnosnosti nadprůměrné a podle rizikovosti průměrné. Na klesajících trzích se při otevírání tímto indikátorem jedná o nadprůměrné výsledky. Pokud budeme uvažovat uzavírání pomocí tohoto indikátoru, tak na rostoucích trzích jsou jeho výsledky nadprůměrné, co se výnosnosti týče, ale podle rizikovosti se jedná o spíše horší indikátor. Na neutrálních trzích se jedná o průměrný indikátor stejně jako na klesajících trzích. U tohoto indikátoru se ze tří variant parametrů žádná výrazně neosvědčila, jen se potvrdila teorie, že parametry 7 a 14 jsou lepší než parametr 21.

MSES

Indikátor MSES se v této práci využíval jako způsob uzavření pozice pomocí stop-lossu. Jedná se o jediný indikátor, který je v této práci používán pouze k uzavírání, a jedná se o jediný indikátor v této práci, který tvoří stop-loss. Jak bylo v teorii uvedeno, je vhodné používat strategie, které obsahují uzavírání pomocí stop-lossu (nemusí se jednat o jediný způsob uzavírání v dané strategii). Podle dat z vyhodnocení automatického testování je indikátor MSES nejefektivnější s nastavením délky období 40 dní a nebo 50 dní. Uzavírat pouze podle MSES je velmi nevhodné, jelikož MSES nijak nepredikuje cenu nebo její vývoj, jen nastavuje spodní hranici, a proto měl tento indikátor spíše podprůměrné výsledky oproti ostatním indikátorům. Až na neutrální trh, kde měl nadprůměrné výsledky.

4.4.2 Výběr strategií pro testování na evaluačních datech

Strategie určené k testování na evaluačních datech jsou vybírány z tabulek “at60_strat_1” (vyhodnocovací model číslo 1), “at60_strat_2” (vyhodnocovací model číslo 2) a “at60_strat_3” (vyhodnocovací model číslo 3). Z těchto tabulek budou vybírány strategie čistě podle hodnoty jejich vyhodnocení, nebude zde brán v potaz výnosnost a rizikovost jako jednotlivé informace, ale jsou zde vnímány v poměru, který nám udává nejefektivnější strategie.

Vybrané strategie budou otestovány manuálně na evaluačních datech a výsledky jejich testování budou v tabulce “tests_tao”. Do této tabulky ale prvně necháme program zapsat výsledky strategie Buy & Hold, které budou potřeba k porovnání s vybranými strategiemi.

Z každé tabulky obsahující informace o vyhodnocení strategií je vybráno pět nejefektivnější strategií. Tento výběr je čistě objektivní. Dále je z každé tabulky subjektivně vybráno pět strategií, které jsou efektivní na všech trzích podobně. Hlavním důvodem takového výběru je fakt, že nejefektivnější strategie jsou tak efektivní na rostoucích trzích, že si mohou dovolit být prodělečné na klesajících trzích. Proto jsou k testování na evaluačních datech vybrány i strategie, které sice nejsou nejefektivnější na rostoucích trzích, a tak nedosahují tak dobrých výsledků jako ty nejefektivnější, ale na klesajících trzích jsou profitující. Tato skutečnost může být užitečná při jejich aplikaci na evaluační data, která nejsou nijak rozdělena a kde se

mohou objevit klesající trhy. Seznam strategií, které budou testovány na evaluačních datech, je tvořen 18 strategiemi. Celkový počet neodpovídá výběru deseti strategií z každé tabulky (pět nejefektivnější a pět subjektivně vybraných), což je způsobeno odstraněním duplicitních zápisů v případě, že stejná strategie měla být vybrána z vícero tabulek.

Žádná strategie v tomto seznamu však neobsahuje uzavření pomocí stop-lossu. V práci již bylo uvedeno, že je ideální, aby strategie měla možnost uzavření i pomocí stop-lossu, který chrání obchodníka před drastickým pádem ceny. Kvůli tomu bude ke každé strategii vytvořena strategie totožná až na to, že bude obsahovat uzavření pomocí MSES. Zvolené MSES je zvoleno objektivně a to z vyhodnocení uzavíracích stran, které MSES obsahují, z tabulek “at60_close_1”, “at60_close_2” a “at60_close_3”. Seznam testovaných strategií tak nyní obsahuje 36 strategií.

Po otestování uvedených strategií na evaluačních datech je tabulka obsahující výsledky testování ("tests_tao") vyhodnocena pomocí všech vyhodnocovacích modelů uvedených v této práci. Jelikož se jedná o vyhodnocení tabulky manuálně zadaných strategií, tak budou testovány pouze samotné strategie. Výsledky těchto vyhodnocení budou k nalezení v tabulkách “tests_tao_strat_1” (vyhodnocovací model číslo 1), “tests_tao_strat_2” (vyhodnocovací model číslo 2) a “tests_tao_strat_3” (vyhodnocovací model číslo 3).

Výsledky vyhodnocení strategií testovaných na evaluačních datech jsou možné najít v příložených tabulkách stejně jako zbylá testování i vyhodnocení. I přes to zde bude uvedena tabulka obsahující 5 strategií, které by šlo považovat za výsledek této práce:

| ČS | HV (D) | P (D) | R (D) |
|----|--------|-------|-------|
| 1 | 0,4968 | 9,75 | 59,47 |
| 2 | 0,5016 | 9,49 | 57,33 |
| 3 | 0,3791 | 7,89 | 63,06 |
| 4 | 0,3010 | 7,03 | 70,77 |
| 5 | 0,2541 | 6,71 | 80,01 |

Tab. 5: Tabulka nejlepších testovaných strategií s výslednými hodnotami testování na evaluačních datech

V tabulce znamená ČS číslo strategie, $HV(D)$ hodnota vyhodnocení skupiny D podle třetího vyhodnocovacího modelu, $P(D)$ je součet zhodnocení na všech trzích skupiny D za rok uvedený v procentech a $R(D)$ je hodnota variačního koeficientu skupiny D uvedena v procentech. Hodnota $P(D)$ reprezentuje výnosnost dané strategie a hodnota $R(D)$ reprezentuje rizikovost dané strategie.

Kódový zápis zadaných strategií:

1:

$\#sSTOCH(x;l;h[],TMA,12,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],TMA,12,3,3)[2]\{1\}_\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2],40,0.95)[2]\{1\}$

2:

$\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,9,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,9,3,3)[2]\{1\}_\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2],40,0.95)[2]\{1\}$

3:

$\#sSTOCH(x;l;h[],EMA,5,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],EMA,5,3,3)[2]\{1\}_\#AM(AM(x[],15)[1],1)[1]<\#M(AM(AM(x[],15)[1],1)[1],1)[1]\{3\}$

4:

$\#K(x[],0)[1]<\#MACD(x[],VMA,26,12,9)[1]\{1\}_\#K(x[],0)[1]>\#AM(x[],15)[1]\&\&\#AM(x[],15)[1]<\#M(AM(x[],15)[1],1)[1]\{4\}$

5:

$\#K(x[],0)[1]<\#AM(x[],25)[1]\&\&\#AM(x[],25)[1]>\#M(AM(x[],25)[1],1)[1]\{2\}_\#K(x[],0)[1]>\#AM(x[],15)[1]\&\&\#AM(x[],15)[1]<\#M(AM(x[],15)[1],1)[1]\{4\}$

Z tabulky je možné vidět, že nejefektivnější aplikované strategie se pohybují kolem průměrného ročního zhodnocení 9,5 %. Způsob výpočtu rizikovosti použit v této práci není shodný s běžně používanými způsoby výpočtu rizikovosti, a tak se mohou jednotlivé variační koeficienty jevit jako velké. Uvedené variační koeficienty jsou počítány pro rizikovost finálních výnosů v evaluační skupině (jak moc se liší finální výnosy jednotlivých složek ve skupině vůči průměrnému výnosu).

Jak již bylo zmíněno, tak aby bylo vhodné používat strategie, které uzavírají pozice i pomocí stop-lossu. Proto je zde uvedena také další tabulka stejná jako předchozí tabulka. Tato tabulka obsahuje nejefektivnější strategie, které uzavírají pomocí MSES. Některé z těchto strategií jsou jen upravené strategie z předchozí tabulky (první dvě strategie), avšak zbylé strategie nešlo kvůli jejich koeficientu kontinuity upravit na MSES tak, aby zůstala zachována jejich podstata (při aplikování MSES je nutné použít koeficient kontinuity $k = 1$, což mění podstatu uzavírací strany, která je postavena právě na vyšším koeficientu), a tak byly nahrazeny jinými strategiemi:

| ČS | HV (D) | P (D) | R (D) |
|----|--------|-------|-------|
| 1 | 0,5247 | 9,12 | 52,67 |
| 2 | 0,4990 | 8,85 | 53,74 |
| 3 | 0,3545 | 7,33 | 62,65 |
| 4 | 0,3090 | 6,59 | 64,63 |
| 5 | 0,1908 | 5,67 | 90,03 |

Tab. 6: Tabulka nejlepších testovaných strategií upravených pomocí MSES s výslednými hodnotami testování na evaluačních datech

V tabulce znamená ČS číslo strategie, $HV(D)$ hodnota vyhodnocení skupiny D podle třetího vyhodnocovacího modelu, $P(D)$ je součet zhodnocení na všech trzích skupiny D za rok uvedený v procentech a $R(D)$ je hodnota variačního koeficientu skupiny D uvedena v procentech. Hodnota $P(D)$ reprezentuje výnosnost dané strategie a hodnota $R(D)$ reprezentuje rizikovost dané strategie.

Kódový zápis zadaných strategií:

1:

$$\#sSTOCH(x;l;h[],TMA,12,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],TMA,12,3,3)[2]\{1\}_ \#sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2],40,0.95)[2]||\#MSES(x;l;h[],40,2)[1]>=\#l[]\{1\}$$

2:

$$\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,9,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],VMA,9,3,3)[2]\{1\}_ \#sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],VMA,5,3,3)[2],40,0.95)[2]||\#MSES(x;l;h[],40,2)[1]>=\#l[]\{1\}$$

3:

$$\#K(x[],0)[1]<\#D(x[],OBV(v[])[1],WMA,20)[1]\{1\}_ \#sSTOCH(x;l;h[],EMA,9,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],EMA,9,3,3)[2],50,0.95)[2]||\#MSES(x;l;h[],40,2)[1]>=\#l[]\{1\}$$

4:

$$\#K(x[],0)[1]<\#D(x[],OBV(v[])[1],SMA,20)[1]\{1\}_ \#sSTOCH(x;l;h[],EMA,9,3,3)[2]>\#MZB(sSTOCH(x;l;h[],EMA,9,3,3)[2],50,0.95)[2]||\#MSES(x;l;h[],40,2)[1]>=\#l[]\{1\}$$

5:

$$\#sSTOCH(x;l;h[],WMA,9,3,3)[1]>\#sSTOCH(x;l;h[],WMA,9,3,3)[2]\{1\}_ \#K(x[],0)[1]>\#D(x[],OBV(v[])[1],WMA,40)[1]||\#MSES(x;l;h[],40,2)[1]>=\#l[]\{1\}$$

V této tabulce je vidět, že uzavírání pomocí stop-lossů (MSES) snížilo rizikovost, ale i výnosnost. Tato skutečnost je očekávatelná, protože stop-lossy způsobují, že finální výnosnosti jednotlivých investičních období se od sebe méně liší (jsou blíže průměru), avšak za cenu, že například na rostoucích trzích s vysokou volatilitou může stop-loss uzavřít pozici předčasně. Tato ztráta je pak kompenzována na klesajících trzích, kde stop-loss brání před strmým pádem ceny.

