



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV INTELIGENTNÍCH SYSTÉMŮ

DEPARTMENT OF INTELLIGENT SYSTEMS

**FUNDAMENTÁLNÍ ANALÝZA PRO AUTOMATICKÉ
OBCHODNÍ SYSTÉMY**

FUNDAMENTAL ANALYSIS FOR AUTOMATIC TRADING SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK MIČEK

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV ROZMAN, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce



Student: **Miček Marek**
Program: Informační technologie
Název: **Fundamentální analýza pro automatické obchodní systémy**
Fundamental Analysis for Automatic Trading Systems
Kategorie: Umělá inteligence

Zadání:

1. Nastudujte problematiku obchodování na burze, zaměřte se hlavně na metody fundamentální analýzy. Dále nastudujte automatické obchodní systémy (AOS).
2. Navrhněte program, který bude z vybraných webových stránek automaticky stahovat relevantní data pro obchodování na burze a na jejich základě provádět obchody.
3. Navržený AOS implementujte a otestujte na historických datech.

Literatura:

- Tomáš Nesnídal a Petr Podhajský: Obchodování na komoditních trzích. Průvodce spekulanta, Grada, 2006, ISBN 8024718510

Pro udělení zápočtu za první semestr je požadováno:

- První dva body zadání

Podrobné závazné pokyny pro vypracování práce viz <https://www.fit.vut.cz/study/theses/>

Vedoucí práce: **Rozman Jaroslav, Ing., Ph.D.**

Vedoucí ústavu: Hanáček Petr, doc. Dr. Ing.

Datum zadání: 1. listopadu 2021

Datum odevzdání: 11. května 2022

Datum schválení: 3. listopadu 2021

Abstrakt

Táto práca sa zaoberá vytvorením automatických obchodných systémov schopných odhadnúť budúci vývoj cien predom vybraných akcií. Za účelom vytvorenia vhodnej investičnej stratégie sa využívajú predovšetkým prvky fundamentálnej analýzy, ako napríklad ročné výnosy spoločnosti, jej zisky, úroveň vlastného kapitálu či zadlženosť. Všetky akcie sú klasifikované pomocou týchto fundamentov, kde výsledok tejto klasifikácie rozhodne o kúpe či predaji danej akcie. Pre potreby tejto práce bolo vytvorených 5 automatických obchodných systémov, s cieľom porovnať rôzne prístupy k ohodnocovaniu akcií, manažovaniu či diverzifikácii obchodného portfólia. Vytvorené systémy boli riadne otestované na historických dátach, pričom za účelom určenia ich komplexnosti prebiehalo testovanie v obdobiach ekonomickej recesie, ale aj expanzie. Pri všetkých vytvorených systémoch bola zaznamenaná vysoká výnosnosť, pričom u väčšiny z nich bol zaznamenaný potenciál generovať zisk aj z dlhodobého hľadiska. Na základe obdržaných výsledkov je možné konštatovať, že fundamentálna analýza má v oblasti automatických obchodných systémov svoje opodstatnenie, a teda zvyšuje šance na generovanie zisku.

Abstract

This thesis deals with the creation of automatic trading systems which are able to predict market trends for stocks selected in advance. Proper trading strategy of this system is mainly created from the elements of fundamental analysis, such as annual returns of company, it's gains, level of shareholder's equity or total debt. All the stocks are classified by these fundamentals, where result of this classification determines whether to buy or sell the stock. For the purpose of this thesis, 5 automatic trading systems were created in order to compare different approaches to the stock evaluation, management or diversification of business portfolio. Created systems were properly tested on historical data and, in order to determine their level of complexity, tests were executed in both periods of economic recession and expansion too. All the created systems reported great returns and most of them have potential to generate long-term gains. On the basis of received results, it is possible to make conclusion that fundamental analysis has a high value in the field of automatic trading systems, and it increases the chances of generating a profit.

Klíčové slová

Automatické obchodné systémy, burza, akcie, fundamentálna analýza, dlhodobé investovanie, rozhodovacie stromy, XGBoost algoritmus

Keywords

Automatic trading systems, stock exchange, stocks, fundamental analysis, long-term investment, decision trees, XGBoost algorithm

Citácia

MIČEK, Marek. *Fundamentální analýza pro automatické obchodní systémy*. Brno, 2022. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Rozman, Ph.D.

Fundamentální analýza pro automatické obchodní systémy

Prehlásenie

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne pod vedením pána Ing. Jaroslava Rozmana, Ph.D. Uviedol som všetky literárne pramene, publikácie a ďalšie zdroje, z ktorých som čerpal.

.....
Marek Miček
8. mája 2022

Podakovanie

Moje podakovanie patrí pánovi Ing. Jaroslavovi Rozmanovi, Ph.D. za pomoc a odborné vedenie mojej bakalárskej práce. Takisto by som sa chcel poďakovať mojím rodičom za morálnu a finančnú pomoc počas môjho štúdia a písania tejto práce.

Obsah

1	Úvod	3
2	Obchodovanie na burze s cennými papiermi	5
2.1	Typy finančných inštrumentov	5
2.1.1	Forex	5
2.1.2	Akcie	6
2.1.3	Akciové indexy	6
2.1.4	Komodity	6
2.1.5	CFD kontrakty	6
2.2	Typy obchodných objednávok	7
2.3	Obchodné štýly v investovaní	7
2.4	Technická analýza	8
2.5	Fundamentálna analýza	10
2.5.1	Indikátory využívajúce trhovú kapitalizáciu	10
2.5.2	Indikátory sledujúce manažment spoločnosti	12
2.5.3	Indikátory sledujúce zadlženosť spoločnosti	13
2.6	Využitie makroekonomických údajov v AOS	13
3	Aktuálne trendy v oblasti automatických obchodných systémoch	15
3.1	Architektúra automatických obchodných systémoch	15
3.2	Silné a slabé stránky automatického obchodovania	16
3.3	Používané investičné stratégie	17
3.4	Programové prostriedky pre tvorbu AOS	19
3.4.1	Multicharts	19
3.4.2	MetaTrader 4	19
3.4.3	QuantConnect	19
3.5	Štatistické ukazovatele sledované pri testovaní AOS	21
3.6	XGBoost algoritmus a jeho využitie v AOS	23
4	Návrh automatického obchodného systému	25
4.1	Existujúce práce	25
4.2	Inteligentný investor	26
4.2.1	Kruh kompetencií	26
4.2.2	Tvorba investičného portfólia	26
4.2.3	Miera rizika investície	27
4.2.4	Dobre fungujúca spoločnosť	28
4.3	Použitie finančné dáta	28

5 Implementácia	30
5.1 Spoločné implementačné postupy vytvorených AOS	30
5.2 AOS vyberajúci akcie s najlepšími fundamentálnymi ukazovateľmi	31
5.3 AOS odhadujúci ziskovosť akcie cez ROE oceňovaciu metódu	32
5.4 AOS s diverzifikovaným a manuálne rebalancovaným portfóliom	33
5.5 AOS pridelujúci akciám váhy na základe fundamentov	33
5.6 AOS klasifikujúci akcie cez XGBoost rozhodovací strom	34
5.6.1 Tréning XGBoost modelu	34
6 Testovanie AOS na historických dátach a nadobudnuté výsledky	36
6.1 Testovanie bota č.1	37
6.2 Testovanie bota č.2	43
6.3 Testovanie bota č.3	49
6.4 Testovanie bota č.4	56
6.5 Testovanie bota č.5	62
6.6 Porovnanie výkonnosti botov voči benchmarku	64
7 Záver	65
Literatúra	67

Kapitola 1

Úvod

Burza cenných papierov patrí už od nepamäti k hlavným indikátorom výkonnosti kapitálového trhu. Jedná sa o nástroj, ktorý umožňuje premiestňovať voľný kapitál medzi viacerými subjektami za účelom jeho zhodnotenia. Zo začiatku bola burza prístupná predovšetkým veľkým bankám a hráčom na trhu, ktorí mali dostatok financií potrebných k obchodovaniu s cennými papiermi. No s vývojom technológií a príchodom rôznych sprostredkovateľov finančných operácií na trhu, majú aj menší hráči možnosť vstúpiť do tohto sektoru obchodovania. Keďže hlavným cieľom investovania do cenných papierov je dosiahnutie ziskovosti, objavujú sa rôzne nástroje, ktoré sa snažia tento cieľ splniť. K takýmto nástrojom patria aj automatické obchodné systémy.

Predajný alebo nákupný signál je generovaný samotným systémom na základe jeho vnútornej logiky a schopnosti predikovať budúci vývoj akcií. Nevhodná psychika obchodníka pri investovaní býva často hlavnou príčinou finančných strát. Automatický obchodný systém kompletne odstraňuje ľudský faktor z obchodovania, a umožňuje rýchlejšiu exekúciu obchodných príkazov. Pri vhodne zvolenej obchodnej stratégii môže byť tento systém naozaj ziskový. Avšak nájdenie dostatočne komplexnej stratégie je obvykle zložité, keďže trh sa neustále mení. V mnohých prípadoch systém po nasadení do živého obchodovania vykazuje horšie výsledky, ako pri testovaní na historických dátach. Preto je pri vývoji systému vhodné použiť čo najväčšiu vzorku vstupných dát, ktoré sú čo najviac statické a nekorelované.

Cieľom tejto práce je vytvoriť viacero automatických obchodných systémov, ktoré sú schopné predikovať pohyb akcií z dlhodobého hľadiska, a to na základe rôznych ekonomických ukazovateľov skúmanej spoločnosti (fundamentálnych dát). Typickým príkladom sú údaje o úrovni tržieb, ziskov, veľkosti vlastného kapitálu či zadĺženosti daného podniku. Tieto dáta sa budú klasifikovať, pričom výsledok tejto klasifikácie rozhodne o nákupnom či predajnom príkaze pre danú akciu. Každý z vytvorených systémov bude aplikovať mierne odlišné prístupy k ohodnocovaniu akcií, manažovaniu či diverzifikácii obchodného portfólia. Systémy budú riadne otestované na historických dátach, či už v období recesie alebo ekonomickej expanzie. Výsledky týchto testov by mali nie len zhodnotiť úspešnosť každého bota, ale tiež zodpovedať na otázku, či je možné vytvoriť úspešnú investičnú stratégiu postavenú predovšetkým na fundamentálnych dátach.

Je potrebné poznamenať, že väčšina existujúcich automatických systémov využíva technické indikátory danej akcie (sledujú grafický vývoj akcie v čase), a fundamentálne indikátory danej spoločnosti takmer úplne zanedbávajú. To bol hlavný dôvod zamerania sa na túto problematiku. Teda dokázať, že fundamentálne dáta podnikov majú z dlhodobého hľadiska vplyv na budúci vývoj akcií, a majú tak svoje miesto v oblasti automatických obchodných systémov.

V kapitole 2 sú objasnené základné pojmy týkajúce sa obchodovania s cennými papiermi. Ďalšia kapitola skúma aktuálny vývoj v oblasti automatických obchodných systémoch, pričom rozoberá najpoužívanejšie investičné stratégie, ktoré sú stavebným kameňom týchto systémov 3. Kapitola 4 venuje pozornosť návrhu daných systémov, základným aspektom zvolenej investičnej stratégie a vstupným dátam, ktoré sa použili pre potreby tejto práce. Kapitoly 5 a 6 popisujú implementáciu a výsledok testovania vytvorených systémov. V poslednej kapitole sa zhodnotia výsledky celej práce 7.

Kapitola 2

Obchodovanie na burze s cennými papiermi

Ako bolo spomenuté v úvodnej kapitole, burza predstavuje osobitý druh trhu, ktorý umožňuje presun kapitálu medzi viacerými subjektmi. Tento kapitál môže mať viacero podôb (menové páry, akcie, komodity, cenné papiere a iné), pričom sa neustále premiestňuje na základe objednávok kupujúcich a predávajúcich. Objednávky sa vzájomne párujú. To znamená, že pre každú nákupnú objednávku musí existovať predajca a naopak, pre každú predajnú objednávku nakupujúci. Princíp fungovania burzy spočíva v uspokojení týchto objednávok, inými slovami v uspokojení ponuky a dopytu. Cena jednotlivých finančných inštrumentov sa odvíja od tejto ponuky a dopytu.

Za najväčšou burzu na svete sa považuje newyorská burza New York Stock Exchange (NYSE), podľa tržnej hodnoty všetkých cenných papierov. Jej akciové tituly sa vyznačujú vyššou volatilitou a vysokými objemami obchodov [14]. Ďalším významným hráčom v tomto odvetí je burza Nasdaq, ktorá na rozdiel od NYSE nemá fyzickú ústredňu, a všetky trhové objednávky investori uskutočňujú v elektronickej podobe.

2.1 Typy finančných inštrumentov

Burzové trhy umožňujú obchodovať s rôznymi druhmi finančných inštrumentov. Pre jednotlivé inštrumenty existujú rôzne pravidlá a špecifiká ako s nimi obchodovať. Táto podkapitola sa bude snažiť niektoré inštrumenty a ich špecifiká objasniť, pričom sa vychádzalo z nasledujúceho článku [16].

2.1.1 Forex

Pojmom Forex (Forex Exchange) sa označuje najväčší a najlikvidnejší trh na svete obchodujúci s cudzími menami. Jednotlivé meny sú združené do menových párov, ktoré určujú cenové ohodnotenie jednej meny voči druhej. Menové páry sa delia na hlavné (obsahujú americký dolár) a krížové (neobsahujú americký dolár).

Keďže sa sila meny mení relatívne pomaly, investor potrebuje veľký vstupný kapitál, aby mohol dosiahnuť zaujímavejší zisk. Tento problém odstraňuje mechanizmus zvaný finančná páka. Investor zloží u svojho finančného brokera¹ maržu, ktorá mu umožňuje obchodovať s väčšou čiastkou, akú chcel pôvodne vynaložiť na túto objednávku. Pri správne odhadnu-

¹Sprostredkovateľ finančných operácií na burze

tom smere kurzu generuje omnoho väčší zisk ako bez využitia finančnej páky. Avšak pri zle odhadnutom smere kurzu investor generuje aj omnoho väčšiu stratu. Marža je v oboch prípadoch po uzavretí pozície vrátená obchodníkovi na účet. Nevýhodou forexového trhu je jeho decentralizácia. Skladá sa z rôznych telekomunikačných a elektronických systémov, ktoré sú navzájom prepojené. Tým môžu vzniknúť drobné odchýlky hľadaných hodnôt pri ich sledovaní z rôznych zdrojov.

2.1.2 Akcie

Akcia je cenný papier, ktorý vytvára jeho majiteľovi podiel na majetku akciovej spoločnosti, ktorá túto akciu vydáva na predaj. Väčšina spoločností vypláca svojimi akcionárom podiel na zisku celej spoločnosti v závislosti na podiely, ktorý daný akcionár vlastní. Tento výnos sa nazýva dividenda. Ďalší výnos, ktorý môže akcionár dosiahnuť, sa nazýva kapitálový výnos, pričom je postavený na predaji akcie v pravý čas. Vo väčšine prípadov sa do akcií investuje dlhodobo, pričom sa vyplatí sledovať výkonnosť danej akciovej spoločnosti z dlhodobého hľadiska. Pri akciách môže investor väčšinou špekulovať len na rast akcie, pričom pri špekulovaní na pokles si musí nájsť iný finančný inštrument.