4.5 Porovnání výsledků se srovnávacími druhy investic

V této poslední kapitole praktické části práce budou vzniklé strategie porovnány s ostatními vybranými způsoby investování. Všechny způsoby investování budou mít stejný počáteční kapitál 100 000 Kč a stejné období, na kterém budou sledovány. Tímto obdobím bude období mezi 1.1.2007 a 1.1.2022. Bude zde porovnáno dohromady 6 + 1 (nulová linie - model bez investování) investičních modelů, kdy ke každému bude napsán způsob zisku dat pro určené období. Ve všech případech investic na akciovém trhu budou počítány jen peníze získané ze spekulací. Investiční modely tak nebudou počítat s vyplácením dividend za aktuálně držené akcie.

Dohromady zde budou dva grafy zobrazující porovnání zvolených investičních modelů. Na obou grafech bude zachycen vývoj daného investičního modelu každoročně a všechny ceny (pokud budou jiné než v Kč) budou převáděny podle aktuálních kurzů na Kč a v nich porovnány. První graf bude zobrazovat hodnotu aktiva neproměnného na peníze (nebudou zde zdaněné hodnoty). Druhým grafem bude graf porovnávající hodnoty zhodnocení jednotlivých investičních modelů pomocí indexu spotřebitelských cen. Tento způsob zobrazení výnosnosti daných investičních modelů zobrazuje důležitost investování kvůli zvedající se inflaci.

Pokud daný investiční model bude potřebovat převést například Kč na USD a opačně, tak bude využívat hodnoty uvedené pro daný den z webové stránky kurzy.cz [13]. Takto je postupováno i pro ostatní využitě měny.

První investiční model není úplně vhodné nazývat investičním modelem. Jedná se totiž o nulovou linii. Ta slouží jako model, ve kterém investor vůbec neinvestuje. Tento model slouží k vytvoření základní hranice pro porovnání a je určen hlavně k porovnání, které zahrnuje inflaci.

Druhým investičním modelem je velmi důležitý investiční model a to model aplikující strategii Buy & Hold na index S&P 500. Investování do indexů je velmi populární pro nováčky na akciové burze, ale jedná se i o nástroj již ostřílených investorů. Tato strategie spoléhá na dlouhodobé zhodnocení indexu, který je hlavním indexem americké burzy, a tím pádem roste (případně klesá) s ní. Hodnoty tohoto indikátoru jsou stanoveny nakoupením na začátku sledovaného období za USD v hodnotě počátečního kapitálu. Meziroční hodnoty jsou počítány z aktuální hodnoty pozice převedené v kurzu, který je aktuální k danému dni.

Podobným investičním modelem, jako byl předchozí model, je investiční model aplikující strategii Buy & Hold na investiční období evaluační skupiny *d*. Bude zde aplikován 3% bankroll management (informace udávající kolik procent stávajícího kapitálu má být investováno na daný trh; standardní bankroll management pracuje s 3-5 % celkového kapitálu). Akcie jednotlivých trhů budou zakoupeny na začátku období jim příslušícím za USD v hodnotě 3 % aktuálního kapitálu převedeného podle kurzu v daný den.

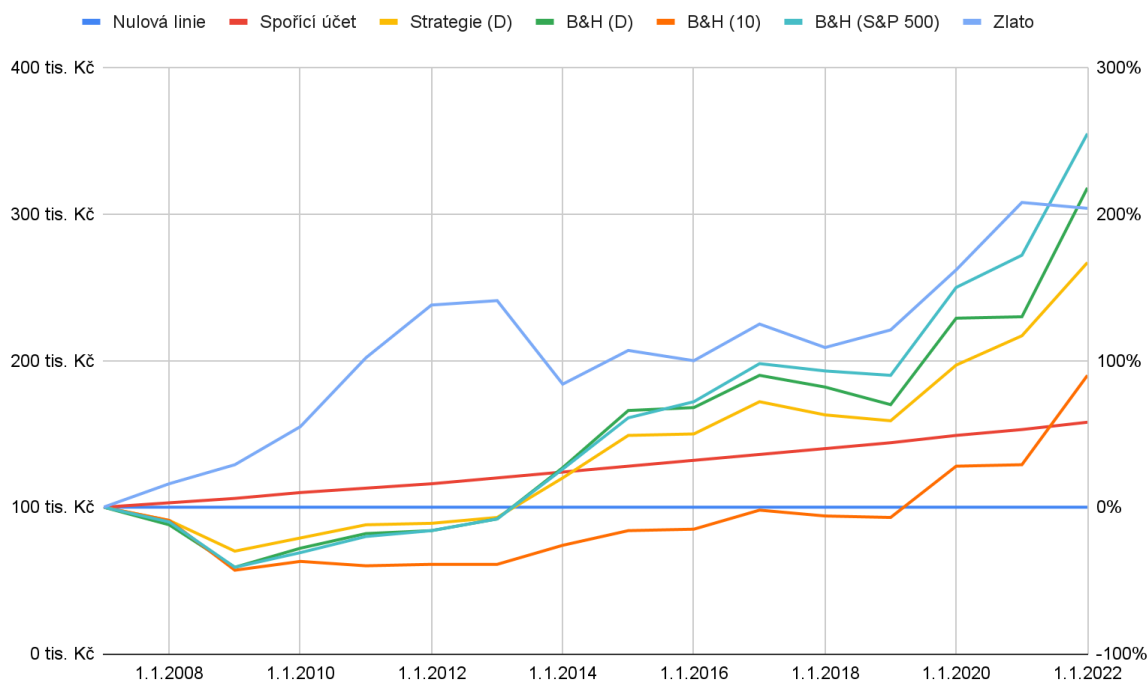
Do třetice všeho dobrého, dalším investičním modelem bude model aplikující strategii Buy & Hold na deset největších akcií podle tržní kapitalizace ke čtvrtému čtvrtletí roku 2006. Opět zde bude aplikován jiný bankroll management, který bude tentokrát činit 10 %. Akcie budou zakoupeny na začátku srovnávacího období za USD v hodnotě 10 % původního kapitálu převedeného v daný den. Meziroční hodnoty budou počítány z aktuální hodnoty akcie a převedeny na Kč podle kurzu aktuálního pro daný den [15].

I když to tak většinou není nazýváno, tak i investice do zlata je aplikací strategie Buy & Hold. Cena zlata bude získána na trhu s komoditami (podobně jako zjišťujeme cenu akcie). Meziroční hodnoty jsou počítány z aktuální hodnoty zlata převedené v kurzu, který je aktuální k danému dni.

Za další investiční model byl zvolen spořicí účet od Hello bank!. Tento spořicí účet byl vybrán z důvodu, že se jedná o spořicí účet s jedním z nejvyšších úroků (3,1% p.a.). Tento spořicí účet nabízí tento úrok do 200 000 Kč, což je pod limit tohoto porovnání a v celé délce testování tato hodnota nebude přesažena. Spořicí účet je pravděpodobně jednou z nejrozšířenější metodou zhodnocení peněz, avšak jedná se o investici s velmi nízkou výnosností [14]. Pro porovnání budeme zanedbávat skutečnost, že Hello bank! byla založena v roce 2013, a že je možné, že v roce 2007 nemusel existovat spořicí účet s úrokem 3,1 % p.a.

Posledním investičním modelem bude strategie vytvořená jako produkt této práce. Jedná se o strategii číslo 1 z druhé tabulky (strategie obsahující uzavírání pomocí MSES). Strategie bude aplikována na investiční období evaluační skupiny *d*. Strategii budou pro jednotlivé trhy skupiny *d* poskytnuty USD v hodnotě 3 % počátečního kapitálu převedeného podle kurzu aktuálního pro daný den. Z toho vyplývá, že bankroll management bude opět 3 % (protože v jednu chvíli může být otevřena pozice na 33 trzích). Meziroční hodnoty jsou finance, kterými strategie disponuje (jak hotovost, tak i v otevřených pozicích), převedené na Kč podle kurzu aktuálního pro daný den.

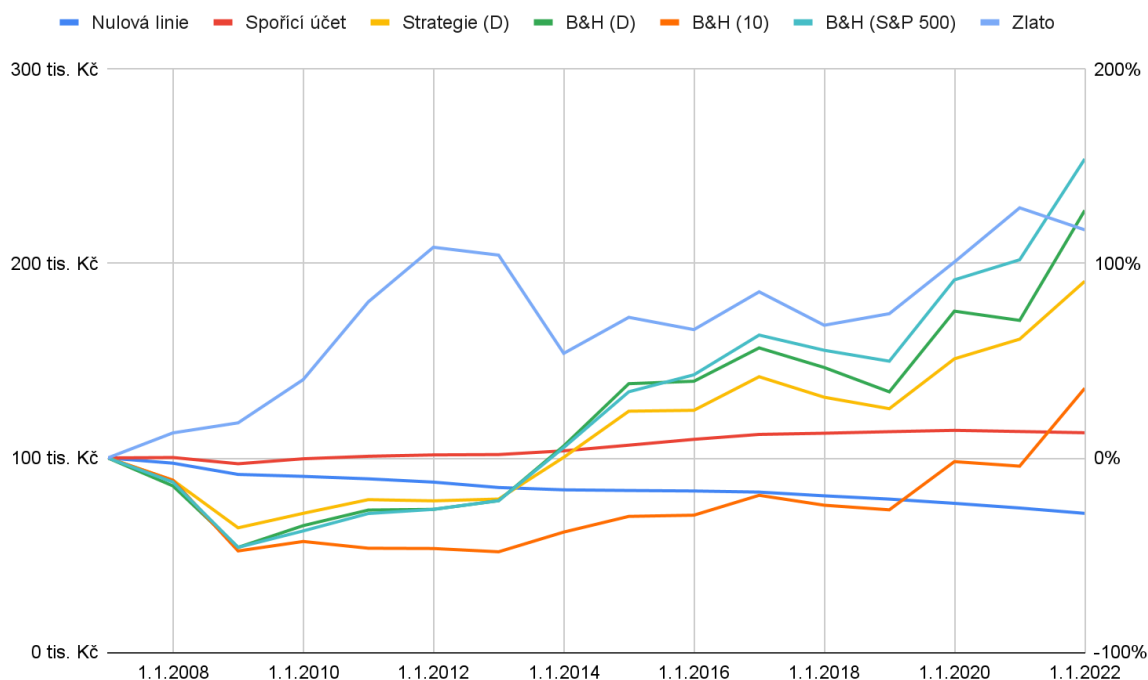
Výsledky porovnání zvolených investičních modelů jsou zobrazeny tímto grafem, který zobrazuje vývoj hodnoty investice v Kč v závislosti na čase.



Obr. 1: Graf vývoje hodnot zvolených investičních modelů

Z těchto výsledků je vidět, že model využívající spořicí účet a neinvestující model jsou velmi pozadu za ostatními modely. Dále je vidět, že strategie produkovaná prací je výnosnější než jen jeden ze zbylých investičních modelů. Zde je důležité brát v potaz i rizikovost, kdy všechny čtyři modely (3 akciové a 1 komoditní) využívající strategie Buy & Hold nehlídají ztrátu, a tak při strmém pádu ceny na trhu nedostatečně rychle neupravují svoji pozici, aby investor neprodělal většinu svého kapitálu. Dalším aspektem, který je důležité hodnotit, je diverzifikace (rozdělení kapitálu do jednotlivých odvětví na akciovém trhu). V tomto případě bude model aplikující strategii Buy & Hold na S&P 500 nejvíce diverzifikován. Nejméně pak bude z akciových modelů diverzifikován model využívající stejnou strategii na deset největších akcií podle tržní kapitalizace. Nejmenší diverzifikaci má poté investiční model investující do zlata. Důležitým aspektem, který je potřeba brát v potaz je i samotný převod investice na koruny. Právě aktuální síly koruny vůči měně, ve které investujeme, se silně odráží na hodnotě, kterou daný model ve zvolené chvíli představuje. Investor by ideálně chtěl vstoupit do pozice při silné koruně a pozici uzavřít v momentě, kdy koruna oslabí.