2.1.3 Akciové indexy

Akciové indexy predstavujú štatistický ukazovateľ výkonnosti viacerých akciových spoločností. Tieto spoločnosti sú zaradené do jednotlivých indexov na základe svojej trhovej hodnoty, sektoru podnikania či iných ukazovateľov. Váha spoločnosti v danom indexe býva väčšinou pridelená dvoma spôsobmi:

- Na základe trhovej kapitalizácie spoločnosti: váha v indexe je priamo úmerná kapitalizácii spoločnosti, vyjadruje reálnu veľkosť spoločnosti v indexe (počet akcií * hodnota jednej akcie)
- Na základe ceny za akciu: váha daná len cenou za akciu, neberie sa do úvahy kapitalizácia spoločnosti, nevyjadruje reálnu veľkosť spoločnosti

Do indexov sa oplatí investovať hlavne z krátkodobého hľadiska, lebo sa vyznačujú vysokou likviditou. Medzi najznámejšie indexy patria americké S&P 500, tvorený z 500 najväčších akciových spoločností v USA, a Dow Jones Industrial Average, ktorý pozostáva z 30-tich najvýznamnejších firiem priemyselného odvetia. Z európskeho akciového trhu sú to napríklad DAX alebo UK100.

2.1.4 Komodity

Medzi komodity patria bežné produkty z priemyselného (benzín), energetického (ropa, zemný plyn) či poľnohospodárskeho (pšenica, kakao, bravčové mäso) sektora. Ďalšou významnou skupinou sú nerastné suroviny (zlato, platina). Cenu komodít ovplyvňujú rôzne faktory, ako napríklad ekonomické a politické udalosti, počasie či dopyt a ponuka daných komodít. Väčšina komodít je kótovaných v americkom dolári, takže pri jeho oslabení sa cena a ponuka daných komodít zvyšuje. Komodity umožňujú obchodovanie s finančnou pákou.

2.1.5 CFD kontrakty

Kontrakt pre vyrovnanie rozdielov (Contract for difference) je kontrakt medzi kupujúcim a predávajúcim, ktorý stanovuje, že kupujúci musí doplatiť rozdiel medzi aktuálnou cenou

aktíva a cenou v čase uzavretia kontraktu. Investori dané aktívum nevlastnia, len špekulujú na jeho raste či poklese. CFD kontrakty umožňujú obchodovať menové páry, akcie, komodity i akciové indexy. Taktiež umožňujú použitie finančnej páky.

2.2 Typy obchodných objednávok

Trhová hodnota produktu umiestneného na burze je popísaná dvoma cenami. Cenou *ask*, ktorá určuje najlepšiu cenu za ktorú je možné daný produkt kúpiť, a cenou *bid*, ktorá naopak určuje najlepšiu cenu za ktorú je možné tento produkt predať.

Obchodník môže poslať limitnú alebo trhovú (market) objednávku. Trhová objednávka predstavuje okamžitú realizáciu obchodného príkazu. Konkrétne sa jedná o objednávky *Buy/Sell Market* slúžiace ako signál pre kúpu/predaj produktu. Limitná určuje cenovú hladinu na ktorej chce investor kúpiť/predať produkt. Po dosiahnutí tejto hranice sa limitná objednávka zmení na trhovú. Existuje viacero limitných objednávok:

- Buy limit: nákupná objednávka, ktorá sa zadá na aktuálnu trhovú cenu alebo pod ňu
- Sell limit: predajná objednávka, ktorá sa zadá na aktuálnu trhovú cenu alebo nad ňu
- Buy stop: nákupná objednávka, ktorá sa zadá nad aktuálnu trhovú cenu
- Sell stop: predajná objednávka, ktorá sa zadá pod aktuálnu trhovú cenu

Pre *Buy/Sell limit* objednávky platí, že umožňujú investorovi obchodovať s lepšími cenami ako momentálne ponúka trh. Avšak k splneniu týchto objednávok nemusí dôjsť, prípadne sa splnia čiastočne, pretože trh sa môže uberať opačným smerom, ako predpokladal investor. V takom prípade sa stráca šanca spraviť lepší obchod, ako by bolo možné bez použitia tejto stratégie.

Buy/Sell stop objednávky naopak poskytujú možnosť ochrániť svoje finančné portfólio pred stratami plynúcimi z prudkého nárastu aktuálneho trendu. Tento prudký nárast sa zachytí a obchod sa uzavrie. Nevýhodou je, že môže dôjsť ku krátkodobým výkyvom ceny, čo môže investora pri nevhodne zvolenej hranici tejto objednávky pripraviť o lepšiu obchodnú pozíciu.

2.3 Obchodné štýly v investovaní

Existujú rôzne typy obchodných štýlov, ktoré investori pri obchodovaní bežne uplatňujú. Tieto štýly sa väčšinou líšia v čase, v ktorom je daná obchodná pozícia otvorená. Táto kapitola objasňuje tie najzákladnejšie obchodné štýly využívané veľkým množstvom investorov [16].

Scalping

Jedná sa o najrýchlejší typ obchodovania. Obchodné pozície sú otvorené len niekoľko sekúnd, maximálne minút. Najväčší dôraz sa kladie na sledovanie toku realizovaných a limitných objednávok. Na základe tejto analýzy sa obchodník rozhodne ako naloží s danou obchodnou pozíciou. Táto stratégia je vhodná pre skúsenejších obchodníkov, keďže je potrebné takmer okamžite rozhodnúť, aký postup sa pre daný produkt zvolí. Pri časovom nátlaku sa môže začiatočný investor dopustiť znateľných chýb.

Intraday

Pri tejto stratégii investori obľubujú otvárať a uzavierať obchodné pozície na kľúčových cenových úrovniach trhu. Tieto úrovne väčšinou určia pomocou metódy *Market Profile*, ktorá znázorňuje miesta na trhu s najväčšou cenovou aktivitou [17]. Tiež sa snaží zobrazovať cenové úrovne na ktorých je cena podkladového aktíva nadhodnotená alebo podhodnotená. Obchody trvajú obvykle niekoľko minút až hodín, no pozícia sa uzatvára pred koncom obchodného dňa, a obchodník cez noc nedrží žiadnu pozíciu.

Swing

Tento štýl obchodovania patrí medzi najziskovejšie. Je vhodný pre začínajúcich investorov, kvôli nižšej frekvencii obchodov ako u predchádzajúcich variánt. Obchodné pozície sú otvorené po dlhšie časové obdobie, pričom môžu byť otvorené aj cez noc. Investori skúmajú nie len aktuálnu situáciu na trhu pomocou jednotlivých grafov akcií, ale aj ekonomické ukazovatele jednotlivých spoločností, keďže sa snažia analyzovať trh z dlhodobejšieho hľadiska.

Invest

Pri tejto variante sú obchodné pozície otvorené najdlhší čas, pričom investori majú väčšinou otvorené veľké množstvo pozícií súčasne. Táto metóda, rovnako ako aj *Swing*, hodne využíva ekonomické dáta jednotlivých spoločností, pričom skúma ich ekonomické zdravie a budúci potenciál. Obecne platí, že tento obchodný štýl aplikujú tí najväčší investori, ktorí disponujú veľkým kapitálom.

2.4 Technická analýza

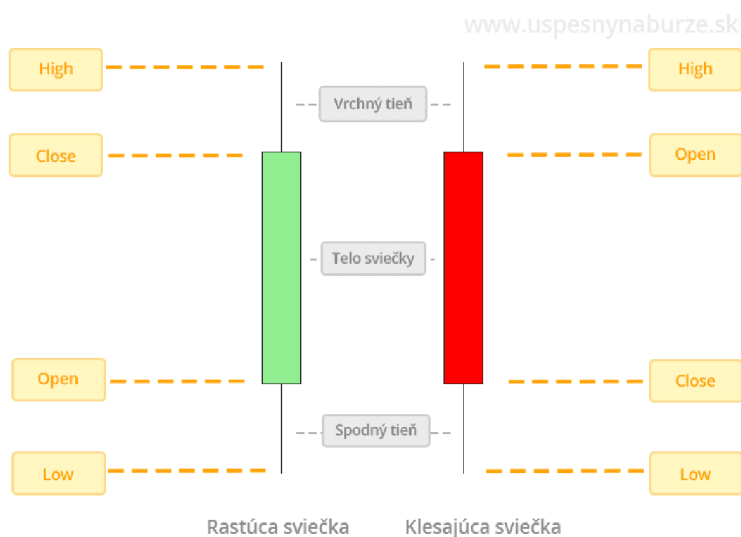
Technická analýza je metóda, ktorá sa snaží predpovedať budúci vývoj cien pomocou systematického skúmania a vyhodnocovania minulých tržných hodnôt daného produktu. Technický analytik, na rozdiel od fundamentálneho, vychádza z predpokladu, že všetky faktory ovplyvňujúce cenu aktíva sú už zahrnuté v aktuálnej trhovej cene. Teda predmetom skúmania je graf skúmaného produktu. V tomto grafe investori hľadajú rozoznateľné a opakujúce sa obrazce, ktoré môžu pomôcť presnejšie predikovať budúci vývoj ceny.

Pre zobrazenie ceny daného aktíva sa používajú rozličné grafy, no najpoužívanejším je takzvaný sviečkový graf. Tento graf pozostáva z takzvaných sviečok zobrazených na obrázku 2.1. Jednotlivé sviečky zobrazujú vývoj ceny aktíva pre vybrané hodnoty, pričom v každej sviečke je zachytená otváracia (high), uzatváracia (close), najvyššia (high) a najnižšia (low) cena za skúmané obdobie. Zelená farba sviečky signalizuje, že uzatváracia cena bola vyššia ako otváracia. Naopak červená signalizuje opačný jav, a teda uzatváracia cena bola menšia ako otváracia. Sviečka bez farby signalizuje rovnakú otváraciu a uzatváraciu cenu. Tiež sviečky nemusí byť zobrazený v prípade, že sa sviečka uzatvorí na maxime alebo minime.

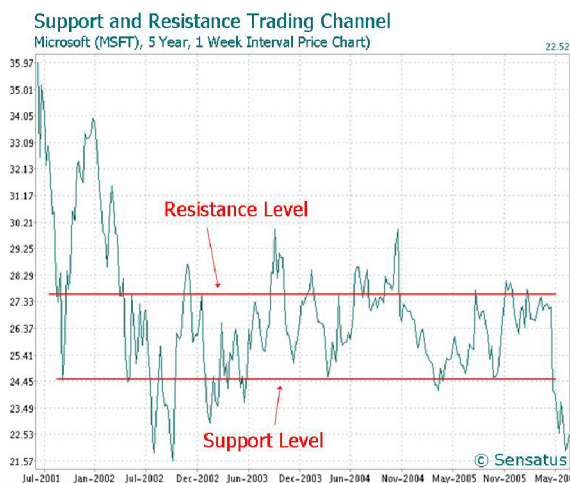
Populárnou metódou odhadovania budúceho vývoja cien je mechanizmus trendových čiar (obr. 2.2). V sledovanom grafe sa vyznačia dve priamky. Prvá priamka vyznačuje hladinu podpory (support), ktorá v grafe vyznačuje miesto, kde sa cena v minulosti niekoľkokrát otočila a rástla. Investori očakávajú, že pokiaľ cena klesne k tomuto miestu znova, odrazí sa a bude stúpať. Druhá priamka určuje takzvanú hladinu odporu (rezistenciu). Vyznačuje miesto, kde cena v minulosti otočila svoj nastolený trend a zažala klesať.

Investori pri obchodovaní obvykle používajú rôzne indikátory, ktoré sú založené na rôznych matematických a štatistických modeloch. Tieto indikátory sú bežne dostupné v jednot-

livých obchodných platformách, a pri správnom používaní môžu zvýšiť šancu na dosiahnutie ziskového obchodu. Avšak ich najväčšou slabinou je fakt, že väčšina z nich je odvodená z priebehu ceny. Teda jedná sa len o deriváciu ceny, ktorá je navyše oneskorená o určitú periódu. Medzi najznámejšie indikátory patria napríklad RSI [20], kľzavý priemer [19] či Fibonacciho pásma [18]. No keďže sa táto práca primárne zameriava na analyzovanie trhu pomocou fundamentálnej analýzy, nebude sa týmto indikátorom ani vyššie spomenutým prvkom technickej analýzy venovať väčšia pozornosť.



Obr. 2.1: Definícia sviečkového grafu (prevzatý z [11])



Obr. 2.2: Používanie trendových čiar (prevzatý z [30])

2.5 Fundamentálna analýza

Na rozdiel od technickej analýzy, ktorá skúma aktuálne cenové pohyby a trendy na trhu, fundamentálna analýza sa snaží predpovedať budúci vývoj trhu pomocou rôznych finančných a makroekonomických ukazovateľov. Pomocou týchto dát ohodnocuje jednotlivé finančné inštrumenty, a porovnáva svoje ohodnotenie s aktuálnou cenou na trhu. Teda ak je vnútorné ohodnotenie akcie väčšie ako trhové ohodnotenie, akcia sa považuje za podhodnotenú, a tým pádom nastáva vhodná príležitosť pre jej kúpu. Pri nadhodnotení ceny je naopak najlepšou stratégiou predaj daného aktíva. Tento typ analýzy sa používa hlavne pri dlhodobejšom investovaní do veľkých spoločností, kedy sa budúca cena finančných inštrumentov odhaduje až niekoľko týždňov či mesiacov vopred. Tento postup uplatňujú najmä veľkí hráči na trhu, ktorý disponujú veľkým kapitálom a majú tak možnosť investovať do veľkých akciových spoločností. No fundamentálna analýza v kombinácii s technickou môže byť využívaná aj menšími hráčmi, keďže investor tak nadobudne o danom aktíve a jeho obchodnom potenciáli lepšiu predstavu.

Investori používajúci túto analýzu využívajú pri skúmaní daných akciových spoločností rôzne sady údajov. Najpoužívanejšie sú podnikové výkazy, geopolitické udalosti, politika centrálnych bánk či faktory životného prostredia. V tejto kapitole budú objasnené základné fundamentálne ukazovatele, ktoré je pri tomto type analýzy potrebné preskúmať. Väčšina z nich je využitá aj v tejto práci, pričom ich význam a interpretácia ich hodnôt sú popísané na základe knihy *Fundamental Analysis For Dummies*, ktorú napísal Matt Krantz [15].

2.5.1 Indikátory využívajúce trhovú kapitalizáciu

Tento typ fundamentálnych indikátorov využíva k ohodnoteniu danej spoločnosti jej trhovú kapitalizáciu. Trhová kapitalizácia určuje trhovú hodnotu spoločnosti na základe počtu vystavených akcií a ceny za jednu akciu tejto spoločnosti. Výsledná hodnota trhovej kapitalizácie určuje, ako je daná spoločnosť ohodnotená trhom. Väčšie spoločnosti majú trhovú kapitalizáciu v hodnote niekoľkých miliárd dolárov, pričom investovanie do nich je relatívne bezpečné, no menej výnosné. Na druhej strane, investovanie do menších spoločností môže byť viac výnosné, no je potrebné počítať s väčším rizikom.

P/S ukazovateľ

Ukazovateľ P/S (Price to Sales Ratio) udáva cenu, ktorú sú investori na trhu ochotní platiť za jeden dolár, ktorý spoločnosť získala vrámci svojich tržieb. Výpočet je daný podielom trhovej ceny akcie a jednotkovej tržby spoločnosti z tejto akcie. Spoločnosť napríklad generuje tržby 445 miliónov dolárov ročne, a má vystavených 100 miliónov akcií. Celkové tržby sa podelia počtom vystavených akcií, a výsledkom bude hodnota tržieb na základe jednej akcie (\$4,55). Cena akcie sa podelí jednotkovou tržbou za akciu, čím sa dostane hodnota P/S ukazovateľa.

$$P/S \text{ ukazovateľ} = \frac{\text{Trhová cena akcie}}{\text{Jednotková tržba z akcie}} \quad (2.1)$$

Spoločnosť sa považuje za podhodnotenú, ak je P/S menší ako 1. Pri P/S väčším ako 1 sa spoločnosť považuje za nadhodnotenú. Nevýhodou tohto ukazovateľa je, že nezahrňuje do výpočtu zisky spoločnosti, a teda je potrebné použitie aj iných ukazovateľov. Taktiež sa od-

porúča používať tento ukazovateľ pre spoločnosti z rovnakého sektoru. Rozdielny sektor má vplyv na schopnosť daných spoločností generovať zo svojich tržieb zisk, preto porovnávanie P/S u spoločností z rozdielnych sektorov môže byť zavádzajúce.

P/E ukazovateľ

P/E (Price to Earnings Ratio) je jeden z najpoužívanejších ukazovateľov pri fundamentálnej analýze. Udáva koľko musí obchodník investovať do spoločnosti, aby obdržal 1 dolár zo zisku spoločnosti. Výpočet je daný podielom trhovej ceny akcie a jednotkového zisku spoločnosti z tejto akcie. Ak je napríklad cena jednej akcie spoločnosti \$100, a daná spoločnosť generuje z jednej akcie zisk \$5, tak P/E má hodnotu \$20.

$$P/E \text{ ukazovateľ} = \frac{\text{Trhová cena akcie}}{\text{Jednotkový zisk z akcie}} \quad (2.2)$$

Obecne platí, že čím je P/E ukazovateľ menší, tým je potrebná menšia vstupná investícia. No naopak väčší P/E môže predikovať väčšie zisky spoločnosti v budúcnosti. Rovnako ako pri P/S ukazovateli, aj v tomto prípade má zmysel P/E počítať pre spoločnosti z rovnakého sektoru. Ďalším obmedzením je fakt, že akciové spoločnosti často vo svojich výkazoch udávajú väčšie zisky, ako v skutočnosti generujú. V takom prípade sa samozrejme tento ukazovateľ stáva zavádzajúcim.

PEG ukazovateľ

PEG (Price/Earnings Growth Ratio) rozširuje P/E ukazovateľ, pričom sa snaží odhadnúť skutočnú cenu akcie tým, že do výpočtu zahrnie rozdiel úrovni ziskov z viacerých rokov. Tento rozdiel sa najčastejšie vypočíta z dvoch po sebe idúcich rokov.

$$PEG \text{ ukazovateľ} = \frac{P/E \text{ ukazovateľ}}{\text{Medziročný rozdiel úrovni ziskov}} \quad (2.3)$$

Pri PEG menšom ako 1 sa cena akcie považuje za podhodnotenú, v opačnom prípade nadhodnotenú. Vďaka zahrnutiu úrovni ročných ziskov do tohto výpočtu je možné odhadnúť skutočnú cenu akcií a rozhodnúť sa investovať aj do spoločností, ktoré majú väčšie P/E . Teda je potrebná väčšia vstupná investícia, no ukazovateľ PEG môže predikovať, že vďaka rastúcim ziskom spoločnosti sa táto investícia oplatí.

P/B ukazovateľ

P/B (Price to Book Ratio) je ďalším významným indikátorom v oblasti fundamentálnej analýzy. Dáva do pomeru aktuálnu trhovú cenu aktíva a cenu aktíva odvodenú z finančných výkazov danej spoločnosti (book price). Spoločnosť má napríklad aktíva vo výške 100 miliónov dolárov, pasíva vo výške 75 miliónov dolárov, pričom ponúka na burze 10 miliónov kusov akcií. Cena akcie odvodená z finančných výkazov bude \$2,50 $((100-75)/10)$. Pomer tejto ceny s aktuálnou trhovou cenou udáva, či je akcia podhodnotená ($P/B < 1$) alebo nadhodnotená ($P/B > 1$). Nevýhodou tohto indikátora je fakt, že môže byť záporný pri dlhotrvajúcich stratách danej spoločnosti, a je tým pádom nepoužiteľný. Tiež nie je príliš

vhodný pre spoločnosti, u ktorých prevládajú nehmateľné aktíva ako napríklad počítačový program či technologický postup. Tieto aktíva sa viažu na pasíva v menšej miere, takže je vhodné použiť iný indikátor, keďže P/B funguje na základe korelácie medzi aktívami a pasívami spoločnosti.

2.5.2 Indikátory sledujúce manažment spoločnosti

Pre tieto indikátory je typické, že hodnotia spoločnosť na základe schopnosti manažovať svoje aktíva a pasíva. Čím efektívnejšie spoločnosť dokáže hospodáriť, tým je väčšia šanca, že sa jej v budúcnosti bude dariť. Najznámejšími indikátormi v tejto oblasti sú ROA a ROE .

ROA ukazovateľ

Indikátor ROA (Return On Assets) určuje celkovú hodnotu zisku, ktorý generuje spoločnosť pomocou svojich aktív. Táto hodnota sa vyjadří podielom čistého príjmu spoločnosti a celkovej hodnoty všetkých aktív. Hodnota ROA presahujúca 5% je považovaná za uspokojujúcu. Nevýhodou tohto indikátora je, že neberie do úvahy zadlženosť podniku. Taktiež sa odporúča používať tento ukazovateľ pre spoločnosti z rovnakého sektora, kvôli ich podobnosti v štruktúre aktív.

$$\text{ROA ukazovateľ} = \frac{\text{Čistý príjem podniku}}{\text{Celková hodnota aktív}} \quad (2.4)$$

ROE ukazovateľ

ROE (Return On Equity) určuje, rovnako ako ROA , schopnosť spoločnosti manažovať svoje zdroje. No pri výpočte berie do úvahy vlastný kapitál podniku, daný rozdielom aktív a pasív spoločnosti. ROE pod hodnotou 10% signalizuje neefektívne manažovanie zdrojov spoločnosti. Avšak je potrebné si uvedomiť, že vysoké ROE nemusí nutne predstavovať efektívne fungujúcu spoločnosť. Nárast hodnoty tohto ukazovateľa môže byť spôsobený menšou hodnotou aktív podniku, prípadne vysokou zadlženosťou. V oboch prípadoch je menovateľ daného vzorca výrazne menší, čo zvyšuje hodnotu ROE , ale zároveň znižuje jeho výpovednosť.

$$\text{ROE ukazovateľ} = \frac{\text{Čistý príjem podniku}}{\text{Aktíva} - \text{Pasíva}} \quad (2.5)$$

Hrubá zisková marža

Investori s ňou určujú pomer medzi generovaným ziskom a celkovými tržbami podniku. Teda koľko percent z tržieb bolo premenených na zisk. Jedná sa o jeden z najhodnotnejších ukazovateľov, no treba brať do úvahy, že nie je vhodný pre porovnávanie podnikov z rôznych sektorov. Spoločnosti z technologického či farmaceutického odvetia majú výrazne vyššie hodnoty hrubej ziskovej marže, ako napríklad podniky z poľnohospodárskeho či automobilového priemyslu.

$$\text{Hrubá zisková marža} = \frac{\text{Čistý príjem podniku}}{\text{Tržby podniku}} \quad (2.6)$$

2.5.3 Indikátory sledujúce zadlženosť spoločnosti

Zadlženosť podniku udáva veľkosť cudzieho kapitálu, ktorý je podnikom zhodnocovaný za účelom dosiahnutia jeho podnikateľského plánu. Veľká zadlženosť môže poznačiť udržateľnosť spoločnosti, čo predstavuje riziko, ktoré je pred investovaním potrebné zvážiť.

D/E ukazovateľ

D/E indikátor (Debt To Equity Ratio) určuje stupeň zadlženosti podniku. Vypočíta sa ako podiel celkovej hodnoty cudzích finančných prostriedkov podniku a vlastného kapitálu, ktorý je daný rozdielom medzi aktívami a pasívami spoločnosti. Samozrejme nižšia hodnota D/E indikátora signalizuje lepšie finančné zdravie daného podniku. Záporná hodnota je spojená s veľkým rizikom, keďže je výsledkom vysokej zadlženosti podniku. Vyššia zadlženosť u začínajúcich spoločností nemusí nutne pre investora znamenať, že by sa tejto investícií mal vyhnúť. Pokiaľ má tento podnik kvalitne vypracovaný podnikateľský plán, a je schopný dodržať objem produkcie, ktorý si stanovil, vyššia zadlženosť nemusí predstavovať vysoké riziko.

$$\text{D/E ukazovateľ} = \frac{\text{Cudzí kapitál}}{\text{Aktíva} - \text{Pasíva}} \quad (2.7)$$

Bežná likvidita

Je daná podielom obežných aktív a celkovou hodnotou krátkodobých záväzkov. Udáva schopnosť podniku splácať svoje krátkodobé záväzky práve pomocou tejto položky aktív. Keby obežné aktíva nestačili na splatenie týchto záväzkov, spoločnosť by musela nájsť iný zdroj, pravdepodobne predať nejakú časť z hmotného majetku. To samozrejme vykazuje zlé finančné zdravie podniku, takže investori preferujú vyššiu hodnotu bežnej likvidity. Sektor v ktorom podnik operuje určuje prípustnú hodnotu tohto indikátora. V odvetí s nízkymi zásobami bude ideálny pomer menší, ako v odvetí s vysokými zásobami a dlhšími dobami splatnosti.

2.6 Využitie makroekonomických údajov v AOS

Makroekonomické údaje, týkajúce sa sektoru či krajiny kde daná spoločnosť podniká, sa dajú taktiež využiť k predikcii budúceho vývoja na trhu. Okrem údajov ako sú HDP, inflácia či nezamestnanosť, ktoré sú všeobecne známe, existuje aj množstvo viacej špecializovaných indikátorov, ktoré sú využívané najmä v oblasti investovania. V tejto podkapitole budú objasnené dva takéto indikátory, ktoré sa zároveň využili pre potreby tejto práce.

Výnosová krivka

Výnosová krivka zobrazuje výnosy (úrokové sadzby) dlhopisov s rôznou dobou splatnosti. Jej sklon udáva predstavu o budúcom vývoji úrokových sadzieb a smerovaní ekonomiky. Existujú dva základné typy výnosových kriviek. Prvou je takzvaná Normálna výnosová krivka, ktorá naznačuje, že výnosy dlhopisov s dlhšou dobou splatnosti prevyšujú tie s kratšou dobou splatnosti. V takom prípade sa dá očakávať hospodárska expanzia, a situácia na trhu by tak mala mať pozitívny charakter. Druhú krivkou je takzvaná Invertovaná výnosová krivka, ktorá naopak predpovedá blížiacu sa obdobie recesie a zlých

hospodárskych časov. Pri tomto type krivky, sú výnosy dlhopisov s dlhšou dobou splatnosti výraznejšie pod výnosmi krátkodobých dlhopisov.

Indikátory recesie

Obdobie recesie neodmysliteľne patrí ku každému ekonomickému cyklu. Toto obdobie spravidzajú vyššia nezamestnanosť, prepúšťanie, klesajúce tržby a zisky podnikov či nižšia dostupnosť úverov. Detekcia úrovne v ktorej sa ekonomika dostane na svoje úplne dno, pričom sa následne tento trend otočí, je neľahká úloha. Analytici berú do úvahy hore uvedené sprievodné signály, a skúmajú ich priebeh, pričom po dôkladnej analýze vyprodukujú výsledné indikátory, ktoré by mali definovať nadchádzajúcu ekonomickú situáciu. Príkladom je skupina indikátorov OECD² *From Peak Through The Trough*, ktorá sa na základe poslednej zaznamenanej úrovne *peak*³ snaží predikovať, či sa trh nachádza v stave recesie. Pokiaľ je tomu tak, investor by mal zaujať defenzívnejšiu stratégiu a chrániť svoje portfólio pred znehodnoteným.

²Organisation of Economic Development

³Najvyšší stav ekonomickej expanzie, kedy na trhu prevláda optimizmus a akcie majú stúpajúci trend

Kapitola 3

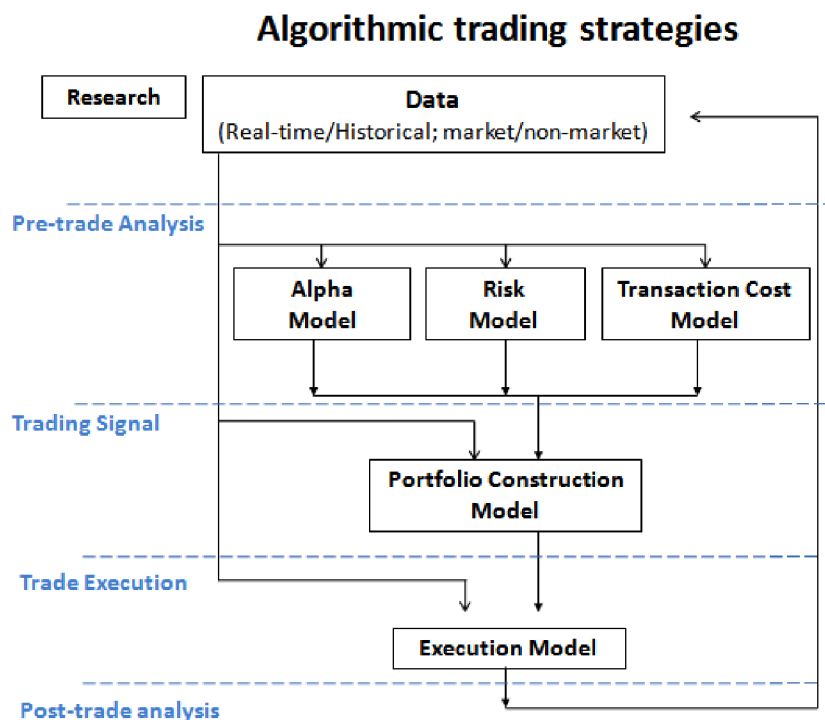
Aktuálne trendy v oblasti automatických obchodných systémoch

Automatické obchodné systémy (ďalej AOS) sú počítačové programy, ktoré sú na trhu schopné obchodovať samostatne na základe vopred stanovených pravidiel. Nepretržite sledujú vývoj cien na trhu či fundamentálne ukazovatele jednotlivých podnikov, pričom ich vnútorná logika zabezpečí spracovanie a vyhodnotenie týchto dát. Pomocou aktuálnych dát a obchodnej stratégie, na ktorej sú postavené, generujú signály pre vstup alebo výstup z obchodnej pozície. Ako bolo spomenuté v úvodnej kapitole, využitie AOS pri investovaní na burze má svetlé ale aj tmavšie stránky, pričom investor by si mal byť vedomý oboch týchto aspektov. V tejto kapitole budú preto objasnené výhody a nevýhody využitia AOS, pričom tu budú taktiež prezentované aktuálne trendy v oblasti vývoja AOS. Teda predovšetkým rôzne investičné stratégie, ktorými sa riadia už existujúce AOS.