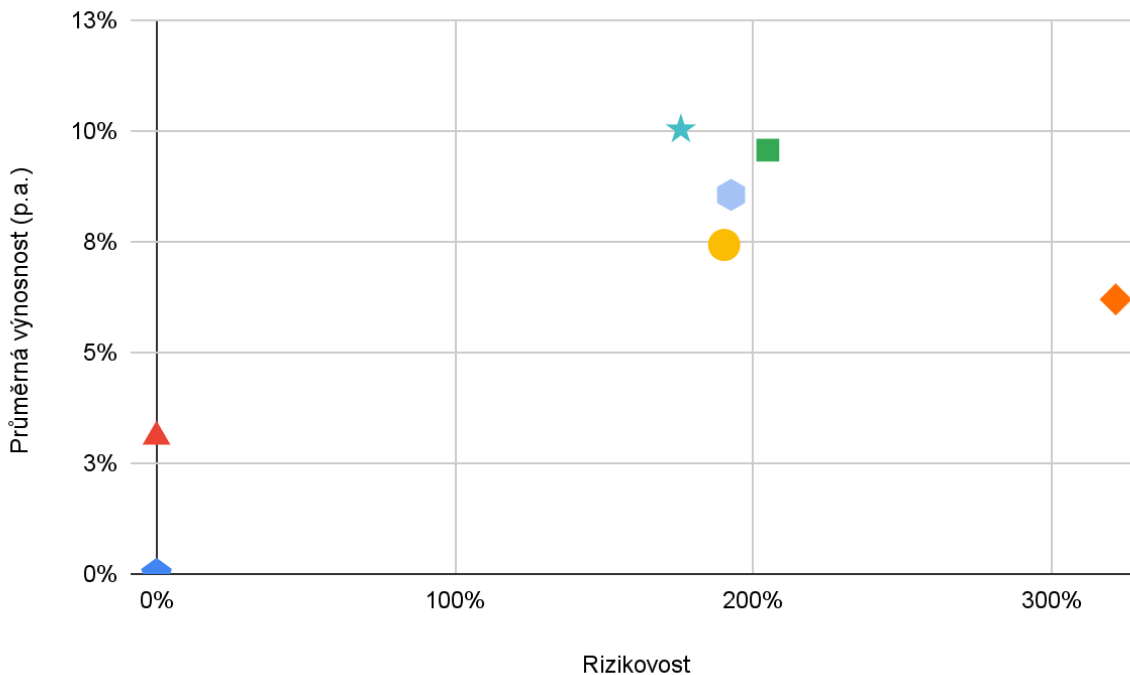
Druhý graf představuje porovnání výnosností jednotlivých investičních modelů, kdy je do porovnání započítána i inflace.



Obr. 2: Graf vývoje hodnot zvolených investičních modelů se započtením inflace

Hodnoty jednotlivých investičních modelů v tomto grafu představují hodnoty, které by odpovídaly hodnotě sledovaného investičního modelu v době začátku investičního období. Podle Českého statistického úřadu je rok 2015 určen jako odrazový můstek pro měření změny indexu spotřebitelských cen zboží a služeb [16]. Pro každý rok byla použita hodnota indexu spotřebitelských cen pro rok předchozí. Jednotlivé roční hodnoty všech investičních modelů byly upraveny tak, aby představovaly hodnotu, kterou by jejich stávající hodnota měla v počátečním roce investičního období (1.1.2007 - rok 2006). Graf tak zobrazuje, jak hodně vůči inflaci se hodnota investic mění. V případě, že by investice měla stejné zhodnocení jako je míra inflace pro daný rok tak, aby tyto hodnoty tvořily signální linii (hodnota 100 000). Za určitou signální linii zde můžeme považovat spořicí účet, který slouží k udržení hodnoty kapitálu (jak vyplývá z grafu).

Pro finální porovnání všech investičních modelů můžeme použít bodový graf závislosti rizikovosti na průměrné roční výnosnosti.



Obr. 3: Bodový graf porovnání investičních modelů podle rizikovosti a výnosnosti

Barvy jednotlivých investičních modelů jsou z předchozích grafů zachovány. Nulová linie (• - tmavě modrý pětiúhelník), Spořicí účet (• - červený trojúhelník), Strategie (D) (• - žlutý kruh), B&H (D) (• - zelený čtverec), B&H (10) (• - oranžový kosočtverec), B&H (S&P 500) (• - azurová hvězda) a Zlato (• - světle modrý šestiúhelník).

Tento typ grafu je pro investora asi nejlepším srovnání více investičních modelů. Investor si může zvolit investiční model podle rizikovosti, kterou je ochoten nést, a podle výnosnosti, kterou od investičního modelu očekává. Pro porovnání dvou zvolených investičních období je pro investora ideální posun směrem doleva nahoru (snížení rizikovosti a zároveň zvýšení výnosnosti). Hodnoty rizikovosti se opět nepodobají běžně očekávaným rizikovostem (například obecně je rizikovost investičního modelu strategie Buy & Hold na S&P 500 v roce 2022 udávána mezi 14-15 %). Rizikovost je zde počítána pomocí variačního koeficientu ročních zhodnocení jednotlivých investičních modelů.

5 Závěr

Hlavním cílem práce byla aplikace technické analýzy v podobě obchodních strategií na akciový trh. V teoretické části práce byla technická analýza popsána a byly představeny nejpoužívanější a nejznámější indikátory, se kterými technická analýza pracuje a které byly použity jako stavební kámen pro obchodní strategie. Byl popsán způsob tvorby strategií a způsob, jakým investor k obchodování na akciovém trhu přistupuje. Součástí této práce byl i proces vymýšlení, naprogramování, popsání a využití programu, který byl využit pro zápis a testování obchodních strategií tvořených z popsáných indikátorů. Tento program byl speciálně určen pro tuto práci. V rámci podpory dalšího výzkumu je poskytnut samotný program i jeho zdrojový kód. Pro úplnou transparentnost výpočtů a pro případné ověření pravdivosti výsledků testování je s prací poskytnuta i kompletní databáze dat, se kterými program pracoval a která program sám vytvořil. Pro dostatečné pochopení práce je uveden myšlenkový postup za zmíněným programem i za celým testováním strategií. Práce si kladla za cíl otestovat obchodní strategie, které byly na základě teoretické části sestaveny. K nalezení co nejlepší strategie program otestoval přes 96 tisíc strategií. Práce si také kladla za cíl porovnat výsledky aplikace technické analýzy s ostatními zvolenými druhy investic. K tomuto porovnání byla vybrána nejlepší sestavená strategie, která následně byla porovnána s dalšími šesti investičními modely. V porovnání s ostatními investičními modely se ukázalo, že výnosnost strategie, která byla programem určena jako nejlepší, byla nižší než některých zvolených investičních modelů. Avšak oproti ostatním investičním modelům obsahuje strategie funkci pro zachycení a rychlý prodej v případě, že dojde k strmému pádu trhu. Tímto krokem strategie snižuje svoji rizikovost, a obchodník by tak nepřišel o většinu svého kapitálu při strmém pádu ceny. Tuto funkci ostatní investiční modely postaveny na investování na akciovém trhu neobsahují. Vzniklá strategie tak byla méně riziková než většina investičních modelů, které pracovaly s akciemi nebo komoditami, avšak investiční model pracující s indexem S&P 500 byl jak výnosnější, tak méně rizikový. Z toho lze usoudit závěr, že zatím z testovaných strategií nebyla nalezena taková, která by překonala investiční model s indexem S&P 500. Důležitým cílem práce také bylo ukázat důležitost investic v důsledku každoročního znehodnocování uložených peněz kvůli inflaci.

Na základě této práce se může potenciální investor rozhodnout, jakým způsobem a jestli vůbec chce na akciovém trhu investovat. Podle porovnání se může dokonce rozhodnout pro investování na jiném než akciovém trhu (například na trhu s komoditami). Na základě výsledků této práce je možné konstatovat, že je pro začínajícího investora je vhodnější investovat do indexu S&P 500, než investovat za pomoci strategií prezentovaných v této práci. Program přiložený k práci může potenciálnímu investorovi sloužit jako nástroj pro otestování jeho strategií a jejich případné vylepšení. Práce zdůrazňuje důležitost investic a nabízí pro investora důležité teoretické informace, které jsou ověřeny praxí, a možnost otestovat své obchodní strategie na historických datech ještě dříve, než vůbec vkročí do světa akciových trhů. Program není limitován pouze na akciový trh. Program lze použít i na trhu s komoditami nebo například na forexových trzích.

6 Diskuze

Jedním z cílů práce bylo vytvořit obchodní strategie užitím technické analýzy. Avšak technická analýza není jediným způsobem jak analyzovat akciový trh. Za protipól technické analýzy můžeme považovat fundamentální analýzu, která místo vyhodnocování dat z trhu vyhodnocuje makroekonomické i mikroekonomické faktory a mnohé další faktory. Je tedy možné ubírat se směrem hledání vnitřních hodnot jednotlivých odvětví nebo konkrétních akcií.

Avšak v případě technické analýzy je možné využít k hledání univerzální obchodní strategie strojové učení a neuronové sítě. V tomto případě se jedná o velmi technicky náročný úkol, který však může být při správné aplikaci přesnější než způsob, který je využit v této práci. Pro účely takové práce je pak však těžké popsat fungování takové strategie nebo programu.

Oba výše zmíněné způsoby zkoumání akciového trhu nebyly v práci zkoumány práce a spíše nabízejí alternativní pohled na celou problematiku a jejich aplikace bude mít s touto prací málo společného. Tato práce je však částečně zamýšlena jako základ pro budoucí testování a tvorbu co nejefektivnějších obchodních strategií.

Základní chybou, která byla při psaní práce udělána a kterou se nepovedlo během práce odstranit, byla nejednotnost výpočtu rizikovosti. Program počítá rizikovost zvoleným způsobem, avšak tento způsob nelze použít na porovnávané investiční modely. V práci jsou tak uváděny různé rizikovosti pro stejné strategie a to v závislosti na tom, s čím je aktuálně strategie porovnávána. Tento problém se také vyskytuje u výnosnosti, kdy program počítá výnosnost odlišně, než je poté počítána pro porovnání investičních modelů. Práce je tak složitější ke čtení a pro jeden jev může být uvedeno více hodnot s tím, že každá je počítána podle jiného výpočtu (i když počítají téměř totožný jev).

Jako pokračování této práce může být výzkum, který si prvně určí, na kolik a jaké typy trhů si trhy rozdělí (může být podle trendu trhu, volatility trhu, objemu obchodů atd.). Poté najde způsob, jak pro libovolný trh určit jeho typ podle zvolených indikátorů. Následně najde testovací investiční období, tak aby v jednotlivých skupinách byla taková investiční období, která obsahují trhy stejného typu. Následně pak může být použita myšlenka nalezení nejefektivnější primitivní strategie pro daný typ trhu a následná tvorba komplexní strategie obsahující určení pro všechny typy trhů a seznam jednotlivých strategií, podle kterých se má na těchto typech trhů obchodovat. Pro aplikaci této myšlenky by muselo probíhat znovu nejen celé testování, ale musely by se otestovat stovky trhů tak, aby se našly trhy chovající se dostatečně dlouho jako vybraný typ trhu. K tomuto testování se dá využít přiložený program, jediné, co neobsahuje, je možnost testování jednotlivých trhů pro jejich typ, což by bylo nutné doplnit.