3.1 Architektúra automatických obchodných systémoch

Architektúra bežne používaných AOS pozostáva z niekoľkých častí (obr. 3.1). Na začiatok je potrebné vytvoriť takzvané univerzum finančných derivátov, do ktorých sa bude investovať. K tomu je potrebný rozsiahlejší prieskum finančných trhov, tak aby vybrané deriváty čo najviac vyhovovali stanovenej obchodnej stratégii. To znamená, že pokiaľ sa investor chce napríklad vyhnúť investovaniu do spoločností s veľkou zadlženosťou, nebude do svojho univerza vyberať akcie podnikov, ktoré sú silno závislé na cudzom kapitále. Následne prichádzajú na radu vstupné dáta celého systému. Tieto dáta sú vyberané na základe investičnej stratégie, ktorú si stanovil investor, pričom tvorca systému je zodpovedný za to, aby tieto dáta spĺňali potreby investičnej stratégie. Komponenty *Alpha*, *Risk* a *Transaction Cost* model sú jadrom celého AOS, pričom vyhodnocujú vstupné dáta a zabezpečujú naplnenie investičnej stratégie. *Alpha* model je používaný pre určenie budúceho vývoja na trhu a určenie najvhodnejšieho momentu pre realizáciu obchodných príkazov. *Risk* model sa stará o to, aby signály generované *Alpha* modelom dodržovali povolenú úroveň rizika, ktorú si stanovil investor. Teda pokyn k realizovaniu obchodného príkazu od *Alpha* modelu môže byť ignorovaný, pokiaľ by bol risk plynúci z realizovania tohto príkazu väčší, ako je investor ochotný akceptovať. Ďalšou súčasťou AOS je *Transaction Cost* model, ktorý kontroluje úroveň poplatkov plynúcich z realizovania obchodného príkazu. Pokiaľ by očakávaný

profit zo vstupu do obchodnej pozície nestačil na pokrytie týchto výdavkov, tak sa tento obchodný príkaz nezrealizuje. Výstup z týchto troch komponent ide spolu so vstupnými dátami do *Portfolio Construction* modelu, ktorý spravuje obchodné portfólio investora. V obchodnom portfóliu sa na základe signálov z *Alpha* modelu priebežne aktualizujú počty akcií jednotlivých spoločností, ktoré investor drží. Pri každej takejto zmene započne svoju činnosť *Execution* model, ktorý už zadáva konkrétne objednávky na trhu. *Execution* model zároveň umožňuje načasovať okamih realizácie tejto objednávky tak, že hľadá optimálnu trhovú cenu, ktorá čo najlepšie spĺňa požiadavky z nižších vrstiev systému. No využitie tejto funkcionality je celkom riskantné, keďže nájdenie optimálnejšej trhovej ceny nie je isté, a AOS tak môže zadať obchodný príkaz príliš neskoro. Preto je menej riskantné vykonať obchodné príkazy okamžite po prijatí signálu z nižších vrstiev systému.



Obr. 3.1: Architektúra AOS (prevzatý z [4])

3.2 Silné a slabé stránky automatického obchodovania

AOS sa v investovaní využívajú z viacerých dôvodov. Ich najväčší prínos spočíva v tom, že kompletne odstraňujú z investovania ľudský faktor, ktorý býva najväčším zdrojom finančných strát na burze. Investor sa často odkloní od svojej investičnej stratégie vplyvom davového zmýšľania. Vidi, že na trhu začal prevládať určitý trend (akcie prudko rastú/klesajú), v dôsledku čoho veľké množstvo investorov sleduje tento trend a prispieva k jeho rastu. Často je ochotný tento trend nasledovať, hoci vôbec nie je v súlade s jeho investičnou stratégiou. Dôvodom je, že nadobudne pocit o správnosti tohto kroku, keďže sa zdá byť správny pre veľké množstvo investorov. No trhy sa dynamicky menia a volatilita niektorých finančných derivátov môže nadobúdať veľkých hodnôt. Vtedy sa pomyselné misky váh otočia, a investor začne na akciách, ktoré drží strácať. Tieto straty sa môžu vyšplhať

do takých výšok, že investor bude nútený odísť z burzy. Ľudský faktor sa často prejavuje aj v prílišnej pasivite. Na investora pôsobí obava zo staty omnoho intenzívnejšie ako vidina možného zisku. Vďaka tomu vykonáva iracionálne rozhodnutia, a často uprednostní pasivitu pred vstupom do obchodnej pozície. Tým mu nenávratne uniknú investične výhodné príležitosti. AOS tieto pochybenia ľudského faktoru odstraňujú tým, že sa kompletne držia stanovenej investičnej stratégie. Tým výrazne zvyšujú šance na dosiahnutie zisku. Ďalšou výhodou AOS je ich rýchlosť exekúcie. Počítač je schopný pri splnení stanovených podmienok generovať obchodné príkazy ihneď, čím sa môže zvýšiť ziskovosť systému hlavne pri volatilnejších finančných derivátoch a veľkom objeme obchodu. Taktiež je schopný používať niekoľko rôznych stratégií v čase a vyhľadávať príležitosti na viacerých trhoch. Tým sa lepšie rozdelí potencionálne riziko medzi jednotlivé inštrumenty, čím sa zvýši šanca na dosiahnutie celkového zisku.

No použité AOS prináša aj niekoľko nevýhod. Schopnosť AOS správne predikovať pohyb cien na trhoch sa testuje na historických dátach. Tvorcovia AOS často pri optimalizácii systému nechtiac systém prispôbia vývoju historických cien, čo spôsobí, že AOS po nasadení do živého obchodovanie dosahuje výrazne horšie výsledky. Ďalšou nevýhodou je, že vytvorenie dostatočne komplexnej stratégie, ktorá berie do úvahy všetky scenáre, ktorými sa trhy môžu uberať, je v podstate nemožné. Pokiaľ nie je stratégia AOS dostatočne komplexná, nebude schopná predpovedať prudké zmeny na trhu. To môže predstavovať devastačné následky pre investorov obchodný účet. Taktiež je potrebné AOS neustále monitorovať. Pri výraznejšom poklese jeho výkonnosti je potrebné čo najrýchlejšie optimalizovať celý systém či obchodné portfólio, aby sa predišlo výraznejším stratám.

3.3 Používané investičné stratégie

Táto kapitola poskytuje prehľad o najpoužívanejších investičných stratégiách využívaných v oblasti AOS [28]. Väčšina dnešných AOS sa riadi stratégiou high-frequency trading, ktorá sa snaží v krátkom čase umiestniť čo najviac objednávok na viacerých trhoch. Už z tohto tvrdenia je zrejmé, že táto práca ide proti prúdu, keďže cieľom tejto práce je vytvoriť AOS, ktorý bude fungovať na princípoch dlhodobého investovania.

Stratégie založené na sledovaní trendov

Tento typ investičnej stratégie sa vo veľkej miere líši od investičnej stratégie tejto práce. Obchodné príkazy sú generované iba na základe aktuálnych trendov na trhu. Tieto trendy sú sledované a predikované s využitím rôznych indikátorov technickej analýzy, ako sú kľzavý priemer, trendové čiary či Fibonacciho čísla. Jedná sa o stratégiu, ktorá je najľahšia na implementáciu, keďže nezahrňuje žiadne hlbšie predikcie ceny daného aktíva. Dá sa povedať, že iba sleduje trendy na burze, no nesnaží sa ich presnejšie predikovať s dostatočným časovým predstihom. Typickým predstaviteľom je stratégia sledovania 50 a 200 dňového kľzavého priemeru daného aktíva. Pokiaľ sa hodnota 50 dňového kľzavého priemeru dostane nad úroveň 200 dňového, AOS generuje signál na nákup daného aktíva. Naopak predajný signál sa vygeneruje pokiaľ hodnota 50 dňového kľzavého priemeru padne pod úroveň 200 dňového.

Využitie arbitráže

Cieľom tejto stratégie je nákup duálne kótovaných akcií za nižšiu cenu na jednom trhu, a ich súčasný predaj za vyššiu cenu na inom trhu. Tieto cenové rozdiely sa na akciových trhoch občas vyskytnú, pričom AOS, ktorý je schopný tento rozdiel zachytiť, predstavuje ideálny nástroj pre rýchle dosiahnutie zisku. Avšak použitie tejto stratégie je na hranici legálnosti, keďže niektorí brokeri varujú pred týmto spôsobom investovania, a prípadne odhalenie trestajú.

Stratégie založené na matematických modeloch

Táto stratégia kombinuje presne určený moment vstupu a výstupu z obchodnej pozície. Tento moment sa určí na základe splnenia predom stanovených podmienok. Každá podmienka je popísaná určitým matematickým vzorcom, keďže táto stratégia vychádza z predpokladu, že takmer každá funkcia obchodnej stratégie sa dá vyjadriť a realizovať nejakým výpočtom. Pre realizáciu daného príkazu musia byť väčšinou splnené všetky tieto podmienky.

Stratégia strednej reverznej hodnoty

Základným predpokladom tejto stratégie je, že príliš vysoké a nízke ceny daného aktíva sú dočasné, a periodicky sa vracajú na svoju priemernú úroveň. AOS, ktoré sa riadia touto stratégiou sa snažia definovať túto priemernú cenovú úroveň. Pokiaľ cena aktíva vyskočí vysoko nad túto úroveň, tak generujú predajný signál, v opačnom prípade signál nákupný.

Fundamentálne stratégie

Ako už napovedá samotný názov, táto stratégia využíva pre predikciu cien predovšetkým prvky fundamentálnej analýzy. Vychádza z predpokladu, že naozajstnú hodnotu aktíva udávajú jeho fundamentálne ukazovatele. Teda napríklad u akcií obchodovaných spoločnosťami ich objem tržieb či úroveň ziskov a zadĺženosti. Na základe týchto indikátorov AOS určí vnútornú hodnotu aktíva a porovná ho s aktuálnou cenou na trhu. Pokiaľ je vnútorná hodnota vyššia ako cena na trhu, aktívum sa považuje za podhodnotené, a generuje sa nákupný signál. V opačnom prípade je aktívum nadhodnotené, a tak AOS predpokladá, že jeho cena bude klesať. Vtedy sa generuje predajný signál.

Využitie technológií umelej inteligencie

Posledná stratégia, ktorá bude v tejto kapitole objasnená, využíva k predikcii vývoja cien na burzách technológií umelej inteligencie, konkrétne strojové učenie. Základným princípom tejto metódy je vytvoriť taký AOS, ktorý je schopný adekvátne reagovať na rôzne vstupné hodnoty bez toho, aby bol na to explicitne naprogramovaný. Tieto reakcie budú vychádzať z poznatkov, ktoré sa program naučil na tréningových dátach. Tieto tréningové dáta sú obvykle historické ceny akcií a rôzne indikátory technickej a fundamentálnej analýzy. Vstupné dáta tohto systému by mali byť čo najviac nekorelované a časovo stacionárne, aby bola zaručená čo najväčšia robustnosť a komplexnosť výsledného systému. Popularita využívania technológií umelej inteligencie v obchodovaní spočíva v tom, že sa snažia napodobniť proces ľudského učenia sa a logického uvažovania. No narozdiel od človeka sú schopné spracovať a vyhodnotiť omnoho väčšie množstvo dát za rádovo kratší časový okamih. To výrazne zvyšuje pravdepodobnosť dosiahnutia ziskovosti. Je možné využiť viaceré algoritmy umelej

inteligencie v závislosti na požadovanom výstupe AOS. Pokiaľ je na vstupe napríklad viacero parametrov, ako sú hodnoty technických a fundamentálnych ukazovateľov, je možné hodnoty týchto parametrov pomocou neurónových sietí alebo rozhodovacích stromov klasifikovať. Výsledok tejto klasifikácie určí, či AOS bude generovať nákupný alebo predajný signál.

3.4 Programové prostriedky pre tvorbu AOS

Keďže zastúpenie AOS na burzách s cennými papiermi neustále rastie, nie je prekvapením, že na trhu existuje množstvo nástrojov a platforiem, ktoré pomáhajú investorovi vytvoriť AOS podľa jeho preferencií a zvolenej investičnej stratégie. V tejto kapitole bude predstavených niekoľko takýchto nástrojov, no predovšetkým platforma QuantConnect, ktorá sa v rámci tejto práce využila k tvorbe AOS.

3.4.1 Multicharts

Multicharts¹ je elektronická obchodná platforma určená k analýze finančných trhov a k exekúcii obchodných príkazov. Jednotlivé objednávky zasielané príslušnému brokerovi môžu byť vykonávané manuálne investorom, alebo automaticky pomocou AOS. Multicharts podporuje široké množstvo brokerov, poskytovateľov finančných dát a možnosť importu vlastných historických dát. Platforma disponuje taktiež širokou podporou pre testovanie vytvoreného AOS na historických dátach, pričom umožňuje využitie rôznych indikátorov technickej analýzy. Podporovaným skriptovacím jazykom pre popis investičnej stratégie je jazyk EasyLanguage, ktorý bol vyvinutý spoločnosťou TradeStation práve pre potreby automatického obchodovania. Multicharts umožňuje importovať skripty práve v tomto programovacom jazyku.

3.4.2 MetaTrader 4

MetaTrader 4² je ďalšia elektronická obchodná platforma umožňujúca tvorbu AOS. Svojim užívateľom ponúka integrované prostredie (MQL4 IDE), umožňujúce efektívne vytvárať AOS pomocou objektovo-orientovaného jazyka MQL4. Preklad a odladenie výsledného programu je samozrejme súčasťou tohto editora. Po preklade je aplikácia automaticky transportovaná do komponenty Strategy tester, kde sa dá otestovať na historických dátach. Platforma umožňuje vytvorený AOS publikovať, prípadne umiestniť na trh s podobnými systémami, kde sa môže predať za cenu stanovenú jeho tvorcom.

3.4.3 QuantConnect

Pre potreby tejto práce sa využila práve táto platforma. Jedná sa o open-source algoritmickú obchodnú platformu, ktorá svojim prihláseným užívateľom poskytuje historické a aktuálne ceny obchodovaných inštrumentov, možnosť živého obchodovania, či dôkladné otestovanie vytvoreného AOS na historických dátach³. Podporovanými programovacími jazykmi pre tvorbu AOS sú Python a C#. QuantConnect umožňuje investovanie do všetkých známych finančných derivátov, ako sú akcie, komodity, menové páry, CFD kontrakty, kryptomeny

¹<https://www.multicharts.com/>

²<https://www.metatrader4.com/en/automated-trading>

³<https://www.quantconnect.com/>

či opcie, pričom u nich disponuje relevantnými dátami a indikátormi, ktoré investor môže využiť v svojom algoritme. Pri bezplatnej verzii účtu má užívateľ prístup k všetkým týmto dátam, a má možnosť otestovať AOS v historickom období, ktoré si zvolí. V prípade záujmu o nasadenie vytvoreného systému do živého obchodovania, navýšenia výpočetných prostriedkov či získania technickej podpory od vývojárov spoločnosti, je potrebné si priplatiť. V čase písania tejto práce, Quantconnect ponúka 4 druhy licencie, ktoré sa líšia v ponuke výpočetných prostriedkov či limitoch pri ladení programu⁴. Najlacnejšia licencia umožňujúca živé obchodovanie stojí \$10 na mesiac. Brokerov, ktorých si investor môže vybrať pri živom obchodovaní, zobrazuje tabuľka 3.1. Pri Interactive Brokers, OANDA a FXCM je dokonca možný takzvaný *Paper Trading*, kedy investorov účet obchoduje za virtuálne peniaze, čím sa môže v živom obchodovaní overiť výkonnosť celého AOS, a teda nie len na historických dátach⁵.

Broker	Podporované deriváty
Interactive Brokers	Akcie, FOREX, komodity, opcie
OANDA	FOREX, CFD
Coinbase Pro	Crypto
Bitfinex	Crypto
FXCM	FOREX, CFD

Tabuľka 3.1: Zoznam podporovaných brokerov pri živom obchodovaní

Medzi najväčšie výhody platformy QuantConnect patrí možnosť využitia frameworku SDF⁶ (Strategy Development Framework), ktorý ponúka predprogramované moduly kopírujúce základnú architektúru AOS z kapitoly 3.1. Teda užívateľ nutne nemusí implementovať celú architektúru AOS a vzájomné väzby medzi nimi, pokiaľ využije tieto predprogramované moduly. Každý modul vrámci SDF je popísaný v dokumentácii, ktorá užívateľa oboznámi ako s jednotlivými modulmi pracovať a ako ich prispôsobiť svojmu investičnému zámeru. Ďalšou silnou stránkou je veľmi prehľadná dokumentácia, ktorá popisuje základné koncepty AOS, spracovanie dát, integrovanie svojich dát či možnosti využitia umelej inteligencie. Pri každej sekcii sú prítomné ukážky implementácie, ktorými sa investor môže inšpirovať.