Další věc, která nebyla prezentována kvůli nedostatku času a limitům výpočetní techniky, byly výsledky testování jednotlivých indikátorů. Jelikož toto testování testuje všechny možné kombinace parametrů pro jednotlivé indikátory, tak je počet testovaných indikátorů příliš

velký pro výpočet na klasickém počítači. Tabulka testování všech možných indikátorů, která byla vytvořena pro tuto práci, obsahuje přes 768 tisíc indikátorů. Na rozdíl od testování strategií se zde nepovedlo urychlit testování možností spustit testovací aplikaci vícekrát pro signifikantní urychlení testování. Zde je tedy možnost upravit nebo napsat nový kód pro testování indikátorů, který by vyřešil problémy s nedostatkem času. Po dokončení tohoto testování by vznikl seznam indikátorů, které generují signály blízko datumů, kdy by bylo dobré otevřít či uzavřít pozice. Následnou kombinací těchto indikátorů by se dalo docílit jejich maximální přesnosti. K jejich využití by pak nebylo potřeba komplexních strategií, jejich schopnost generace přesných signálů by byla jen vázána na počet obchodů (de fakto na jak dlouho má být pozice držena) za dané časové období. Počet obchodů je ovlivněn počtem lokálních extrémů pro testovanou tabulku, ze které nám vzešly výsledné kombinace indikátorů.

Poslední způsob využití této práce, který nebyl v této práci prozkoumán, bylo přetvoření těchto testovacích programů na programy určující vhodnost otevření nebo uzavření dlouhodobé pozice (pozice by byla držena několik let). V tomto případě by bylo vhodné vytvořit stupnici, která by rozhodovala, s jakou pravděpodobností bude daná akcie výdělečná a jak moc za pomoci použití zapsaných indikátorů. Již by se nejednalo o automatické generování signálů, ale spíše o shrnutí hlavních tržních ukazatelů, které by poté obchodník vyhodnotil subjektivně (například v porovnání s jeho aktuálními pozicemi nebo aktuálními možnostmi). Program by mu tak byl schopen vygenerovat předpokládané zhodnocení a riziko dané akcie s větší přesností, než je třeba uvedeno v některých analýzách na internetu.

Do práce je také možné přidat více indikátorů, doprogramovat možnost matematických operací s hodnotami indikátorů nebo udělat z přiloženého programu uživatelsky přívětivější aplikaci, která by mohla být používána širší veřejností pro rychlé zhodnocení jejich strategií.

Pro budoucí využití programu by bylo ideální volit do jednotlivých skupin investičních období taková investiční období, aby se jednalo o stejné časové periody jen s jinými akciemi. Výsledky jednotlivých skupin tak budou celistvější a nebudou obsahovat investiční období z různě se vyvíjejících období na trhu (nevhodné kombinovat např. předkoronový a koronový trh).

Výsledky této práce jsou vázány na přesné výpočty uvedené v této práci a na uvedená investiční období. I přes snahu o objektivní výsledky (použitím dvou separovaných seznamů investičních období: testovací a evaluační), tak při volbě jiných trhů může být výsledek výrazně odlišný.

Budoucí práce by si měly klást za cíl překonání investičního modelu s indexem S&P 500 buď ve výnosnosti (s přijatelnou rizikovostí) nebo v rizikovosti (s adekvátní výnosností). Nejlepším výsledkem by bylo nalezení takové strategie, která je jak výnosnější, tak i méně riziková než S&P 500. Tato skutečnost je však některými nejúspěšnějšími investory považována za nemožnou.

7 Seznam zdrojů

- [1] VYHNIS, Lukáš. Koronavirus a jeho dopady na český akciový trh [online]. Plzeň, 2021 [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/44110/1/BP-LukasVyhnis.pdf>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická.
- [2] PALEČEK, Michal. Určení vnitřní hodnoty akcie podniku umělou neuronovou sítí [online]. Brno, 2011 [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/x7f23/Michal_Palecek_-_Urceni_vnitri_hodnoty_podnikove_akcie_umelou_neuronovou_siti.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta.
- [3] SÝKORA, Tomáš. Stanovení tržní hodnoty firmy VPS, a.s. Rosice [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/37087/SykoraT_StanoveniHodnoty_RK_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [4] WÁGNER, Jiří. Komparace pražské a varšavské burzy cenných papírů [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/37180/WagnerJ_Komparace%20burz_PD_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní.
- [5] MURPHY, John J. Technical analysis of the financial markets: A comprehensive guide to trading methods and applications. Paramus, New Jersey, New York Institute of Finance 1999. ISBN 0-7352-0066-1.
- [6] KRUTINA, Tomáš. Analýza vybraných indikátorů technické analýzy v době propadů na akciových trzích [online]. Plzeň, 2021 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/44757/1/Bakalarska%20prace%20Krutina.pdf>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky.
- [7] JEŽKOVÁ, Martina. Indikátory technické analýzy akcií [online]. Brno, 2010 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/asud7/Martina_Jezkova_-_BP.pdf. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- [8] KAŠÁK, Jan. Posouzení výkonnosti vybraných indikátorů technické analýzy [online]. Plzeň, 2018 [cit. 2021-10-9]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/32339/1/Bakalarska%20prace%20Jan%20Kasak%20A14B0546P.pdf>. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra matematiky.
- [9] CHVÁTAL, Patrik. Technická analýza: Jak obchodovat MACD? Kurzy.cz [online]. Praha: Grant Capital, 2016 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/399045-technicka-analyza-jak-obchodovat-macd/>

- [10] Průzkum ČBA: Finanční gramotnost Čechů 2022. Česká bankovní asociace [online]. 30. 3. 2021 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://cbaonline.cz/cesi-a-financni-gramotnost-2021>
- [11] COACH, Shane. 3 Exponential Moving Average Trading Strategy. NetPicks [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.netpicks.com/three-moving-average-crossover/>
- [12] Bollinger Bands. Fidelity [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.fidelity.com/learning-center/trading-investing/technical-analysis/technical-indicator-guide/bollinger-bands>
- [13] USD průměrné kurzy 2022, historie kurzů měn. Kurzy.cz [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kurzy-men/historie/USD-americky-dolar/2022/>
- [14] Jak je to s úroky na spořicímu účtu a který účet je z tohoto pohledu nejvýhodnější?. Hellobank.cz [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.hellobank.cz/informace/sporici-ucet/sporici-ucet-uroky/>
- [15] List of public corporations by market capitalization. Wikipedia, The Free Encyclopedia [online]. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_public_corporations_by_market_capitalization&oldid=1072975474
- [16] Indexy spotřebitelských cen zboží a služeb. Český statistický úřad [online]. [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvoc=&katalog=31779&pvo=CEN09&z=T>
- [17] Fortune 500 2006. CNN Money [online]. 3 April 2006 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune500/2006/full_list/

8 Seznam obrázků a tabulek

Pokud není uvedeno jinak, tak autorem všech obrázků a tabulek je autor této práce.

8.1 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. 1: Graf vývoje hodnot zvolených investičních modelů | 52 |
| Obr. 2: Graf vývoje hodnot zvolených investičních modelů se započtením inflace | 53 |
| Obr. 2: Bodový graf porovnání investičních modelů podle rizikovosti a výnosnosti | 54 |

8.2 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Tabulka investičních období skupiny A | 28 |
| Tab. 2: Tabulka investičních období skupiny B | 28 |
| Tab. 3: Tabulka investičních období skupiny C | 28 |
| Tab. 4: Tabulka investičních období skupiny D | 29 |
| Tab. 5: Tabulka nejlepších testovaných strategií s výslednými hodnotami testování na evaluačních datech | 47 |
| Tab. 6: Tabulka nejlepších testovaných strategií upravených pomocí MSES s výslednými hodnotami testování na evaluačních datech | 49 |

9 Dodatky

V důsledku velkého množství testovaných dat, strategií, indikátorů a vyhodnocení všech testování jsou tabulky obsahující výsledky výpočtů nevhodné pro vložení přímo do dokumentu. Pro zobrazení (a případné stažení) všech tabulek obsažených v databázi, samotnou databázi, použitý program a jeho zdrojový kód je nutné se dostat na Google Disk, na kterém jsou všechny zmíněné části práce uloženy a zpřístupněny. Na zmíněném Google Disku je přiložena i tabulka obsahující hodnoty, ze kterých vznikly výsledné grafy. Z tohoto důvodu zde je uveden - viz níže - odkaz na příslušný Google Disk. Pro jednodušší přepis v případě, že je práce v tištěné podobě a nejde odkaz zkopírovat, zde je přiložen i zkrácený odkaz na zmíněný Google Disk. Je možné, že zkrácený odkaz nebude fungovat. V takovém případě je nutné použít původní odkaz

Odkaz na Google Disk:

<https://drive.google.com/drive/folders/1VNZjkytSEQxmxw7eevSyAia9V0uIT2Z?usp=sharing>

Zkrácený odkaz na Google Disk:

<https://tinyurl.com/2p8ep8nn>

9.1 Popis kódu práce

9.1.1 Nezařazené pomocné funkce

Date_change

Tato pomocná funkce je určena ke změně zápisu datumů ze C# typu na SQL typ. Do funkce vstupu je datum zapsaný jako DD.MM.YYYY a funkce vrací datum zapsaný jako YYYY-MM-DD.

Double_change

Tato pomocná funkce slouží ke změně zápisu desetinného čísla. Do funkce vstupuje desetinné číslo s tečkou (9.63) a funkce vrací desetinné číslo s čárkou (9,63).

9.1.2 Databáze

DBconn_update

Tato funkce je určena k nastavení připojení k vybrané MySQL databázi. Funkce bere informace o připojení z příkazového řádku, kam jsou po vyzvání zadány informace o IP adrese, ID uživatele a hesla uživatele. Zavoláním této funkce (/DBconn_update) by mělo začít každé nové spuštění programu (v dalších popisech funkcí bude předpokládáno, že je program připojen ke správné databázi).

DB_setup

Tato funkce je určena k vytvoření schématu v databázi a v něm potřebných tabulek. Funkce tvoří schéma 'atanat', tabulku 'aut_test', která uchovává informace o vytvořených automatických testování a tabulky 'invest_period_tp' a 'invest_period_tao', které slouží k zapsání jednotlivých investičních období a jejich kódů. Tato funkce by měla být zavolána (/DB_setup) při prvním spuštění programu.

Symbol_create

Tato funkce je určena pro zápis nových investičních období. Při volání funkce (/symbol_create {typ databáze} {kód} {symbol} {začátek investičního období} {konec investičního období}) je potřeba zadat typ databáze, který určí zda se jedná o testovací období (typ databáze "tp"), nebo o evaluační období (typ databáze "tao"), unikátní kód, který se skládá z písmena (zařazení do skupiny) a čísla, symbol, pod kterým se obchoduje akcie vybraného investičního období, začátek a konec investičního období, které jsou zadány ve formátu YYYY-MM-DD. Funkce zapíše dané investiční období do tabulky investičních období ('invest_period_tp', nebo 'invest_period_tao') a vytvoří tabulku pro zápis informací z trhu pro symbol zadávaného investičního období.

Symbol_remove

Tato funkce je určena k odstranění investičního období. Při volání této funkce (/symbol_remove {typ databáze} {kód}) je potřeba zadat typ databáze, ve které se dané investiční období nachází, a unikátní kód zvoleného investičního období. Funkce odstraní dané investiční období z příslušné tabulky investičních období ('invest_period_tp', nebo 'invest_period_tao') a odstraní tabulku obsahující informace z trhu pro symbol zvoleného investičního období.

API_update

Tato funkce je určena k zadání přístupového kódu do marketstack API. Funkce požaduje 32 místný přístupový kód uživatele do marketstack API. Tato funkce by měla být zavolána při každém novém spuštění, během kterého bude volána funkce **Dataget_API**.

Dataget_API

Tato funkce je určena k získání informací z trhu pro zvolené investiční období a jejich zapsání do tabulky. Při volání této funkce (/getdata {typ databáze} {kód}) je potřeba zadat typ databáze, ve které se dané investiční období nachází, a unikátní kód zvoleného investičního období. Funkce získá symbol akcie, začátek a konec zvoleného investičního období a skrze API stránku marketstack.com získá denní informace z trhu o zvolené akci v období od počátku investičního období do jeho konce plus data rok před začátkem investičního období, aby měl program dostatek dat pro výpočet indikátorů s delším obdobím v den začátku investičního období. Tyto informace, objem obchodů, otevírací, uzavírací, minimální a

maximální cena, jsou poté zapsány do příslušné tabulky. Tuto funkci je nutné spustit pro každé nově přidané investiční období.

DB_Tests_create

Tato funkce je určena k vytvoření tabulek pro manuální testování strategií. Při volání této funkce (`/DB_tests_create {typ databáze}`) je potřeba zadat typ databáze, pro kterou chceme vytvořit tabulku manuálních testování strategií. Funkce na základě typu databáze vybere z tabulky investičních období pro daný typ databáze všechny kódy a vytvoří tabulku pro manuální testování, která bude obsahovat sloupec pro každý kód a pro každou skupinu kódů (příklad: kódy *r1*, *r2* a *r3* spadají do skupiny *r*). Pokud již tabulka pro manuální testování daného typu databáze existuje, tak bude nahrazena novou s tím, že přijde o všechna data v ní uložená. Tato funkce by měla být spuštěna pokaždé, když dojde ke změně tabulky investičních období daného typu databáze (pomocí funkcí **Symbol_create** a **Symbol_remove**).

Infoget_Code

Tato pomocná funkce je určena k získání informací o investičním období podle zadaného typu databáze a kódu. Funkce vrací symbol akcie, začátek a konec investičního období, které odpovídá zadanému kódu.

Dataget_SQL

Tato pomocná funkce je určena k načtení informací z trhu pro zvolený symbol akcie. Funkce na základě zadaného symbolu akcie vrací seznam všech dní, které jsou zapsané v příslušné tabulce tržních hodnot. Pro každý den jsou získány informace o objemu obchodů, otevírací, uzavírací, minimální a maximální ceně. Pokud dále v práci bude uvedeno, že některá funkce získala tržní data, tak je myšleno, že zmíněná funkce volala tuto funkci.

GET_codes

Tato pomocná funkce je určena k vypsání všech kódů v zvoleném typu databáze. Funkce vrací seznam kódu, které se vyskytují v tabulce investičních období zvoleného typu databáze. **GET_SUMcodes**

Tato pomocná funkce je určena k vypsání všech skupin, které se vyskytují v zadaném seznamu kódů. Funkce vrací seznam skupin kódů, které se vyskytují v zadaném seznamu kódů.

GET_cCodes

Tato pomocná funkce je určena k zjištění počtu všech kódů v obou typech databází (“tp” i “tao”). Funkce vrací číselnou hodnotu, která odpovídá počtu všech kódů v obou typech databází.

9.1.3 Indikátory

SMA

Tato početní funkce je určena k vypočítání jednoduchého klouzavého průměru (SMA) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je SMA počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka SMA. Funkce vrací seznam hodnot SMA pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota SMA pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka SMA plus jedna.

WMA

Tato početní funkce je určena k vypočítání váženého klouzavého průměru (WMA) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je WMA počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka WMA. Funkce vrací seznam hodnot WMA pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota WMA pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka WMA plus jedna.

EMA

Tato početní funkce je určena k vypočítání exponenciálního klouzavého průměru (EMA) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je EMA počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka EMA. Funkce vrací seznam hodnot EMA pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota EMA pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka SMA plus jedna. První hodnota seznamu hodnot EMA je hodnota SMA pro zvolená data (uvedeno v teorii).

TMA

Tato početní funkce je určena k vypočítání trojúhelníkového klouzavého průměru (TMA) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je TMA počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka TMA. Funkce vrací seznam hodnot TMA pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota TMA pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka TMA plus jedna. Podle délky TMA je určen vzorec, podle kterého se budou hodnoty pro zadaný seznam dat počítat (uvedeno v teorii).

VMA

Tato početní funkce je určena k vypočítání klouzavého průměru (VMA) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je VMA počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka VMA. Funkce vrací seznam hodnot VMA pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota VMA pro daný den}. Délka

seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka VMA plus jedna. Volitelný parametr m není zadáván, ale je počítán z délky VMA (n) ($m = n * \frac{3}{7}$). Prvních m hodnot seznamu hodnot TMA je hodnota uzavírací ceny v daný den (uvedeno v teorii; nelze pro tyto hodnoty počítat hodnotu volatility ratio). Hodnota volatility ratio je získána voláním pomocné funkce **VHF**.

VHF

Tato pomocná početní funkce je určena k výpočtu hodnoty VHF (Vertical Horizontal Filter), která je potřebná k výpočtu VMA, pro zvolený den ze zvolených dat podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.1). Do funkce je zadán seznam dat, ze kterých je hodnota VHF počítána (ve formátu {datum}/{hodnota}), den, pro který je hodnota počítána a délka VHF. Funkce vrací hodnotu VHF pro zvolený den vypočtenou ze zadaných dat.

MACD

Tato početní funkce je určena k vypočítání hodnot MACD a její signální linie pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.2). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je MACD počítána (ve formátu {datum}/{hodnota}), typ klouzavého průměru, který má být použit ve všech výpočtech, délka méně citlivého klouzavého průměru (k_1), délka více citlivého klouzavého průměru (k_2) a délka klouzavého průměru, který tvoří signální linii (k_3).

Funkce vrací seznam hodnot MACD a její signální linii pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota MACD pro daný den}/{hodnota signální linie pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka méně citlivého klouzavého průměru plus jedna. Prvních k_3 řádků seznamu hodnot MACD neobsahuje informaci o hodnotě signální linie.

BB

Tato početní funkce je určena k vypočítání hodnot spodní a horní hranice Bollingerových pásem pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.3). Do funkce je zadán seznam dat, pro který jsou hranice BB počítány (ve formátu {datum}/{hodnota}), typ klouzavého průměru, kolem kterého se hranice BB pohybují, délka směrodatné odchylky a hodnota parametru směrodatné odchylky. Funkce vrací seznam hodnoty spodní a horní hranice BB pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota horní hranice BB pro daný den}/{hodnota spodní hranice BB pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka směrodatné odchylky plus jedna.

OBV

Tato početní funkce je určena k vypočítání bilance objemu (OBV) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.4). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je OBV počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}). Funkce vrací seznam hodnot OBV pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota OBV pro daný den}. Délka seznamu vráceného

funkcí je délka původního seznamu dat. První hodnota seznamu hodnot OBV je nulová (uvedeno v teorii).

RSI

Tato početní funkce je určena k vypočítání indexu relativní síly (RSI) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.5). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je RSI počítán (ve formátu {datum}/{hodnota}), typ klouzavého průměru, kterým jsou počítány průměrné zisky a ztráty, a délka RSI. Funkce vrací seznam hodnot RSI pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota RSI pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka RSI.

AM

Tato početní funkce je určena k vypočítání momenta (AM) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.6). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je AM počítáno (ve formátu {datum}/{hodnota}) a délka AM. Funkce vrací seznam hodnot AM pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota AM pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka AM.

STOCH

Tato početní funkce je určena k vypočítání rychlé a pomalé křivky rychlého Stochastiku (STOCH) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.7). Do funkce je zadán seznam dat, pro který jsou křivky STOCH počítány (ve formátu {datum}/{uzavírací cena}/{minimální cena}/{maximální cena}), délka STOCH a délka (m) jednoduchého klouzavého průměru, který tvoří pomalou křivku STOCH. Funkce vrací seznam hodnot rychlé a pomalé křivky STOCH pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota rychlé křivky STOCH pro daný den}/{hodnota pomalé křivky STOCH pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka STOCH plus jedna. Prvních m hodnot pomalé křivky STOCH je rovno hodnotě pomalé křivky v den m (protože pro dny před dnem m nelze počítat hodnota pomalé křivky STOCH).

sSTOCH

Tato početní funkce je určena k vypočítání rychlé a pomalé křivky pomalého Stochastiku (sSTOCH) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.7). Do funkce je zadán seznam dat, pro který jsou křivky sSTOCH počítány (ve formátu {datum}/{uzavírací cena}/{minimální cena}/{maximální cena}), typ klouzavého průměru, který bude tvořit rychlou křivku sSTOCH z hodnot rychlé křivky STOCH, délka STOCH, délka (k) klouzavého průměru, který bude tvořit rychlou křivku sSTOCH a délka (m) jednoduchého klouzavého průměru, který tvoří pomalou křivku sSTOCH. Funkce vrací seznam hodnot rychlé a pomalé křivky sSTOCH pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota rychlé křivky sSTOCH pro daný den}/{hodnota pomalé křivky sSTOCH pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka seznamu hodnot STOCH z původních zadaných dat minus

délka k plus jedna. Prvních m hodnot pomalé křivky sSTOCH je rovno hodnotě pomalé křivky v den m (protože pro dny před dnem m nelze počítat hodnota pomalé křivky sSTOCH.

WmpR

Tato početní funkce je určena k vypočítání hodnot indikátoru Williams %R (WmpR) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.3.8). Do funkce je zadán seznam dat, pro který jsou hodnoty WmpR počítány (ve formátu {datum}/{uzavírací cena}/{minimální cena}/{maximální cena}) a délka WmpR. Funkce vrací seznam hodnot WmpR pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota WmpR pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka WmpR plus jedna.

MSES

Tato početní funkce je určena k vypočítání modifikované Standardní strategie výstupu (MSES) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (2.4.1). Do funkce je zadán seznam dat, pro který je MSES počítána (ve formátu {datum}/{uzavírací cena}/{minimální cena}/{maximální cena}) a délka MSES. Funkce vrací seznam MSES pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota MSES pro daný den}. Hodnota MSES je v seznamu zapsána, tak jak by měl být nastaven stop-loss při otevření trhu daný den. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka MSES.

MZB

Tato početní funkce je určena k vypočítání hranic středního pásma (MZB) pro zvolená data podle vzorce uvedeného v teoretické části (4.2.2). Do funkce je zadán seznam dat, pro který jsou MZB počítány (ve formátu {datum}/{hodnota}), délka MZB (n) a desetinné číslo (p) představující část hodnot, které se mají nacházet mezi hranicemi. Funkce vrací seznam MZB pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota spodní hranice MZB pro daný den}/{hodnota horní hranice MZB pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus délka MZB plus jedna.

Pro každý den jsou testovány hranice, které jsou od jednoduchého klouzavého průměru obě stejně vzdálené. Jsou postupně posouvány od hodnoty jednoduchého klouzavého průměru o hodnotu m , která se vypočítá jako rozdíl maximální a minimální ceny za časové období od daného dne po n -tý den zpět dělený délkou MZB. Posun je zastaven v moment, kdy procentuální část dat nacházejících se mezi hranicemi je větší než zadané číslo p .

D

Tato početní funkce je určena k vypočítání divergence (D) mezi dvěma seznamy zvolených dat podle vzorce uvedeného v praktické části (4.2.2). Do funkce je zadán hlavní (G) a vedlejší (H) seznam dat, pro které je D počítána (ve formátu {datum}/{hodnota}), typ klouzavého průměru, který je použit pro výpočet vyrovnávacího poměru divergence, a délka D. Funkce vrací seznam D pro zvolený seznam dat ve formě {datum}/{hodnota D pro daný den}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka kratšího původního seznamu dat minus délka D plus

jedna. Pokud by jedna z hodnot ze seznamu zadaných dat byla pro daný den nulová, tak se hodnota D rovná hodnotě D z předešlého dne (v případě, že se jedná o první den, je hodnota D nula).