QuantConnect ponúka svojim užívateľom okrem historických cien rôznych finančných derivátov (akcie, komodity, menové páry ...) aj fundamentálne ukazovatele obchodovaných spoločností. Tieto dáta sú poskytované v rôznych rozlíšeniach podľa potrieb užívateľa (sekunda, minúta, hodina, deň ...). Tieto dáta sú dodané užívateľovi, ktorý ich pomocou príslušných funkcií popísaných v dokumentácii spracuje a začlení do svojho programu. Pre potreby tejto práce boli samozrejme použité len niektoré z týchto dát (viz kapitola 4.3).

Testovacie prostredie používané pre overenie validity výsledného AOS je veľmi komplexné a prehľadné. Investorovi zobrazuje súhrnné štatistiky popisujú výkonnosť jeho systému v sledovanom období. Medzi takéto základné ukazovatele patrí PSR (Probabilistic Sharpe Ratio), ktorý udáva veľkosť návratnosti stratégie voči riziku, ktoré sa muselo podstúpiť. Medzi ďalšie ukazovatele patrí návratnosť, zisk, poplatky či celkový objem obchodov. QuantConnect umožňuje investorovi integrovať pokročilejšie testovacie techniky, ktoré mu umožňujú optimalizovať jeho AOS. Avšak užívateľ si musí za túto funkcionálnosť priplatiť.

⁴<https://www.quantconnect.com/pricing>

⁵<https://www.quantconnect.com/docs/live-trading/overview>

⁶<https://www.quantconnect.com/docs/algorithm-framework/overview>

Pri tvorbe AOS sa dá postupovať dvoma spôsobmi. Užívateľ môže AOS implementovať buď v integrovanom prostredí, ktoré ponúka platforma, alebo môže využiť open-source engine s názvom LEAN CLI⁷. Tento engine mu umožní implementovať systém lokálne, a zároveň využiť testovacie prostredie cloudovej verzie. Otestovanie AOS môže prebehnúť aj lokálne, no užívateľ by si musel doplatiť za stiahnutie relevantných finančných dát z QuantConnect. LEAN CLI umožňuje aj synchronizáciu s cloudovým účtom užívateľa, kedy stiahne už implementované projekty z cloudového účtu, pričom užívateľ môže v nich pokračovať lokálne.

Pri porovnaní s ostatnými obchodnými platformami vyšiel QuantConnect ako jasný víťaz. Ponúka množstvo finančných dát v rôznych rozlíšeniach, možnosť kvalitne otestovať výsledný AOS či množstvo predprogramovaných modulov, ktoré uľahčujú implementáciu AOS. Ďalším pozitívom je prehľadná dokumentácia, ktorá zabezpečí, že investor môže využívať túto platformu čo najvhodnejším spôsobom.

3.5 Štatistické ukazovatele sledované pri testovaní AOS

V oblasti vývoja AOS existuje množstvo štatistických ukazovateľov, ktorými sa hodnotí výkonnosť vytvoreného AOS. Pre potreby tejto práce boli okrem základných ukazovateľov ako návratnosť, percentuálna úspešnosť stratégie, počet obchodov či úroveň poplatkov, využité aj pokročilejšie merítka výkonnosti. Cieľom tejto podkapitoly je objasniť tieto pokročilejšie štatistické metódy.

Smerodajná odchýlka portfólia

Smerodajná odchýlka portfólia, vypočítaná ako druhá odmocnina jeho rozptylu [9], v oblasti investovania určuje volatilitu portfólia a s tým súvisiaci risk celej stratégie [29]. Pre jej výpočet je potrebná smerodajná odchýlka výnosov každej investície v portfóliu, váhy jednotlivých investícií (napríklad doba po ktorú sú v portfóliu) a úroveň korelácie medzi každým párom aktív v portfóliu. Vysoká úroveň smerodajnej odchýlky portfólia naznačuje vyššie riziko celého portfólia, a teda budúca návratnosť investície bude pravdepodobne volatilná a nestabilná. Nižšia hodnota naopak indikuje stabilnejšiu úroveň návratnosti investície. Ak napríklad nejaká investícia sľubuje priemernú návratnosť 20% so smerodajnou odchýlkou 5%, konečná návratnosť môže byť od 15% po 25%. Tu je vidno, že vyššia smerodajná odchýlka naozaj spôsobuje vysokú volatilitu návratnosti investície.

Sharpe ratio

$$\text{Sharpe ratio} = \frac{\text{Výnos portfólia} - \text{Bezriziková sadzba}}{\text{Smerodajná odchýlka portfólia}} \quad (3.1)$$

Tento štatistický ukazovateľ sa v oblasti AOS používa na určenie veľkosti návratnosti stratégie voči riziku, ktoré sa muselo podstúpiť [27]. Pod týmto rizikom si je možné predstaviť investovanie do rizikových inštrumentov, finančnú páku (viz 2.1.1) či vysokú volatilitu trhu v sledovanom období. Pri výpočte sa dáva do pomeru návratnosť celého portfólia, znížená o výnos z bezrizikového dlhopisu⁸, a smerodajná odchýlka portfólia. Inými slovami,

⁷<https://www.lean.io/cli/>

⁸Jedná sa o takzvanú bezrizikovú sadzbu, typicky cenný papier z ministerstva financií

ukazovateľ predstavuje dodatočnú sumu výnosu, ktorú investor získa za jednotku zvýšenia rizika. Výsledná hodnota medzi 0 a 0,5 znamená, že odvodené výnosy sú lepšie ako bezriziková sadzba, ale nadmerné riziká s nimi spojené ich prevyšujú. Naopak hodnota väčšia ako 0,5 indikuje, že výnosy sú nad bezrizikovou sadzbou a aj nad rizikami z nich plynúcimi. Hodnoty väčšie ako 1 sú najoptimálnejšie a dlhodobo ťažko udržateľné. Pri negatívnych hodnotách je interpretácia tohto ukazovateľa zložitejšia. Vysoká volatilita portfólia urobí pri negatívnom výnose celkovú hodnotu menej negatívnu (vyšší menovateľ), čo nesprávne indikuje, že výkonnosť stratégie nebola až taká zlá. To isté platí aj pre opačný prípad, kedy pri menšom negatívnom výnose môže volatilita nadobúdať menšie hodnoty (nižší menovateľ), a tak výsledná hodnota indikuje horšiu výkonnosť, aká bola dosiahnutá. Nevýhodou tohto indikátoru je fakt, že nie vhodný na porovnávanie medzi viacerými stratégiami, pretože aproximuje normálne rozdelenie výnosov. Tento nedostatok odstraňuje indikátor *Probabilistic Sharpe Ratio*, ktorý pri výpočte berie do úvahy aj smerodajnú odchýlku predom zvoleného akciového indexu [1]. Tento ukazovateľ sa teda použije pri porovnávaní stratégií s podobným *Sharpe Ratio*, pričom sa vyberie stratégia s väčším *Probabilistic Sharpe Ratio*.

Treynor ratio

Treynor ratio slúži podobne ako *Sharpe ratio* k určení výnosov, ktoré investor obdrží z každej jednotky rizika [12]. Cieľom je opäť dosiahnuť čo najväčšiu hodnotu tohto ukazovateľa. No rozdiel je v tom, že tento ukazovateľ využíva namiesto smerodajnej odchýlky portfólia takzvaný *Beta* ukazovateľ [13]. Ten meria tendenciu portfólia meniť jeho návratnosť v závislosti na zmenu návratnosti trhu ako celku. Presnosť celého ukazovateľa závisí na správne zvolenom benchmarku⁹, pomocou ktorého sa vypočíta *Beta* ukazovateľ.

Information ratio

$$\text{Information ratio} = \frac{\text{Výnos portfólia} - \text{Výnos benchmarku}}{\text{Smerodajná odchýlka oboch výnosov}} \quad (3.2)$$

Cieľom tohto ukazovateľa je porovnať návratnosť portfólia a referenčného benchmarku, ktorým je spravidla akciový index, ako napríklad S&P 500 [21]. Rozdiel výnosov portfólia a benchmarku sa podelí smerodajnou odchýlkou oboch výnosov. Táto smerodajná odchýlka udáva konzistenciu portfólia generovať úroveň výnosov väčších/menších ako index. Nižšia hodnota tejto odchýlky indikuje, že portfólio má konzistentne lepšie výnosy ako index, v opačnom prípade je index dlhodobejšie výnosnejší. Kladná hodnota *Information ratio* značí, že na konci sledovaného obdobia boli výnosy stratégie nad výnosmi indexu. Zároveň platí, že čím väčšia je táto hodnota, tým konzistentnejšie prekročili výnosy portfólia referenčný index. Hodnota 0,4 a vyššia sa považuje za uspokojivú. Pri zápornej hodnote by sa mal používať v kombinácii s ostatnými ukazovateľmi, lebo nezohľadňuje výnosy prispôbené riziku ako napríklad *Sharpe ratio*. Inými slovami, tento ukazovateľ môže nadobudnúť negatívnu hodnotu, aj keď stratégia generuje vyššie výnosy prispôbené riziku, ako generuje referenčný index.

⁹Slúži na porovnanie jeho výkonnosti s výkonnosťou sledovanej stratégie

Kapacita investičnej stratégie

Kapacita investičnej stratégie odhaduje maximálnu úroveň kapitálu, s ktorou môže byť investovaná bez toho, aby došlo k poklesu výkonnosti stratégie vplyvom trhových podmienok [3]. Vyššie hodnoty tejto kapacity sú typické hlavne pre stratégie, ktoré vyčleňujú prostriedky obchodného portfólia do akcií s vyšším objemom obchodovania. K určení výslednej kapacity stratégie, je najskôr potrebné určiť kapacitu každej investície, s ktorou môže obchodovať. K tomuto výpočtu dochádza každý týždeň v sledovanom období. Pri výpočte sa napríklad využíva počet predajných príkazov pre danú akciu alebo rôzne faktory, ktoré odstraňujú odchýlku spôsobenú častým obchodovaním s akciou¹⁰. Následne sa vyberie akcia s najnižšou kapacitou, pomocou ktorej sa dopočíta týždenná úroveň kapacity celej stratégie.

$$\text{Týždenná kapacita} = \frac{\frac{\text{Kapacita najhoršej akcie}}{\text{Počet obchodov s akciou}}}{\max(\text{Váha predajného objemu}, \text{Váha kúpnej sily})} \quad (3.3)$$

V čitateli celého zlomku je podiel kapacity vybranej akcie a počtu jej obchodov za posledný týždeň. V menovateli sa vyberie väčšia z váh predajného objemu¹¹ a kúpnej sily vybranej akcie. Váha predajného objemu je daná podielom predajných objemov vybranej akcie a celého portfólia. Váha kúpnej sily sa vypočíta podielom kúpnej sily vybranej akcie a celkovej hodnoty portfólia. Následne sa tieto týždenné kapacity rozložia do celého sledovaného obdobia pomocou špeciálneho váhového vzorca [3]. Tým sa dostane celková kapacita stratégie.

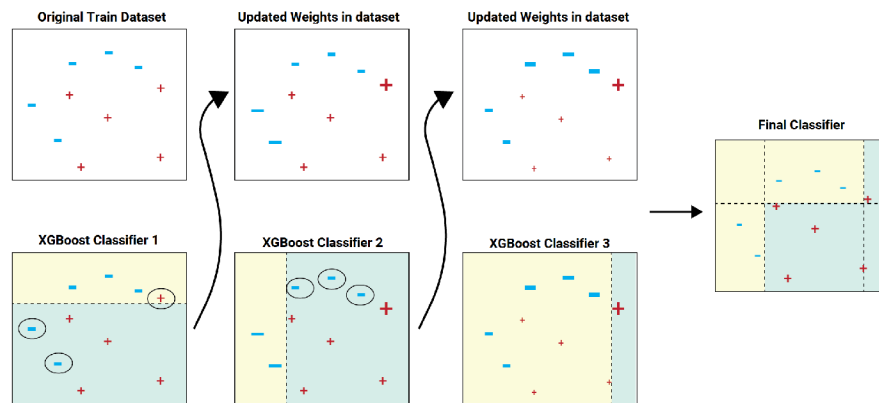
3.6 XGBoost algoritmus a jeho využitie v AOS

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) patrí k algoritmom strojového učenia, pričom je založený na metóde zvanaj *boosting*. Cieľom *boosting* metódy je sekvenciou niekoľkých modelov (typicky rozhodovacích stromov) zoradených za sebou opravovať nedostatky svojich predchodcov v tejto sekvencii. Prvý model je postavený na tréningových dátach, druhý model zlepšuje výsledky prvého modelu, tretí druhého modelu, a tak ďalej. Vytvorenie finálneho klasifikátora pomocou tejto metódy je zachytené na obrázku 3.2. Žltá oblasť v modeli by mala obsahovať iba mínusové znamienka, zelená iba kladné. V prípade, že model klasifikuje niektoré znamienko nesprávne, prisúdi sa mu vyššia váha a sú zaslané ďalšiemu klasifikátoru. Tento proces sa opakuje až do stavu, kedy sú všetky položky v tréningovej množine predikované správne, alebo pokiaľ už bolo pridané maximálne množstvo modelov.

Nadstavbou hore uvedeného procesu tvorenia klasifikátora je metóda *Gradient Boosting*, ktorá sa snaží znížiť stratovú funkciu, ktorá predstavuje rozdiel medzi predikovanou a aktuálnou hodnotou v tréningovej sade dát. Túto stratovú funkciu minimalizuje pomocou takzvaného znižovania gradientu, ktorý mení váhy pridelené tréningovým dátam na základe aktuálneho sklonu stratovej funkcie. XGBoost je rozšírenie metódy *Gradient Boosting*, ktoré má za cieľ maximalizovať rýchlosť a presnosť celého modelu. Medzi jeho najväčšie prednosti patrí [23]:

¹⁰Čím častejšie je akcia obchodovaná, tým je ťažšie vkročiť do väčšej obchodnej pozície bez vysokého vplyvu trhu

¹¹Predajný objem je suma súčinu ceny a objemu predanej akcie v sledovanom období



Obr. 3.2: Princíp fungovania boosting metódy (prevzatý z [26])

- Široká aplikovateľnosť - vhodný pre regresiu, klasifikáciu či užívateľsky definované problémy s predikciou
- Portabilita - beží hladko na OS Windows a Linux, podporuje programovacie jazyky Python, C++, R, Java, Scala, Julia
- Paralelizmus - podpora paralelného stavania stromov, čím sa výrazne redukuje výpočetný čas
- Regularizácia - penalizácia zložitejších modelov za účelom zabránenia preplňovania modelu (overfitting)
- Krížová validácia - algoritmus dokáže pomocou techniky krížovej validácie¹² samostatne určiť počet iterácií v jednom behu

XGBoost knižnica umožňuje využitie rôznych parametrov, ktoré umožňujú optimalizovať výkon celého modelu. Medzi najvýznamnejšie parametre patria:

- Booster - určuje typ problému (gbtree - klasifikácia, gblinear - regresia)
- nthreads - počet vlákien potrebných k spusteniu XGBoost
- early_stopping_rounds - podpora predčasného zastavenia algoritmu po pevnom počte iterácií
- gamma - minimálne zníženie strát potrebné k vytvoreniu ďalšieho oddielu na listovej úrovni
- max_depth - maximálna hĺbka stromu

Vo všeobecnosti patrí XGBoost algoritmus k najrýchlejšim metódam využívajúcim *Gradient Boosting* [22]. Aj to bol jeden z dôvodov jeho využitia v tejto práci.

¹²<https://machinelearningmastery.com/k-fold-cross-validation/>

Kapitola 4

Návrh automatického obchodného systému

Ako bolo spomenuté v predošlých kapitolách, cieľom tejto práce je vytvoriť AOS, ktorého investičná stratégia je postavená na predikovaní vývoja cien akcií z dlhodobého hľadiska. Toto predikovanie sa uskutočňuje na základe vyhodnocovania finančných výkazov skúmaných podnikov. Preto sa ako hlavný zdroj inšpirácie brali existujúce práce, ktoré pre vytvorenie AOS využili investičnú stratégiu postavenú na fundamentálnej analýze.