Oba seznamy jsou urovnány, tak, aby byly oba stejně dlouhé (kratší seznam se nijak nemění a delší se zkracuje o data předcházející prvním datům v kratším seznamu). Výpočet vyrovnávacího poměru divergence je poměrem hodnoty klouzavého průměru z hodnot vedlejšího seznamu dat pro daný den a hodnoty klouzavého průměru z hodnot hlavního seznamu dat pro daný den. Tímto koeficientem je pak násoben poměr hodnoty z hlavního seznamu dat pro daný den a hodnoty vedlejšího seznamu dat pro daný den. Z toho vyplývá, že hodnota D pro zadané seznamy dat bude kladná, když bude hodnota z hlavního seznamu dat růst a hodnota z vedlejšího seznamu dat klesat, a bude záporná v opačném případě. Hodnota D bude také kladná v případě, když bude rychlost změny hodnot hlavního seznamu dat rychlejší než rychlost změny hodnot vedlejšího seznamu dat, a bude záporná v opačném případě.

K

Tato pomocná porovnávací funkce je určena k vytvoření seznamu dat, který obsahuje pro každý den zvolenou konstantní hodnotu. Do funkce je zadán libovolný seznam dat a zvolená konstantní hodnota. Funkce vrací seznam hodnot ve formě {datum}/{zvolená konstantní hodnota}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat.

M

Tato pomocná porovnávací funkce je určena k vytvoření seznamu dat, který obsahuje hodnoty posunuté o zvolený počet dní. Do funkce je zadán seznam dat a počet dní (m), o který má být seznam posunut. Funkce vrací seznam hodnot ve formě {datum}/{hodnota původního seznamu m dní zpět}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka původního seznamu dat minus zadaný počet dní.

BaH

Tato početní funkce je určena k vypočítání a zapsání průběhu strategie Buy & Hold na všech investičních obdobích daného typu databáze. Do funkce je zadán typ databáze, na jejíchž investiční období je aplikována strategie Buy & Hold. Výsledkem funkce je zápis výsledků strategie Buy & Hold na všech investičních obdobích zvoleného typu databáze do tabulky pro manuální testování zvoleného typu databáze.

9.1.4 Strategie

INDdata_cal

Tato pomocná funkce je určena k vytvoření seznamu hodnot zadaného indikátoru ze zadaných dat. Do funkce je zadán seznam tržních dat ve formě {datum}/{otevírací cena}/{uzavírací cena}/{minimální cena}/{maximální cena} a úplný zápis indikátoru (včetně seznamu dat,

z kterých se má počítat, a všech parametrů), pro který je seznam tvořen. Funkce vrací seznam zvolených hodnot zvoleného indikátoru vypočítaných ze dat a parametrů zadaných v zápisu ve formě {datum}/{zvolená hodnota indikátoru pro daný den}. V případě, že početní funkce zvoleného indikátoru vrací více hodnot v jednom řádku, tak o hodnotě, kterou vrací tato funkce, zvolená hodnota, rozhoduje číslo v hranaté závorce značící konec indikátoru, které určuje pozici zvolené hodnoty v seznamu vráceným početní funkcí zvoleného indikátoru. Délka vráceného seznamu je shodná s délkou seznamu, který produkuje použitý indikátor nastavený podle zvoleného zápisu. Funkce využívá sama sebe v případě, že zadaný zápis indikátoru obsahuje jiný indikátor (v tomto případě je u vnořeného indikátoru vynechán #, kterým klasický zápis indikátoru začíná, a je označen jen složenou závorkou na konci zápisu vnořeného indikátoru) jako seznam dat k výpočtu. Tento cyklus končí, když je požadován seznam dat obsahující jen základní tržní hodnoty (objem obchodů, otevírací, uzavírací, minimální a maximální cena).

fIF

Tato pomocná porovnávací funkce je určena k určení platnosti nerovnosti (případně rovnosti) dvou zadaných hodnot. Do funkce jsou zadány dvě číselné hodnoty a znaménko nerovnosti. Funkce vrací pravdivostní hodnotu podle toho, zda-li zadaná nerovnost (případně rovnost) platí.

9.1.5 Testování

Test_ToSQL

Tato funkce je určena k testování manuálně zadaných strategií. Při volání této funkce (/test {typ databáze} {strategie}) je potřeba zadat typ databáze, pro jejíž investiční období bude zadaná strategie testována, a strategii, která má být testována. Funkce vytvoří nový zápis v příslušné tabulce manuálního testování podle zvoleného typu databáze, pro všechna investiční období v tomto typu databáze je otestována zadaná strategie a poté jsou zapsány souhrny pro všechny skupiny kódů v příslušném typu databáze. V případě, že při testování strategie nastane chyba, kvůli které se testování nedokončí, je vytvořený zápis vymazán.

Test_CAL

Tato funkce je určena k provedení simulace obchodování ve zvoleném investičním období podle zvolené strategie. Pokud je v práci uvedeno, že je nějaký indikátor, nebo strategie testován, tak je testován pomocí této funkce. Do funkce je zadán typ databáze, pro který je simulace prováděna, strategie, pomocí které se má v simulaci obchodovat, a kód pro investiční období ze zvoleného typu databáze, na kterém má být simulace provedena. Funkce vrací hodnotu simulace ve formě {% zhodnocení}/{počet signálů k otevření pozice}/{počet signálů k uzavření pozice}/{počet úspěšných obchodů}/{počet neúspěšných obchodů}.

Funkce získá seznam hodnot indikátorů vyskytujících se v zadané strategii pomocí pomocné funkce **CAL_INDData** a z těchto hodnot pak získá seznam generovaných signálů zadanou

strategií pomocí pomocné funkce **CAL_TPdata**. Tento seznam hodnot signálů je poté upraven pokud se v zadané strategii vyskytuje indikátor MSES pomocnou funkcí **MSES_Update**, která využívá generuje signál k prodeji pokud se dlouho nemění hodnota MSES (v tomto programu je nastaveno 10 dní). Dále následuje simulace každého obchodního dne v investičním období určeným zadaným kódem. Před začátkem simulací je zapsán počet otevíracích a uzavíracích signálů pro výslednou hodnotu vrácenou funkcí. Simulace má na začátku investičního období k dispozici 100 000 USD. Pro každý obchodní den je ověřeno, zda je produkován signál k otevření či uzavření pozice. Pokud zadaná strategie generuje v daný den signál k otevření pozice, tak je vypočítá počet akcií, které je možné se 3% aktuálního zůstatku pořídit za otevírací cenu nadcházejícího dne (počet akcií je zaokrouhlen podle klasických pravidel). Cena nakoupených akcií je odečtena od aktuálního zůstatku. Pokud zadaná strategie generuje v daný den signál k uzavření pozice, tak je k aktuálnímu zůstatku přičtena hodnota, za kterou by se nakoupené akcie prodali za otevírací cenu nadcházejícího dne. Při prodeji je také zapsáno, zda se jednalo o úspěšný, nebo neúspěšný obchod. Funkce si také opatří hodnoty indikátoru MSES pomocí funkce **CAL_MSESdata** v případě, že zadaná strategie obsahuje indikátor MSES, a to pro případ, že signál k uzavření, podle kterého zrovna simulace uzavírá pozici, vznikl pádem ceny pod hodnotu indikátoru MSES, což by na klasickém trhu znamenalo prodej kvůli nastavenému stop-lossu a k aktuálnímu zůstatku by tak byla přičtena hodnota akcií, tak jak by je prodal stop-loss na reálném trhu. V případě, že je pozice otevřena i při ukončení simulace na zvoleném investičním období, tak je počítáno, jako kdyby poslední otevření pozice neproběhlo.

Pro urychlení testování je seznam hodnot signálů generovaných jednotlivými stranami získáván ze seznamu Signály stran strategií (Sides), který je znovu vytvořen při každém spuštění. Pokud seznam neobsahuje seznam hodnot signálů pro stranu, která se vyskytuje ve zrovna testované strategii, tak je seznam získán způsobem uvedeným v předešlém odstavci (pomocí pomocné funkce **CAL_TPdata**) a zapsán do seznamu Sides k použití při dalším testování.

CAL_INDData

Tato pomocná funkce je určena k získání seznamu hodnot indikátorů vyskytujících se v zadané strategii. Za indikátor, pro který tato funkce získává hodnoty je brán vždy indikátor začínající # a končící [] (funkce tak nezjišťuje hodnoty vnořených indikátorů). Do funkce je zadán typ databáze, na kterém se zadaná strategie testuje, strategie, pro kterou jsou zjišťovány hodnoty indikátorů nacházející se v ní, a kód pro investiční období ze zvoleného typu databáze, na kterém se zadaná strategie testuje. Funkce vrací seznam hodnot indikátorů ve formě {datum}/{hodnota prvního indikátoru pro daný den}/.../{hodnota posledního indikátoru pro daný den}. Tato funkce využívá k výpočtu hodnot jednotlivých indikátorů pomocnou funkci **INDdata_cal**. Délka seznamu vráceného funkcí je délka seznamu tržních dat pro investiční období určené zvoleným kódem.

CAL_TPdata

Tato pomocná funkce je určena k vytvoření seznamu signálů generovaných zadanou strategií. Do funkce je zadán typ databáze, na kterém se zadaná strategie testuje, strategie, pro kterou jsou zjišťovány hodnoty indikátorů nacházející se v ní, kód pro investiční období ze zvoleného typu databáze, na kterém se zadaná strategie testuje, a seznam hodnot indikátorů vyskytujících se v zadané strategii. Funkce vrací seznam hodnot signálů ve formě {datum}/{hodnota signálu k otevření pozice pro daný den}/{hodnota signálu k uzavření pozice}. Délka seznamu vráceného funkcí je délka seznamu tržních dat pro investiční období určené zvoleným kódem.

Funkce pro každou stranu (otevírací a uzavírací) ověří, zda platí podmínka, kterou je dána strana zadána. Při určování pravdivostní hodnoty strany funkce postupuje prvně zjištěním pravdivostních hodnot jednotlivých nerovnic ve straně a poté vyhodnocením OR (||) a AND (&&) segmentů (pokud se ve straně nachází), kdy OR segment je vyhodnocován přednostně. Funkce, tak vrací jako hodnotu signálu buď hodnotu False, signál není generován, nebo True, signál generován je. U uzavírací strany může nastat, že funkce vrátí hodnotu signálu jako hodnotu MSES, což znamená, že tento den by došlo k uzavření stop-lossem, který je určen právě indikátorem MSES.

CAL_MSESdata

Tato pomocná funkce je určena k získání seznamu hodnot indikátoru MSES pro investiční období určené zvoleným kódem (s nastavenými parametry: $n = 50$ a $m = 2$) a zároveň úpravě seznamu hodnot signálů generovaných strategií, tak aby obsahoval uzavření i podle stop-lossu tvořeným hodnotami získaného indikátoru MSES (indikátor je získán pomocí početní funkce **MSES**). Do funkce je zadán typ databáze, na který byla použita zadaná strategie generující zadaný seznam hodnot signálů, seznam hodnot signálů, který má být rozšířen o stop-loss tvořený indikátorem MSES, a kód pro investiční období ze zvoleného typu databáze, na kterém vznikl zadaný seznam hodnot signálů. Funkce vrací dva seznamy hodnot. První seznamem je seznam hodnot získaného indikátoru MSES ve formě {datum}/{hodnota indikátoru MSES pro daný den} a druhým seznamem je upravený seznam hodnot signálů ve formě {datum}/{hodnota signálu k otevření pozice pro daný den}/{hodnota signálu k uzavření pozice}. Délka prvního seznamu vráceného funkcí je délka seznamu, který vrací početní funkce **MSES** (při uvedeném nastavení parametrů) a délka druhého seznamu vráceného funkcí je stejná jako délka zadaného seznamu hodnot signálů.

MSES_Update

Tato pomocná funkce je určena k úpravě seznamu hodnot signálů pomocí dlouho neměnicích se hodnot indikátoru MSES. Původní strategie, která vygenerovala zadaný seznam hodnot signálů, nemusí obsahovat MSES, aby mohla proběhnout tato úprava. Do funkce je zadán seznam hodnot signálů, který má být upraven pomocí dlouho neměnicích se hodnot MSES, seznam hodnot zvoleného indikátoru MSES, které budou využity k případnému brzkému

uzavření pozice, a hodnoty pořadí prvního a posledního dne tvořící interval, ve kterém má dojít k úpravě seznamu hodnot signálů, na zvoleném seznamu hodnot signálů. Funkce vrací upravený seznam hodnot signálů v původní formě.

Funkce simuluje otevírání a uzavírání pozic. V případě, že je pozice otevřena, tak simuluje zapsání stop-lossu, jehož hodnota je hodnotou indikátoru MSES pro daný den, avšak hodnota stop-lossu se nikdy nesnižuje (mění se jen, pokud je hodnota MSES větší než hodnota stop-lossu). Pokud se takto hodnota stop-lossu dlouho nemění (nastaveno 10 dní), tak je upravena hodnota signálu pro nadcházející den (11. den v řadě) na True.

Get_IND_Aut

Tato funkce je určena k shromáždění informací o automatickém testování indikátorů a následném spuštění tvorby tabulky pro zmíněné testování. Funkce je volána příkazem /aut_test_ind a postupuje dle postupu uvedeného v praktické části (4.3). Funkce shromažďuje celkem čtyři informace: Počet lokálních extrémů za rok, seznam koster indikátorů, seznam hodnot parametrů a seznam podmínek. Počet lokálních extrémů za rok určuje kolik lokálních extrémů má tvořit testovací prostředí pro jednotlivé indikátory v této tabulce automatického testování. Tato hodnota je stejná pro celou tabulku. Dále funkce shromažďuje seznam koster indikátorů, což jsou indikátory, které místo některých parametrů (klidně i všech parametrů) mají volné místo ({}), do kterého je možné doplnit hodnotu ze seznamu parametrů pro dané místo. Tyto parametry jsou shromažďovány v seznamu parametrů pro danou kostru indikátoru, který je složen z podseznamů obsahující možné hodnoty pro jednotlivá volná místa v kostře indikátoru. Pro každou kostru jsou dále shromážděny i podmínky (které nemusí mít každá kostra indikátoru) pro číselné parametry daného indikátoru. Funkce shromažďuje nové kostry indikátorů a informace k nim potřebné do té doby dokud není uvedeno na konci zápisu kostry indikátoru, že zadávání nebude pokračovat (funkce se zeptá po každém zadání všech informací ke kostře indikátoru). Tyto informace jsou zapsány do tabulky automatického testování, je vytvořena tabulka pro zadané automatické tetování a je spuštěna funkce **Set_IND_Aut**, která do vytvořené tabulky zapisuje všechny indikátory.

Set_IND_Aut

Tato funkce je určena k zapsání všech indikátorů vzniklých ze zadaných koster indikátorů kombinací jejich parametrů, tak aby platili zadané podmínky. Do funkce je zadán seznam koster indikátorů, seznam parametrů pro zadané kostry indikátorů, seznam podmínek pro zadané kostry indikátorů a název tabulky příslušného automatického testování, do které se mají jednotlivé vytvořené indikátory zapsat. Funkce pro každou kostru indikátoru v zadaném seznamu koster indikátorů spustí funkci **FEL_IND**, která přímo zapisuje všechny indikátory tvořené z jedné kostry indikátoru. Do této funkce je zadán seznam parametrů a podmínky pro příslušnou kostru. Po zapsání všech indikátorů je spuštěna funkce **Test_IND_Aut**, která testuje jednotlivé indikátory. Pro zapsání všech indikátorů je nutné nechat běžet program do té doby, než bude spuštěna funkce **Test_IND_Aut** (než začne samotné testování).

FEL_IND

Tato funkce je určena k zapsání všech indikátorů vzniklých kombinací zadaných parametrů pro zadanou kostru indikátoru do zadané tabulky automatického testování. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování, do které mají být vytvořené indikátory zapsány, počet lokálních extrémů za rok, kostra indikátoru, ze které mají vznikat jednotlivé indikátory, seznam parametrů pro zadanou kostru indikátoru, podmínka pro zadanou kostru indikátoru a seznam již určených parametrů (při volání jinou funkcí než touto je tento seznam prázdný). Finálním výsledkem této funkce, která je volána jinou funkcí, je zápis všech indikátorů vzniklých kombinací zadaných podseznamů parametrů splňující zadanou podmínku do zadané tabulky automatického testování indikátorů.

Tato funkce volá sama sebe do chvíle, kdy má v seznamu již určených parametrů všechny parametry pro doplnění do zadané kostry indikátoru. Funkce každým voláním zapíše jeden z parametrů pro dané volné místo z podseznamu parametrů a daný podseznam vymaže ze seznamu parametrů. Při volání, kdy je seznam parametrů tvořen jen jedním podseznamelem parametrů, tak doplní ze seznamu již zadaných parametrů tyto parametry na jejich příslušné místo v kostře indikátoru, čímž vzniká úplný indikátor. Tento indikátor je ověřen, zda-li splňuje uvedenou podmínku a v případě, že splňuje, tak je zapsán do zadané tabulky automatického testování indikátorů. Tímto “cyklením” je docíleno, že vzniknou všechny kombinace parametrů zadaných v jednotlivých podseznamech s ostatními, tak aby všechny splňovali zadanou podmínku.

Test_IND_Aut

Tato funkce je určena k testování indikátorů v zadané tabulce automatického testování indikátorů a následném zapsání výsledků do této tabulky. Toto testování probíhá podle způsobu uvedeném v praktické části (4.3). Do funkce je zadán název tabulky automatického testování, ve které se nachází indikátory, které mají být testovány, a hodnota zpětné kontroly, která slouží k opětovnému otestování indikátorů, u kterých nebylo testování dokončeno. Výsledkem funkce je tabulka automatického testování indikátorů doplněna o výsledky tohoto testování pro všechny indikátory, které zadaná tabulka obsahuje. Výsledky testování jsou tvořeny průměrnou procentuální úspěšností daného indikátoru ve formě {% úspěšnost při otevírání pozice}/{% úspěšnost při uzavírání pozice}. Hodnoty pro skupiny kódů i pro souhrn všech investičních období dohromady jsou také průměry se stejným způsobem zápisu. Tato funkce je napsána, tak aby mohl být program vypnut během testování a aby jediná ztráta informací byla u posledního testovaného indikátoru, který se při zpětném testování dotestuje.

Jelikož funkce testuje jednu tabulku automatického testování indikátorů, která má jednotný počet lokálních extrémů pro daná investiční období v testovací databázi (databáze “tp”), tak prvně vypočítá datum a hodnotu lokálních extrémů. Lokální extrémy jsou hledány ze seznamu primárních lokálních extrémů. Tento seznam je vytvořen pokaždé, kdy se změni

směr vývoje uzavíracích cen. Tímto vzniknou primární lokální minima a maxima. Poté jsou odstraňovány dvojice vedle sebe se nacházejících lokálních extrémů, které tvoří nejmenší rozdíl. Tento proces je opakován dokud není dosaženo požadovaného počtu lokálních extrémů na rok.

Poté jsou jednotlivé indikátory přepsány na strategie přidáním uzavírací strany tvořenou primitivním zápisem strany, která negeneruje žádné signály. Pro tuto strategii je získán seznam hodnot signálů pomocí funkce **CAL_TPdata**, kdy z výsledných hodnot jsou použity jen ty pro otevírací stranu, která je tvořena indikátorem, který testujeme. Následně pro každý vygenerovaný signál je vypočítána jeho přesnost s jakou se “trefil” do nejbližšího lokálního extrému. Způsob výpočtu a výsledného porovnání je popsán v praktické části práce (4.3).

Get_STRAT_Aut

Tato funkce je určena k shromáždění informací o automatickém testování strategií a následném spuštění tvorby tabulky pro zmíněné testování. Funkce je volána příkazem /aut_test_strat a postupuje dle postupu uvedeného v praktické části (4.3). Funkce shromažďuje celkem tři informace pro každou ze stran (otevírací a uzavírací): Seznam koster stran, seznam hodnot parametrů a seznam podmínek. Funkce shromažďuje seznam koster stran, což jsou strany, které místo některých parametrů (klidně i všech parametrů) mají volné místo ({}), do kterého je možné doplnit hodnotu ze seznamu parametrů pro dané místo. Tyto parametry jsou shromažďovány v seznamu parametrů pro danou kostru strany, který je složen z podseznamů obsahující možné hodnoty pro jednotlivá volná místa v kostře strany. Pro každou kostru jsou dále shromážděny i podmínky (které nemusí mít každá kostra strategie) pro číselné parametry dané strategie. Funkce shromažďuje nové kostry stran a informace k nim potřebné do té doby dokud není uvedeno na konci zápisu kostry strany, že zadávání nebude pokračovat (funkce se zeptá po každém zadání všech informací ke kostře strany). Tento proces je prováděn dvakrát, prvně pro otevírací strany a poté pro uzavírací strany. Tyto informace jsou zapsány do tabulky automatického testování, je vytvořena tabulka pro zadané automatické tetování a je spuštěna funkce **Set_STRAT_Aut**, která do vytvořené tabulky zapisuje všechny strategie, které jsou tvořeny jako kombinace všech možných otevíracích stran se všemi možnými uzavíracími stranami.

Set_STRAT_Aut

Tato funkce je určena k zapsání všech strategií vzniklých ze zadaných koster otevíracích a uzavíracích stran kombinací jejich parametrů, tak aby platili zadané podmínky. Do funkce je zadán seznam koster stran, seznam parametrů pro zadané kostry stran, seznam podmínek pro zadané kostry stran a název tabulky příslušného automatického testování, do které se mají jednotlivé vytvořené strategie zapsat. Funkce pro každou kostru otevírací strany v zadaném seznamu stran spustí funkci **opFEL_STRAT**, která je prvním krokem k zápisu všech strategií tvořených z jedné kostry otevírací strany. Do této funkce je zadán seznam parametrů a podmínky pro příslušnou kostru a společně s kostrou a informacemi k otevírací straně je postupně tato funkce (**opFEL_STRAT**) spuštěna s každou kostrou uzavírací strany a

informacemi k příslušné uzavírací straně. Tím vznikají všechny možné strategie, které jsou kombinacemi všech možných (vzniklých kombinací parametrů a splňují podmínku) otevíracích stran se všemi možnými uzavíracími stranami. Po zapsání všech strategií je spuštěna funkce **Test_STRAT_Aut**, která testuje jednotlivé strategie. Pro zapsání všech strategií je nutné nechat běžet program do té doby, než bude spuštěna funkce **Test_STRAT_Aut** (než začne samotné testování).

opFEL_STRAT

Tato funkce je určena k zapsání otevírací strany strategie při tvorbě všech kombinací strategií vzniklých ze zadaných koster otevírací, uzavírací strany a jejich kombinací vzniklých ze zadaných parametrů pro příslušné strany do zadané tabulky automatického testování. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování, do které mají být vytvořené strategie zapsány, kostra otevírací strany, ze které mají vznikat jednotlivé otevírací strany pro vznikající strategie, seznam parametrů pro zadanou kostru otevírací strany, podmínka pro zadanou kostru otevírací strany, kostra uzavírací strany, ze které mají vznikat jednotlivé uzavírací strany pro vznikající strategie, seznam parametrů pro zadanou kostru uzavírací strany, podmínka pro zadanou kostru uzavírací strany a seznam již určených parametrů (při volání jinou funkcí než touto je tento seznam prázdný). Finálním výsledkem této funkce, která je volána jinou funkcí, je volání funkce **clsFEL_STRAT**, která k vytvořené otevírací straně vytvoří všechny možné uzavírací strany a vzniklé strategie zapíše do zadané tabulky automatického testování.