4.1 Existujúce práce

Práce na tému AOS vznikli aj na FIT VUT v Brne. Cieľom týchto prác bolo, rovnako ako aj u tejto práce, dokázať, že zahrnutie fundamentálnej analýzy do investičnej stratégie má vplyv na zvýšenie ziskovosti pri investovaní. V prvej práci sa pre vygenerovanie obchodných príkazov použila LSTM neurónová sieť [10]. Na jej vstup boli dodané historické ceny akcií a tiež rôzne fundamentálne dáta. No okrem klasických fundamentov ako je inflácia alebo nezamestnanosť, autor využil aj rôzne kvantitatívne zdroje dát. Najzaujímavejším príkladom spomedzi takýchto dát bolo využitie údajov o popularite vyhľadávania obchodných fráz z Google Trends. Autor vychádzal z predpokladu, že existuje korelácia medzi budúcim vývojom trhu a najčastejšie vyhľadávanými obchodnými frázami. Z experimentov v tejto práci vzišlo, že využitie fundamentálnej analýzy prinieslo 8% zlepšenie v oblasti predikcie budúceho vývoja cien. No využitie dát z Google Trends výraznejšie zlepšenie neprinieslo. V ďalšej práci autor porovnával výkonnosť AOS, ktorý využíval iba technickú analýzu, a AOS, ktorý využíval aj technickú aj fundamentálnu analýzu [8]. Pri použití LSTM neurónovej siete bolo dosiahnutie 280% zhodnotenie kapitálu. Ďalšia práca skúmala vplyv sentimentálnej analýzy výrokov extrahovaných z najrelevantnejších finančných správ [24]. Tieto dáta spolu s historickými cenami boli spracované XGBoost algoritmom, ktorý je využitý aj v tejto práci. Hoci výsledný AOS dosahoval úspešnosť predikcie na úrovni 73%, zahrnutie sentimentálnej analýzy nemalo výraznejší vplyv na úspešnosť AOS.

Pri všetkých hore uvedených prácach bol zaznamenaný pozitívny vplyv na zahrnutie fundamentálnej analýzy do investičnej stratégie AOS. No nie všetky typy fundamentálnych dát sa prejavili na zvýšení úspešnosti systému. Možná príčina je popísaná v nasledujúcej kapitole.

4.2 Inteligentný investor

. Najväčší zdroj inšpirácie pre vytvorenie vhodnej investičnej stratégie pochádzal z knihy *Akciové investície* od Daniela Gladiša [5]. Táto kniha je určená predovšetkým pre dlhodobých investorov, ktorí sa snažia odhadnúť vnútornú cenu akcií hlavne na základe fundamentov sledovaných spoločností. Takýchto investorov autor nazýva *Inteligentnými*, lebo pred zadaním obchodného príkazu dôkladne analyzujú bezpečnosť vkladu a primeraný výnos. Investičné operácie, ktoré nespĺňujú tento popis sú len špekulácie. Tento názor zdieľa s takými legendami investovania ako sú Benjamin Graham alebo Warren Buffett, pričom práve na poznatky týchto investorov sa v knihe veľmi často odkazuje. V tejto kapitole budú na základe tejto knihy prezentované kľúčové body, ktorými by sa dlhodobý investor využívajúci fundamenty spoločností mal riadiť. Investičná stratégia, ktorá sa zvolila pre potreby tejto práce, sa riadi práve týmito bodmi.

4.2.1 Kruh kompetencií

Na akciových trhoch figuruje veľké množstvo spoločností s rôznym druhom zamerania. Výber spoločností do ktorých chceme investovať je proces, ktorému by sa mala venovať náležitá pozornosť. Základom k vytvoreniu úspešnej obchodnej stratégie je vytvoriť obchodné portfólio, ktoré bude obsahovať spoločnosti, ktorých podnikaniu rozumieme. Rozumieť podnikaniu spoločnosti znamená chápať, čo podnik robí a ako funguje, na čom závisí jeho rast, vďaka čomu dosahuje zisk, a ako stojí v porovnaní s konkurenciou. Do istej miery to znamená predvídať úroveň jeho ekonomických výsledkov, a tým pádom budúcu hodnotu jeho akcií. Spoločnosti u ktorých sme schopní toto predvídať, ležia v takzvanom kruhu kompetencií. Pokiaľ sa bude obchodné portfólio investora skladať výhradne zo spoločností, ktoré neležia mimo jeho kruhu kompetencií, šanca na dosiahnutie ziskovosti je omnoho väčšia. Je zrejmé, že miera porozumenia jednotlivých spoločností a schopnosť predvídať ich ekonomické výsledky nikdy nebude stopercentná, no investor by si mal vybrať spoločnosti, kde bude čo najvyššia.

4.2.2 Tvorba investičného portfólia

Pri tvorbe obchodného portfólia by investor mal brať do úvahy svoj kruh kompetencií. Niekedy môže byť výhodnejšie mať vo svojom portfóliu menší počet spoločností, ale s tým, že rozumieme podnikaniu všetkých týchto spoločností. Portfólio začínajúceho investora by nemalo byť príliš veľké. Prečo kupovať dvadsiatu najlepšiu investíciu, keď môžeme radšej prikúpiť viac z prvej alebo druhej najlepšej investície? Je zrejmé, že portfólio by malo obsahovať spoločnosti z viac ako jedného alebo dvoch odvetí. Tým sa zabezpečí lepšia diverzifikácia portfólia, čo investor ocení pokiaľ dané odvetvie zasiahnu horšie časy. No treba pamätať na to, že pridávanie spoločností do portfólia len preto, aby sa zvýšila jeho diverzifikácia môže ubrať na jeho kvalite. Existujú dva typy portfólia. Ofenzívnejšie ladené, ktoré je najviac ziskové v normálnom ekonomickom období, alebo defenzívne ladené, ktoré je naopak najziskovejšie v období kríz. Obecne platí, že ich kombinácia sa nedá vytvoriť. Predstava, že dokážeme predvídať pohyby trhu a podľa toho meniť portfólio z defenzívneho na ofenzívne a naopak, je naivná. Pokiaľ je primárnym cieľom investora ochrana kapitálu v ťažkých dobách, potom je tento cieľ nezlučiteľný s cieľom maximalizovať zisk v dobrých obdobiach.

Pri výbere spoločností, ktoré pridáme do obchodného portfólia, treba postupovať opatrne. Daná spoločnosť by okrem toho, že sa nachádza v kruhu kompetencií investora, mala mať

trvalo udržateľné konkurenčné výhody. Takéto spoločnosti často podnikajú v odvetviach, ktoré majú vysoké bariéry pre vstup. Príkladom môžu byť potreba vysokej počiatočnej investície, jedinečnosť aktív, patent na výrobu, závislosť klientov, značka, nižšie prevádzkové náklady či kultúra spoločnosti. Také spoločnosti sa nachádzajú napríklad medzi spotrebnými firmami (Coca-Cola, Pepsi, Nestlé, Philip Morris), vo financiách (Mastercard, Wells Fargo), v obore technológii (IBM, Oracle, Apple) či obchodu (Walmart). Naopak v odvetviach ako sú aerolinky, oceľiarne, automobilky, ropné spoločnosti či telekomunikácie je šanca na nájdenie vhodnej spoločnosti menšia. Pre tieto odvetvia sú typické nízke bariéry pre vstup do tohto odvetvia, chronický nadbytok kapacít, neexistencia značky, využívanie vysokého dlhu, nemožnosť cenovej tvorby. Dobrá spoločnosť má presne opačné vlastnosti. Nepotrebuje pracovať s vysokým dlhom, lebo má nízke prevádzkové náklady, a má silnú schopnosť cenotvorby.

Po zostavení prvotného portfólia príde na radu úvaha ako často ho obmeňovať. Tento proces obmeny pozostáva z nasledujúcich častí :

- Nákup najlepších investícií
- Uvoľnenie hotovostí na nich predajom horších investícií
- Vyhnutie sa najhorším investíciám ich predajom
- Držanie hotovosti, keď sa nenaskytujú atraktívnejšie investície

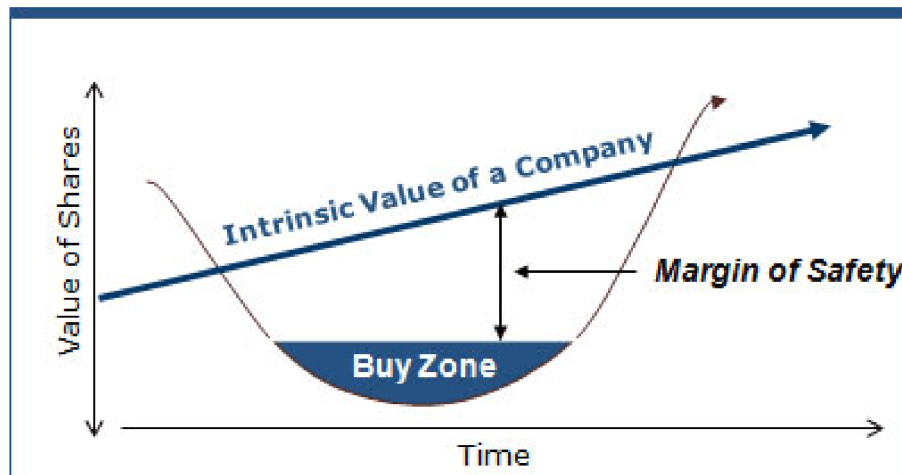
Portfólio dlhodobého investora nepotrebuje byť tak často obmieňané ako u krátkodobého investovania. Pokiaľ sa investor rozhodne nejakú investíciu vymeniť za novú, mal by si byť istý, že nová investícia bude generovať omnoho väčší zisk ako tá stará. Musí totiž počítať s tým, že sa u novej investície nemusí naplniť očakávaný výnos, a teda investor by utrpel stratu, pokiaľ by vyradil starú investíciu s určitým výnosom. Tiež by mal priebežne kontrolovať výnosy jednotlivých akcií a stanoviť si hranicu, kedy výška tohto výnosu nie je dostatočná, a danej akcie sa zbaviť. Je potrebné myslieť na aktuálnu výšku úrokových sadzieb. V prípade ich rastu sa ceny akcií dostávajú pod tlak, a pokiaľ nie je medzi úrokovými sadzbami a výnosom danej akcie dostatočný rozdiel, treba sa danej akcie zbaviť.

4.2.3 Miera rizika investície

Pred realizáciou investície je potrebné odhadnúť mieru rizika, ktorú táto investícia prináša. Najúčinnjším spôsobom je zistiť úroveň zadĺženosti danej spoločnosti. Tu je potrebné si všímať, či spoločnosť disponuje dostatočne veľkým množstvom aktív, ktorými môže financovať svoj dlh. Pokiaľ úroveň zadĺženosti presahuje aktíva spoločnosti, danej spoločnosti sa treba vyhnúť. Výnimku môžu tvoriť začínajúce spoločnosti, u ktorých je zadĺženosť istotne na vyššej úrovni. No tu je potrebné vykonať dôkladnú analýzu, ktorá potvrdí, že spoločnosť a jej aktíva budú v budúcich rokoch rásť.

Ďalším merítkom pre zníženie rizika investície je takzvaný bezpečnostný vankúš (margin of safety). Jedná sa o metódu, ktorá pomáha investorovi minimalizovať riziko investície. Jej zmysel spočíva v tom, že investor kúpi dané aktívum, pokiaľ je jeho aktuálna tržobná cena výrazne pod odhadovanou cenou aktíva (obr. 4.1, oblasť Buy Zone). V takom prípade je aktívum podhodnotené, a dá sa očakávať, že jeho hodnota bude časom rásť. Jedná sa teda o rozdiel medzi aktuálnou nákupnou cenou a vnútornou hodnotou aktíva. Čím väčší je tento rozdiel, tým je väčší očakávaný výnos a zároveň lepšia obrana proti negatívnemu vývoju. Investor si tento rozdiel volí sám, pričom by mal myslieť na to, aby mal dostatočnú obranu

proti negatívne mu vývoju, a zároveň aby táto hranica nebola neprimerane veľká. V takom prípade by mu mohli ujsť dobré investičné príležitosti.



Obr. 4.1: Princíp bezpečnostného vankúša (prevzatý z [25])

4.2.4 Dobre fungujúca spoločnosť

Aby sme boli schopní odhadnúť dobre fungujúcu spoločnosť, je potrebné si všímať aj iné fundamenty ako boli uvedené v kapitole 2.5. Jedná sa o vlastnosť podnikov, ktorú mnoho investorov zanedbáva. Touto vlastnosťou je vhodná alokácia kapitálu. Dobre fungujúca spoločnosť by mala svoj nadobudnutý kapitál buď reinvestovať, vyplatiť na dividendách alebo použiť na odkúpenie svojich akcií (tlačí cenu svojich akcií hore). Manažment spoločnosti, ktorá nadobudnutý kapitál necháva ležať, vytvára danej spoločnosti zlé meno. Takýmto spoločnostiam by sa mal investor vyhnúť. Spoločnosti, ktoré svoj nadobudnutý kapitál vyplácajú na dividendách alebo odkupujú s ním svoje akcie, ponúkajú pre investora najlepšie možnosti. V oboch prípadoch vracia podnik prebytočný kapitál akcionárom, akurát rozdielnou formou.

4.3 Použité finančné dáta

Všetky potrebné finančné dáta, či už historické ceny akcií alebo fundamenty spoločností, sú sťahované prostredníctvom open-source cloudovej platformy QuantConnect (viz 3.4.3). Historické dáta QuantConnect poskytuje pomocou API k dátam marketingovej spoločnosti QuantQuote so sídlom v New Yorku. Užívatelia majú k dispozícii historické ceny akcií pre 8000 akciových spoločností počínajúc rokom 1998¹. Tieto dáta sú k dispozícii v rôznych rozlíšeniach (sekundových, minútových, hodinových či na dennej báze).

Ďalším potrebným zdrojom dát sú fundamentálne dáta obchodovaných spoločností, ako sú jednotlivé pomerové ukazovatele (viz kapitola 2.5), či úrovne tržieb, ziskov a zadĺženosti. Tieto dáta QuantConnect dodáva svojim užívateľom prostredníctvom spoločnosti Morningstar vo viacerých rozlíšeniach (1 mesiac, 2 mesiace, 3 mesiace. . .). Potrebné dáta sú, rovnako ako u historických cien, dostupné od roku 1998².

¹<https://www.quantconnect.com/docs/research/historical-data>

²<https://www.quantconnect.com/docs/research/fundamental-data>

Posledné dôležité finančné dáta sú makroekonomické ukazovatele ako inflácia, HDP či výnosová krivka (viz kapitola 2.6). QuantConnect ich poskytuje opäť v rôznych rozlíšeniach pomocou FRED databáze, ktorú spravuje Federálna rezervná banka v St Louise³, a pomocou dát z amerického Ministerstva financií⁴.

³<https://www.quantconnect.com/docs/alternative-data/federal-reserve-economic-data>

⁴<https://www.quantconnect.com/docs/alternative-data/us-department-of-treasury>

Kapitola 5

Implementácia

V tejto kapitole budú popísané špecifiká a základné aspekty implementácie výsledného AOS. Ako už bolo spomenuté v predošlých kapitolách, k vytvoreniu programu sa použila platforma QuantConnect a programovací jazyk Python. Okrem štandardných knižníc pre spracovanie a analýzu dát, ako sú NumPy¹ a Pandas², sa pre potreby tejto práce využili knižnice XGBoost³ a scikit-learn⁴, ktoré umožňujú využiť prvky umelej inteligencie. Pre splnenie cieľov tejto práce bola zvolená varianta, v ktorej bolo vytvorených 5 AOS, ktoré sa mierne líšia v svojej obchodnej stratégii, no vychádzajú z navrhnutých zásad v kapitole 4.2. Nasledujúce podkapitoly popisujú implementačnú logiku každého z týchto piatich AOS.

5.1 Spoločné implementačné postupy vytvorených AOS

Hoci každý z piatich vytvorených botov používa pri obchodovaní mierne odlišnú stratégiu, spája ich niekoľko spoločných implementačných znakov, ktoré sú popísané v tejto podkapitole. Jedným z dôvodov týchto spoločných znakov je fakt, že QuantConnect vyžaduje dodržanie určitých postupov či už pri selekcii akcií, ktoré sa pridávajú do obchodného portfólia investora, alebo pri zadávaní obchodných príkazov.

Prvé dva AOS využívajú framework SDF (viz 3.4.3), medzi ktorého najväčšie výhody patrí automatické rebalancovanie obchodného portfólia. Komponenta *Portfolio Construction* model prijíma pre každú akciu z univerza takzvané *Insight* objekty od *Alpha* modelu (viz 3.1). Ten im priradil predpokladaný trend (rastúci/klesajúci), na základe ktorého sa daná akcia kúpi/predá, pričom po dobu platnosti tohto objektu sa s danou akciou už nič viac nerobí. Ak po expirácii objektu nie je rastúci trend obnovený, akcia sa môže predať kvôli uvoľneniu kapitálu pre nové investície. Počet nakúpených akcií závisí od typu *Portfolio Construction* modelu. Pre účely tejto práce sa zvolil *EqualWeightingPortfolioConstructionModel*, ktorý každej investovanej akcii pridelí rovnakú váhu tak, aby každá investícia obdržala rovnaký podiel z aktuálne dostupného kapitálu. Zostávajúce AOS tento framework nevyužívajú, a rebalancujú obchodné portfólio samostatne.

Každý bot aplikuje na všetky aktuálne dostupné akcie, ktoré posiela na vstup Quantconnect, dvojvrstvový filter zložený z funkcií *CoarseSelectionFilter* a *FineSelectionFilter*. Prvá vrstva umožňuje filtrovanie akcií na základe ich aktuálnej ceny, objemovej likvidity⁵, burzy

¹<https://numpy.org/>

²<https://pandas.pydata.org/>

³https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/python/python_intro.html

⁴<https://scikit-learn.org/stable/>

⁵Objemová likvidita je cena akcie vynásobená jej denným objemom

na ktorej sa akcia obchoduje či prítomnosti fundamentálnych dát. Druhá vrstva už ponúka selekciu podľa konkrétnych fundamentálnych ukazovateľov a ich hodnôt, pričom výstupom tejto vrstvy je už finálne univerzum, s ktorým bude bot obchodovať. Po prevedení celej selekcie sa pre novo pridané a odstránené akcie zavolá funkcia *OnSecuritiesChanged*, kde sa na túto zmenu v univerze dá náležito zareagovať. Pri využití frameworku SDF pokračuje tok programu do funkcie *Update*, kde sa vyhodnotia potrebné finančné dáta a generujú sa obchodné príkazy. V opačnom prípade sa táto funkcionalita realizuje vo funkcii *OnData*.

Ďalšou spoločnou vlastnosťou je fakt, že každý bot využíva pri zadávaní objednávok triedu *CustomFillModel*, ktorá zabezpečí, že pri nákupe/predaji akcie sa bude pracovať s otváracou cenou a nie s *bid/ask* cenou. Taktiež sa tým zabráni zbytočným poplatkom v prípade, že by sa objednávka zadala pred otvorením burzy za uzatváraciu cenu z predošlého dňa, a otváracia cena nového dňa sa prudko zmení.

5.2 AOS vyberajúci akcie s najlepšimi fundamentálnymi ukazovateľmi

Cieľom prvého AOS je každý kvartál v roku vybrať maximálne 100 akcií s aktuálne najväčšou objemovou likviditou a porovnať ich aktuálne fundamentálne ukazovatele. Vo funkcii *CoarseSelectionFilter* sa vyberie týchto 100 akcií, pričom sa overí, či má QuantConnect pre ne k dispozícii fundamentálne dáta⁶, a či sú obchodované na americkom trhu. Výstup z tejto prvej vrstvy celého filtrovacieho mechanizmu prichádza do funkcie *FineSelectionFilter*, kde sa overí, či akcie majú definované fundamenty pre skúmané obdobie⁷, a či spoločnosť patrí do jedného z predom definovaných sektorov. Do tejto skupiny patrí technologický, zdravotnícky, finančný, spotrebiteľský sektor a taktiež sektory s nehnuteľnosťami a verejnými službami (energetický a plynárenský priemysel). Vychádzajúc z kapitoly 4.2.2 sa práve u týchto sektorov dajú očakávať najväčšie konkurenčné výhody, a teda je u nich najväčšia šanca na generovanie zisku. Posledným overovacím kritériom v tejto funkcii je doba, po ktorú je spoločnosť obchodovaná na burze. Minimálna hranica je aspoň 7 rokov, čo zabezpečí, že bot bude pracovať s relatívne etablovanými spoločnosťami.

Pri každom pridaní/odobratí akcií z univerza sa vo funkcii *OnSecuritiesChanged* aktualizuje triedny atribút *sectors*. Tento slovník udržiava pre každý z predom definovaných sektorov aktuálnu množinu akcií, ktoré patria do daného sektora a sú súčasťou univerza. Následne sa vo funkcii *OnData* porovnávajú fundamentálne ukazovatele akcií z každého sektora zvlášť, keďže štruktúra aktív a pasív spoločností z rôznych sektorov sa líši, a neodporúča sa porovnávať ich fundamentálne ukazovatele (viz 2.5). Preto sa pre každý sektor vytvoria štyri zoznamy, kde každý zoznam obsahuje zoradené akcie podľa daného fundamentálneho ukazovateľa od najlepšie po najhoršie ohodnotenú. Týmito ukazovateľmi sú PE (Price to Earnings Ratio), ROE (Return On Equity), PM (Profit Margin) a DE (Debt to Equity Ratio). Pre každú akciu sa následne sčítajú indexy, ktoré jej prislúchajú vo vytvorených zoznamoch, a vytvorí sa finálny zoznam, kde sú akcie zoradené od najmenej po najväčšiu hodnotu tohto súčtu. V tomto momente sú akcie v danom sektore zoradené od najlepšej po najhoršiu investíciu podľa ich aktuálnych hodnôt fundamentov. Následne sa vyberie 20% najlepšie ohodnotených akcií, pričom sa pre každú vybratú investíciu vytvorí

⁶QuantConnect neposkytuje pre všetky akcie fundamentálne dáta, takže to treba overiť

⁷V niektorých kvartáloch môžu fundamenty chýbať, hoci QuantConnect pre danú akciu podporuje prístup k fundamentom

Insight objekt. Tento objekt bude pre danú akciu signalizovať nákupnú pozíciu, pričom bude platný do konca aktuálneho kvartálu.

5.3 AOS odhadujúci ziskovosť akcie cez ROE oceňovaciu metódu

Investičná stratégia tohto bota sa od predošlého líši vo viacerých aspektoch. V prvom rade sa univerzum dynamicky nemení každý kvartál, ale je tvorené predom definovanými akciami uvedenými v tabuľke 5.1. Tieto spoločnosti sú známe svojimi konkurenčnými výhodami plynúcimi z ich značky, prostredia podnikania či nízkymi prevádzkovými nákladmi [6], a sú tak podľa kapitoly 4.2.2 ideálnymi kandidátmi na generovanie zisku. Takýchto spoločností je istotne viac, no vybralo sa práve týchto 8, či už z dôvodu uvedeného vyššie, alebo kvôli tomu, že patria k najúspešnejším spoločnostiam sveta.

Ticker	Spoločnosť
APPL	Apple
AMZN	Amazon
NFLX	Netflix
MSFT	Microsoft
WMT	Walmart
PEP	Pepsi
KO	Coca-Cola
MCD	McDonald's

Tabuľka 5.1: Zoznam akcií pridaných staticky do univerza botom č.2

Rebalancovanie portfólia prebieha tiež rozdielnym spôsobom, keďže pre ROE metódu, prevzatú z knihy *Akciové investície* od Daniela Gladiša, je potrebné získať historické priemery ROE a PE ukazovateľov [7]. Na začiatku každého kvartálu sa pomocou funkcie *SetRatioHistory* uložia do triednych zoznamov aktuálne hodnoty PE a ROE ukazovateľov, a nad ich hodnotami sa vypočíta historický priemer od začiatku sledovaného obdobia až po súčasnosť. V prípade, že hodnoty fundamentov pre aktuálny kvartál nie sú definované, uložia sa do triednych zoznamov aktuálne historické priemery. Obchodné príkazy sú generované každé tri roky v posledný kvartál v roku, pričom medzi tým dochádza k zberu PE a ROE hodnôt. Následne sa bot snaží pomocou ROE metódy odhadnúť cenu, ktorú nadobudne daná akcia o tri roky. Postup, ktorý sa aplikuje na všetky akcie v univerze zobrazuje nasledujúci pseudokód:

```
for i in securities:
    equity = i.totalEquity / i.NumOfShares
    for j in range(3):
        ProfitOnStock[j] = (equity * ROEAverage[i]) - i.dividend
        equity += ProfitOnStock[j]
    if ProfitOnStock[-1] * PEAverage[i] > 1.1 * i.Price:
        LongPosition(i)
```

Pre každú spoločnosť sa podelením celkovej hodnoty vlastného kapitálu s počtom jej vystavených akcií stanoví počiatočná hodnota vlastného kapitálu pripadajúca na jednu jej

akciu. Následne sa táto hodnota medziročne mení o prírastok zo zisku na akciu. Tento zisk sa vypočíta z aktuálnej hodnoty vlastného kapitálu pripadajúceho na jednu akciu, historického priemeru ROE fundamentu a hodnoty dividendy z danej akcie. Posledným krokom je porovnanie hodnoty zisku na jednu akciu z konca tretieho roka, vynásobeného s historickým PE priemerom, s aktuálnou cenou akcie. Vychádzajúc z kapitoly 4.2.3 sa pri nákupe akcie aplikuje bezpečnostný vankúš. Vypočítaná vnútorná hodnota akcie musí byť aspoň o 10% vyššia ako aktuálna cena danej akcie. Tým sa znižuje riziko, že by potencionálna chyba v odhade vnútornej hodnoty akcie spôsobila finančnú stratu. Pokiaľ teda nedôjde k prekročeniu bezpečnostného vankúša, vytvorí sa *Insight* objekt pre otvorenie nákupnej pozície s dobou platnosti na tri roky.

5.4 AOS s diverzifikovaným a manuálne rebalancovaným portfóliom

Tento a aj zostávajúce dva AOS nevyužívajú SDF framework, takže k rebalancovaniu portfólia dochádza rozdielnym spôsobom. Princíp selekcie akcií do univerza je rovnaký ako u prvého bota (viz 5.2), pričom skúmané fundamenty sa oproti prvému AOS skoro nezmenili. K štyrom základným fundamentom pribudol ukazovateľ GP (Gross Profit)⁸. K rebalancovaniu obchodného portfólia a zasielaniu obchodných príkazov dochádza raz za kvartál. Ohodnocovanie akcií pomocou fundamentov sa tiež nezmenilo, pričom sa opäť vyberie 20% najlepšie ohodnotených akcií. Aby sa zabezpečila vhodná diverzifikácia portfólia, stanovili sa maximálne počty akcií, ktoré môžu byť zaradené do obchodného portfólia. V univerze sú akcie zo šiestich sektorov, pričom do portfólia môžu byť z jedného sektora pridané maximálne 4 akcie. Pokiaľ by bola táto hranica prekročená, porovná sa skóre pridelené akcii, ktorá má byť vložená do portfólia, s najhoršie ohodnotenou akciou v danom sektore, ktorá sa už nachádza v portfóliu. V prípade, že má nová akcia lepšie skóre ako už investovaná, tak sa uzatvorí otvorená pozícia investovanej akcie, a do portfólia sa priradí nová akcia. Počet nakúpených kusov akcií daného podniku sa určí volaním vstavanej funkcie *SetHoldings*, ktorá ako argument berie percentuálnu časť kapitálu použitú na nákup akcie. Táto funkcia na základe toho vráti počet kusov akcie, ktorý sa má kúpiť. Aby sa vyhlo prípadnému nedostatku nákupnej sily, pri každom nákupe akcie sa tento pomer vypočíta rovnomerným prepočítaním medzi maximálny možný počet akcií v portfóliu⁹.

5.5 AOS pridelujúci akciám váhy na základe fundamentov

Investičná stratégia tohto AOS sa vo veľkej miere podobá predchádzajúcemu AOS. Má rovnakú selekciu akcií do univerza, aktualizuje univerzum raz za kvartál, používa rovnaké fundamenty a metódu pridelovania skóre akciám. Avšak k rebalancovaniu portfólia dochádza iba raz za rok. Bot vytvorí zoznam z 20% najlepšie ohodnotených akcií, a rozdelí ho na polovicu. Hornej polovici s najlepším hodnotením pridelí váhu 1.5 a spodnej 1.0, pričom sa zároveň uložia pridelené váhy z minulého kvartálu. Následne sa pre každú akciu, ktorá sa pridáva do portfólia prvýkrát, pošle do funkcie *SetHoldings* percentuálna časť kapitálu vynásobená váhou danej akcie. Teda spoločnosti s vyššou váhou budú mať v portfóliu väčší počet kusov akcií. Pokiaľ sa spoločnosť už nachádza v obchodnom portfóliu, tak sa funkcia *Setholdings* zavolá len ak sa váhy z minulého a aktuálneho kvartálu líšia.

⁸Gross Profit je úroveň tržieb po odčítaní nákladov na výrobu

⁹24 akcií = 6 sektorov * max 4 akcie z jedného sektoru

V prípade, že sa váha oproti minulému kvartálu znížila, tak sa volaním tejto funkcie predá určitý objem danej akcie, čím sa uvoľní kapitál pre akcie s vyššou váhou.

5.6 AOS klasifikujúci akcie cez XGBoost rozhodovací strom

Posledný AOS využíva pri generovaní obchodných príkazov klasifikáciu akcií pomocou XGBoost algoritmu (viz 3.6). Univerzum tohto bota je statické, keďže sa pre každú akciu počítajú historické priemery a rôzne iné ukazovatele výkonnosti, v dôsledku čoho by sa pri použití dynamického univerza zvýšili nároky na výpočtovú náročnosť. Zoznam vybratých akcií je uvedený v tabuľke 5.2, pričom pri výbere týchto akcií sa využili rovnaké predpoklady ako pri botovi č.2 (viz 5.3). Sledovanými fundamentami sú PE (Price to Earnings Ratio), ROE (Return On Equity), DE (Debt to Equity Ratio), GP (Gross Profit), ROIC (Return on Invested Capital) a veľkosť vlastného kapitálu (Equity). Zber historických hodnôt a výpočet ich priemeru sa realizuje, rovnako ako u bota č.2, raz za kvartál v súbore *InputDataFilter.py*. Pokiaľ hodnota fundamentu za aktuálny kvartál chýba, nahradí sa hodnotou historického priemeru daného fundamentu. Každý kvartál sa zároveň vypočíta odhadovaná vnútorná hodnota akcie na konci budúceho tretieho roka, a to pomocou ROE metódy (viz 5.3) vo funkcii *ComputeStockValue* a v súbore *XGBoostAlgorithm.py*. V tomto súbore tiež dochádza k ukladaniu historických hodnôt a priemerov fundamentov zozbieraných v súbore *InputDataFilter.py*, k vytvoreniu zoznamu prediktorov a cieľovej premennej pre XGBoost model, či tréningu alebo predikcii modelu. K tréningu modelu dochádza každý tretí rok v posledný kvartál, aby sa zozbieralo dostatočné množstvo dát, ktoré sa pošlú na vstup modelu. Obchodné príkazy sa zasielajú nasledujúci kvartál po tréningu modelu, pričom sa volaním funkcie *GetRecentFundamentals* získajú aktuálne hodnoty fundamentov danej akcie z posledného kvartálu, ktoré sa pošlú na vstup natrénovaného modelu. Model vykonáva predikciu pomocou funkcie *PredictDirection*. Pokiaľ model predikuje rastúci trend pre danú akciu, generuje sa nákupný signál volaním funkcie *SetHoldings*. V opačnom prípade sa volaním rovnakej funkcie generuje predajný signál, no so záporným percentuálnym podielom kapitálu, ktorý sa má uvoľniť.