Tato funkce volá sama sebe do chvíle, kdy má v seznamu již určených parametrů všechny parametry pro doplnění do zadané kostry otevírací strany. Funkce každým voláním zapíše jeden z parametrů pro dané volné místo z podseznamu parametrů a daný podseznam vymaže ze seznamu parametrů. Při volání, kdy je seznam parametrů tvořen jen jedním podseznamech parametrů, tak doplní ze seznamu již zadaných parametrů tyto parametry na jejich příslušné místo v kostře otevírací strany, čímž vzniká úplná otevírací strana. Tato otevírací strana je ověřena, zda-li splňuje uvedenou podmínku a v případě, že splňuje, tak je spuštěna funkce **clsFEL_STRAT**, do které je zadána vytvořená otevírací strana, ke které vytvoří kombinaci všech možných uzavíracích stran. Tím jsou vytvořeny a poté i zapsány do zadané tabulky všechny strategie tvořené vytvořenou otevírací stranou s vybranou kostrou uzavírací strany a informacemi k ní. Tímto “cyklením” je docíleno, že vzniknou všechny kombinace parametrů zadaných v jednotlivých podseznamech s ostatními, tak aby všechny splňovali zadanou podmínku.

clsFEL_STRAT

Tato funkce je určena k zapsání všech strategií, které obsahují zadanou otevírací stranu a uzavírací stranu vytvořenou z kostry uzavírací strany kombinací parametrů této kostry. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování, do které mají být vytvořené strategie zapsány, otevírací strana, kterou bude strategie obsahovat, kostra uzavírací strany, ze které mají vznikat jednotlivé uzavírací strany pro vznikající strategie, seznam parametrů pro

zadanou kostru uzavírací strany, podmínka pro zadanou kostru uzavírací strany a seznam již určených parametrů (při volání jinou funkcí než touto je tento seznam prázdný). Finálním výsledkem této funkce, která je volána jinou funkcí je zápis všech vzniklých strategií, které jsou sestaveny ze zadané otevírací strany a všech uzavíracích stran, které bylo možné sestavit ze zadané kostry uzavírací strany a informací k ní.

Tato funkce volá sama sebe do chvíle, kdy má v seznamu již určených parametrů všechny parametry pro doplnění do zadané kostry uzavírací strany. Funkce každým voláním zapíše jeden z parametrů pro dané volné místo z podseznamu parametrů a daný podseznam vymaže ze seznamu parametrů. Při volání, kdy je seznam parametrů tvořen jen jedním podseznamech parametrů, tak doplní ze seznamu již zadaných parametrů tyto parametry na jejich příslušné místo v kostře uzavírací strany, čímž vzniká úplná uzavírací strana. Tato uzavírací strana je ověřena, zda-li splňuje uvedenou podmínku a v případě, že splňuje, tak je do zadané tabulky automatického testování zapsána strategie, kterou tvoří zadaná otevírací strana a nově vzniklá uzavírací strana. Tímto “cyklením” je docíleno, že vzniknou všechny kombinace parametrů zadaných v jednotlivých podseznamech s ostatními, tak aby všechny splňovali zadanou podmínku.

Test_STRAT_Aut

Tato funkce je určena k testování strategií v zadané tabulce automatického testování strategií a následném zapsání výsledků do této tabulky. Toto testování probíhá skrze funkci **Test_CAL**. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování, ve které se nachází strategie, které mají být testovány, a hodnota zpětné kontroly, která slouží k opětovnému otestování strategií, u kterých nebylo testování dokončeno. Výsledkem funkce je tabulka automatického testování strategií doplněna o výsledky tohoto testování pro všechny strategie, které zadaná tabulka obsahuje. Výsledky testování jsou zapsány ve formě {% zhodnocení}/{počet signálů k otevření pozice}/{počet signálů k uzavření pozice}/{počet úspěšných obchodů}/{počet neúspěšných obchodů}. Hodnoty pro skupiny kódů jsou součtem hodnot investičních období spadající do jedné skupiny kódů. Tato funkce je napsána, tak aby mohl být program vypnut během testování a aby jediná ztráta informací byla u poslední testované strategie, která se při zpětném testování dotestuje.

GET_iCODE

Tato pomocná funkce je určena k získání pozice zvoleného kódu v zápisu, který využívá seznam Sides. Do funkce je zadán kód, pro který je hledáno pořadí v zápisu seznamu Sides. Funkce vrací číselnou hodnotu, která je rovna pozici kódu v zápisu seznamu Sides.

Check_Aut

Tato funkce je určena k vymazání nulových strategií, což jsou strategie, které obsahují strany negenerující žádné signály a které by tak byly zbytečně testovány a zpomalovaly by testování. Tuto funkci je možné volat skrze funkci **Con_Aut**, při jejímž volání je nutné zadat stav zpětného otevření jedna. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování strategií,

pro kterou mají být promazány nulové strategie. Funkce vyhledá strategie, které mají na nulové zhodnocení na všech investičních obdobích a zapíše stranu (případně obě strany), která negeneruje žádné signály na žádném z příslušných investičních obdobích. Dále jsou vymazány všechny strategie, které obsahují vyhledané strany. Před samotným spuštěním této funkce je spuštěna její pomocná funkce **Check_Aut_CAL**, která otestuje vybrané strategie tak, aby byla otestována každá otevírací a uzavírací strana alespoň jednou před jejich kontrolou.

Check_Aut_CAL

Tato pomocná funkce je určena k prověření, že všechny otevírací a uzavírací strany ve vybrané tabulce automatického testování strategií jsou alespoň jednou otestovány. Pokud funkce zjistí, že existují strany, které nebyly otestovány, tak je otestuje. Tato funkce je vždy volána při spuštění funkce **Check_Aut**. Do funkce je zadán název tabulky automatického testování strategií, pro kterou mají být ověřeny všechny strany. Tabulka prvně testuje strategie obsahující uzavírací stranu z první strategie v tabulce (ID = 1) a následně testuje všechny strategie obsahující otevírací stranu z první strategie v tabulce. Pokud jsou již tyto strategie otestovány, tak je přeskočí.

Aut_Test_Manual

Tato funkce je určena k vytvoření zápisu i tabulky automatického testování zadáním strojového zápisu seznamu koster (indikátorů, nebo strategií), seznamu jejich parametrů a seznamu jejich podmínek. Funkce je určena k přeskočení zdlouhavého zadávání pomocí funkcí začínajících na Get (**Get_IND_Aut** a **Get_STRAT_Aut**). Funkce je volána příkazem `/aut_test_manual` a následně požaduje zadání strojového zápisu tří seznamů: seznamu koster, seznam parametrů a seznam podmínek. Výsledkem funkce je nahrazení příslušných Get funkcí a následné spuštění příslušných Set funkcí (**Set_IND_Aut** a **Set_STRAT_Aut**). Funkce je určena k jednoduššímu kopírování neotestovaných tabulek automatického testování, nebo případně opravě chyb, které vznikly při zadávání přes Get funkce.

Con_Aut

Tato funkce je určena ke znovuspuštění automatického testování v případě, že automatické testování nebylo dokončeno. Při volání této funkce (`/con_test {název tabulky} {stav zpětného ověření strategií}`) je potřeba zadat název tabulky automatického testování, pro kterou má být spuštěno automatické testování, a stav (0 nebo 1) zpětného ověření strategií, který před testováním spustí funkci **Check_Aut**, která maže strategie obsahující strany, které negenerují žádný signál na všech příslušných investičních obdobích. Funkce získá název tabulky automatického testování, z kterého určí o jaký typ automatického testování se jedná. V případě automatického testování indikátorů je pro zadanou tabulku spuštěna funkce **Test_IND_Aut** a v případě automatického testování strategií je pro zadanou tabulku spuštěna funkce **Test_STRAT_Aut**. Pokud je stav zpětného ověření strategií roven jedné, tak je spuštěna funkce **Check_Aut** pro zvolenou tabulku před tím, než bude testování pokračovat.

9.1.6 Vyhodnocení

CAL_STRAT_EF

Tato funkce je určena k vyhodnocení efektivity strategií zapsaných v zadané tabulce podle zadaného vyhodnocovacího modelu. Při volání této funkce (`/cal_ef {tabulka} {typ vyhodnocení}`) je potřeba zadat název tabulky, pro kterou se vyhodnocuje efektivita všech strategií, které obsahuje, a typ vyhodnocení, který určuje jakým způsobem se má vypočítat efektivita jednotlivých strategií. Tato funkce vytvoří pro zvolenou tabulku tři vyhodnocovací tabulky: pro strategie, pro otevírací strany a pro uzavírací strany. Funkce dále vytváří pro každou takovou tabulku i tabulku, která obsahuje informace o výnosnosti a rizikovosti pro daný vyhodnocovací model, což jsou informace, ze kterých je hodnota vyhodnocení počítána. Při vyhodnocování strategií jsou pro každou strategii a z ní každou skupinu kódů ze zadané tabulky poslány data ze simulací z kódů spadajících do příslušné skupiny kódů k vyhodnocení do funkce **CAL_MODEL**. Při vyhodnocování stran jsou pro jednotlivé strany, které jsou vypsány pomocí pomocné funkce **sFEL** a vyselektovány, tak aby zde nebyly uvedené strany, které negenerují žádné signály, poslány data simulací ze všech kódů spadajících do příslušných skupin kódů ze všech strategií obsahujících vyhodnocovanou stranu. Tato vyhodnocení jsou zapsána do příslušné nově vytvořené tabulky. Pokud již tabulka obsahující tento typ vyhodnocení pro zadanou tabulku existuje, tak bude nahrazena novou s tím, že všechny strategie budou znovu vyhodnoceny.

CAL_MODEL

Tato početní funkce je určena k vyhodnocení zadané řady výsledků simulací podle zvoleného vyhodnocovacího vzorce uvedeného v praktické části (4.2.5). Do funkce je zadán řetězec výsledků simulací, které jsou vyhodnocovány, ve formátu `{data simulace prvního vyhodnocovaného investičního období}@...@{data simulace posledního vyhodnocovaného investičního období}`, kde jsou data simulací vyhodnocovaných investičních období zadány ve formátu `{zhodnocení investičního období}/{počet úspěšných obchodů}/{počet neúspěšných obchodů}`, a typ vyhodnocovacího vzorce. V případě, že daný typ vyhodnocovacího vzorce vyžaduje jen zhodnocení investičního období, tak mohou být data simulací vyhodnocovaných investičních období zadány ve formátu `{zhodnocení investičního období}/`. Výsledkem této funkce je seznam informací ve formátu `{hodnota vyhodnocení}/{hodnota vyjadřující výnosnost pro daný vyhodnocovací model}/{hodnota vyjadřující rizikovost pro daný vyhodnocovací model}`.

sFEL

Tato pomocná funkce je určena k vypsání řetězce všech indikátorů, které jdou sestavit ze zadané kostry indikátoru, jeho nastavení a jeho podmínek. Do funkce je zadána kostra indikátorů, jeho nastavení a jeho podmínky, kde všechny tyto informace jsou získány z tabulky automatických testování. Funkce generuje řetězec indikátorů vytvořených ze zadané kostry indikátoru, jeho nastavení a jeho podmínek ve formátu `{první doplněný`

indikátor}/.../{poslední doplněný indikátor}/. Funkce se cyklí sama do sebe, kdy pro každé nedefinované místo ({}) v kostře indikátoru doplňuje jednu z přednastavených hodnot, tak, aby vytvořil všechny kombinace, které splňují podmínky, všech hodnot ve všech nedefinovaných místech se všemi navzájem.