Ticker	Spoločnosť
APPL	Apple
MSFT	Microsoft
WMT	Walmart
PEP	Pepsi
KO	Coca-Cola
MCD	McDonald's
IBM	IBM

Tabuľka 5.2: Zoznam akcií pridaných staticky do univerza botom č.5

5.6.1 Tréning XGBoost modelu

Tréningový proces modelu prebieha vo funkcii *TrainModel*. Na začiatok sa volaním funkcie *GetPredictors* získajú potrebné prediktory danej akcie. Celý zoznam prediktorov je vo formáte *pandas.DataFrame*, ktorý predstavuje 2-dimenzionálnu dátovú štruktúru so stĺpcami

	PE	ROE	...	PE_Rate	ROE_Rate	...	Price	In_Value	Score
1. kvartál									
2. kvartál									
...									

Tabuľka 5.3: Ilustračné zloženie štruktúry s prediktormi danej akcie

s potencionálne rozdielnymi dátovými typmi¹⁰. Každý riadok predstavuje kvartál, ku ktorému sa viažu dané hodnoty prediktorov uložené v stĺpcoch. Táto štruktúra sa rozširuje každý kvartál o aktuálne fundamenty danej akcie. Jej zloženie aj s konkrétnymi menami prediktorov zachytáva nasledujúca ilustračná tabuľka 5.3. Medzi prediktormi sa nachádzajú hodnoty skúmaných fundamentov, pravdivostné hodnoty určujúce či je aktuálna hodnota fundamentov priaznivejšia ako historický priemer (PE_Rate, ROE_Rate...), aktuálna cena akcie, vypočítaná vnútorná hodnota akcie a skóre pridelené danému kvartálu. Toto skóre udáva počet fundamentálnych ukazovateľov, ktorých aktuálna hodnota je priaznivejšia ako ich historický priemer. Následne sa vytvorí cieľová premenná. Nadobudne hodnotu 1 v prípade, že aspoň polovica zo všetkých fundamentov má v daný kvartál priaznivejšiu hodnotu ako ich historický priemer (skóre ≥ 3), a vnútorná hodnota akcie je aspoň o 15% väčšia ako aktuálna cena akcie. V opačnom prípade sa jej prideli hodnota -1. Kladná cieľová premenná by v danom kvartály indikovala nákupnú pozíciu, záporná naopak predajnú pozíciu.

Z testovacích dôvodov sa do množiny prediktorov pridali dva makroekonomické ukazovatele (viz 2.6), ktoré by mali určiť prípadné obdobie recesie, vďaka čomu by bot pristupoval k nákupným pozíciám opatrnejšie. Pokiaľ aby aspoň jeden z týchto prediktorov indikoval obdobie recesie, prediktor *Score* by sa znížil o hodnotu jeden, čím by sa znížila pravdepodobnosť nákupu akcie. No keďže doplnenie týchto makroekonomických ukazovateľov viedlo k zhoršeniu výsledkov (viz 6.5), toto rozšírenie sa do konečnej implementácie tohto bota nedostalo.

Celá štruktúra s prediktormi sa za účelom tréningu rozdelí v pomere 80:20, kde 80% dát pripadá na tréning modelu a 20% na testovanie korektnosti modelu. Toto rozdelenie zabezpečí funkcia *train_test_split* z knižnice scikit-learn. Táto funkcia zabezpečí správnu proporciu rozdelenia dát do testovacej a tréningovej množiny. To znamená, že pokiaľ sa medzi prediktormi nachádza viac kladných ako záporných cieľových hodnôt, tak táto proporcia bude zachovaná aj medzi testovacou a tréningovou množinou.

¹⁰<https://pandas.pydata.org/docs/reference/api/pandas.DataFrame.html>

Kapitola 6

Testovanie AOS na historických dátach a nadobudnuté výsledky

V tejto kapitole sú uvedené zvolené parametre použité pri testovaní AOS a výsledky, ktoré jednotlivé AOS dosiahli. Pre prvé štyri AOS sa zvolila rovnaká sada testovacích parametrov. Úspešnosť jednotlivých botov sa overovala v troch časových obdobiach, pričom sa vychádzalo z tabuľky 6.1, kde sú zachytené výnosy na amerických trhoch v rôznych historických obdobiach [2]. Prvé zvolené obdobie bolo od 1.1.1998 do 1.1.2010, kedy na trhoch po väčšinu času prevládala takzvaná medvedia nálada¹. Druhé obdobie bolo od 1.1.2010 do 1.1.2020, kedy sa naopak trhom veľmi darilo, a prevládala takzvaná býčia nálada². Posledné obdobie nad ktorým sa AOS spustili, bolo od 1.1.1998 od 1.1.2020, čím sa do testovania zahrnuli súčasne stratové aj ziskové obdobie. Zároveň sa pri testovaní skúmal vplyv výšky počiatočného kapitálu s ktorým sa začína investovať. Z toho dôvodu sa AOS spúšťali v každom sledovanom období s dvoma rozdielnymi hodnotami počiatočného kapitálu (\$10000 a \$100000).

Historické obdobie	Celková návratnosť	Ročná návratnosť
1929-1941	-35%	-3%
1942-1968	3844%	15%
1969-1978	38%	3%
1979-1999	2984%	18%
2000-Mar 2009	-46%	-6%
Mar 2009-2021	812%	19%

Tabuľka 6.1: Historické výnosy na amerických akciových trhoch

Pri AOS využívajúcom XGBoost algoritmus (viz 5.6) sa tiež zvolili hore uvedené hodnoty počiatočného kapitálu, no zvolilo sa iba jedno testovacie obdobie, a to od 1.1.2003 do 1.1.2021. Dôvodov bolo viacero. V prvom rade, bot generuje obchodné príkazy každé tri roky, takže je vhodné zvoliť dlhšie časové obdobie. Ďalším dôvodom bol fakt, že staticky vybraným spoločnostiam občas chýbali hodnoty niektorých fundamentov. Toto obmedzenie sa týkalo rokov na prelome 20. a 21. storočia. Hoci je táto situácia implementačne ošetrená

¹Ceny finančných inštrumentov prudko klesajú, často v dôsledku recesie

²Ceny finančných inštrumentov prudko rastú

(pri chýbajúcej hodnote fundamentu sa uloží jeho historický priemer), v situácii kedy historický priemer nie je ešte vypočítaný, sa chýbajúca hodnota nemá čím nahradiť. V takom prípade je množina s prediktormi zanesená nevhodnými hodnotami, v dôsledku čoho nie je možné funkciou *train_test_split* rozdeliť prediktory do tréningovej a testovacej sady (viz 5.6.1). Z toho dôvodu sa oproti predošlým botom posunul počiatočný dátum testovania z 1.1.1998 na 1.1.2003, kedy už k podobnému chovaniu nedochádzalo. Za benchmark, voči ktorému sa porovnávala výkonnosť všetkých botov, sa zvolil index S&P 500 (viz 2.1.3).

6.1 Testovanie bota č.1

V tejto podkapitole sú uvedené výsledky testovania bota využívajúceho automatické rebalancovanie portfólia a selektovanie akcií s najlepšimi fundamentami (viz 5.2). Na obrázku 6.1 a v tabuľke 6.2 sú zobrazené výsledky z obdobia od 1.1.1998 do 1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000.



Obr. 6.1: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,144%	Sharpe Ratio	0,295
Počet obchodov	909	Celková návratnosť	90,862%
Výhernosť	58%	Stratovosť	42%
Zložený ročný výnos	5,53%	Ročná smerodajná odchýlka	0,198
Maximálny pokles kapitálu	56,7%	Nezrealizované zisky/straty	\$3139
Information Ratio	0,239	Treynor Ratio	0,06
Poplatky	-\$951,6	Kapacita stratégie	\$22M

Tabuľka 6.2: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000

Z priebehu grafu na hore priloženom obrázku je vidno, že obchodný účet zaznamenal najväčší pokles v období takzvanej dot-com bubliny³ a v období Globálnej finančnej krízy z roku 2008. Úroveň maximálneho poklesu kapitálu dosiahla dokonca hodnoty až 56,7%. No aj napriek týmto výraznejším poklesom, dokázal bot v sledovanom období zhodnotiť počiatočný kapitál o 90,86%. Kapacita investičnej stratégie dosiahla taktiež solídnu hodnotu, a to až 22 miliónov dolárov. Poplatky z realizácie obchodných príkazov sa vyšplhali až na úroveň \$951,6. Tu je príčinou vysoký počet obchodov, ktorý sa pri zvolenej stratégii očakával, a taktiež dĺžka testovacieho obdobia. Hodnoty *PSR* a *Sharpe ratio* nadobudli iba priemerné hodnoty, takže celkové výnosy síce prevyšujú bezrizikovú maržu, no riziko, ktoré plynie z tejto stratégie je stále na vysokej úrovni. Príčinou je pravdepodobne vyššia hodnota smerodajnej odchýlky portfólia, keďže výnosy zo stratégie boli v sledovanom období veľmi volatilné, a to najmä v horších ekonomických obdobiach. Položka *Nezrealizované zisky/straty*⁴ dosiahla uspokojivú úroveň. Ukazovatele *Information Ratio* a *Treynor Ratio* nadobudli taktiež priemerné hodnoty. Z toho je možno usúdiť, že výsledný výnos zvolenej stratégie má v porovnaní s referenčným indexom len o niečo lepšiu šancu na generovanie konzistentne kladného výnosu. No napriek tomu sa dajú výsledky tohto bota považovať za uspokojivé, keďže dosiahol relatívne dobré výsledky aj napriek testovaciemu obdobiu, ktoré je považované za vysoko nepriaznivé (viz tabuľka 6.1).

Pri testovaní tohto bota v rovnakom období, ale s počiatočným kapitálom \$100000, sa dosiahli obdobné výsledky (viz obrázok 6.2 a tabuľka 6.3). U väčšiny štatistických ukazovateľov došlo dokonca k miernemu zlepšeniu. Najväčší rozdiel oproti predošlému testu je vo výške návratnosti a výške poplatkov. Návratnosť je väčšia o zhruba 15%. Poplatky sa na druhej strane zvýšili až na úroveň \$3262,37, no to je samozrejme spôsobené tým, že sa vďaka väčšiemu počiatočnému kapitálu zadávali objednávky s väčším objemom. Z dosiahnutých výsledkov je ale možné konštatovať rovnaké závery ako u predošlého testu. Inými slovami, zvýšenie počiatočného kapitálu v danom testovacom období výraznejšiu zmenu neprinieslo.

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,193%	Sharpe Ratio	0,318
Počet obchodov	935	Celková návratnosť	105,985%
Výhernosť	60%	Stratovosť	40%
Zložený ročný výnos	6,203%	Ročná smerodajná odchýlka	0,2
Maximálny pokles kapitálu	55,9%	Nezrealizované zisky/straty	\$34118
Information Ratio	0,288	Treynor Ratio	0,064
Poplatky	-\$3262,37	Kapacita stratégie	\$22M

Tabuľka 6.3: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

³Obdobie na prelome tisícročí, prudko rástla hodnota spoločností z internetového sektora, po ochladení rapídne klesala a veľa podnikov skrachovalo

⁴Nezrealizovaný zisk/strata je nárast/pokles hodnoty aktíva oproti čase jeho kúpy, no toto aktívum sa zatiaľ nepredalo a jeho pozícia je otvorená



Obr. 6.2: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatčným kapitálom \$100000

Nasledujúca časť tejto podkapitoly sa bude venovať výsledkom testov z obdobia od 1.1.2010 do 1.1.2020. Obrázok 6.3 a tabuľka 6.4 zobrazujú výsledky, ktoré dosiahol bot v danom období pri počiatčnom kapitále \$10000. Z dosiahnutých výsledkov je možné vyčítať, že bot dosiahol výrazne lepšie výsledky ako pri testovaní v období recesie. Dokazuje to nie len dosiahnutý výnos (až 182,54%), ale aj hodnoty ukazovateľov *PSR* a *Sharpe Ratio*. Ich hodnoty indikujú, že úroveň budúcich výnosov bude prevyšovať bezrizikovú maržu aj riziká spojené s ich dosiahnutím. Kapacita celej investičnej stratégie sa tiež niekoľkonásobne navýšila, a to až na hodnotu \$130M. Úroveň maximálneho poklesu kapitálu sa znížila na hodnotu 22,5%, čo je predovšetkým dôsledok globálneho ekonomického rastu v sledovanom období (viz tabuľka 6.1), vďaka čomu bol trh menej volatilný. Jediný ukazovateľ pri ktorom sa zaznamenalo zhoršenie, je *Information Ratio*, ktorý nadobudol dokonca zápornú hodnotu, čo indikuje, že referenčný index nadobudol lepšiu výnosnosť. No pri negatívnej hodnote tohto ukazovateľa treba pamätať na to, že *Information Ratio* neberie do úvahy výnosy prispôbené riziku ako napríklad *Sharpe ratio* (viz 3.5). Keďže ukazovatele *PSR* a *Sharpe ratio* dosiahli nadpriemerné hodnoty, dá sa predpokladať, že je tomu tak aj v tomto prípade. Teda stratégia má potenciál generovať výnosy prispôbené riziku minimálne na takej úrovni ako referenčný index.

Pri spustení bota v rovnakom období, ale s počiatčným kapitálom \$100000, sa dosiahli prekvapivo jemne horšie výsledky (viz obrázok 6.4 a tabuľka 6.5). *PSR* a *Sharpe Ratio* majú o niečo nižšie, ale stále nadpriemerné hodnoty. Najväčší pokles bol zaznamenaný pri návratnosti stratégie, keďže oproti minulému testu klesla približne o 18%. Ostatné ukazovatele dosiahli približne rovnakú úroveň, takže výsledky stratégie je možné považovať za uspokojivé.



Obr. 6.3: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	7,232%	Sharpe Ratio	0,639
Počet obchodov	711	Celková návratnosť	182,54%
Výhernosť	68%	Stratovosť	32%
Zložený ročný výnos	10,939%	Ročná smerodajná odchýlka	0,131
Maximálny pokles kapitálu	22,5%	Nezrealizované zisky/straty	\$5618
Information Ratio	-0,262	Treynor Ratio	0,088
Poplatky	-\$716,92	Kapacita stratégie	\$130M

Tabuľka 6.4: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.4: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatocným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	5,329%	Sharpe Ratio	0,595
Počet obchodov	744	Celková návratnosť	164,155%
Výhernosť	69%	Stratovosť	31%
Zložený ročný výnos	10,195%	Ročná smerodajná odchýlka	0,132
Maximálny pokles kapitálu	23,1%	Nezrealizované zisky/straty	\$50893
Information Ratio	-0,333	Treynor Ratio	0,082
Poplatky	-\$1325,28	Kapacita stratégie	\$130M

Tabuľka 6.5: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatocným kapitálom \$100000

Posledné obdobie v ktorom sa bot spustil a otestoval bolo od 1.1.1998 do 1.1.2020, pričom výsledky pre počiatocný kapitál \$10000 sú zobrazené na obrázku 6.5 a v tabuľke 6.6. Ukazovatele *PSR* a *Sharpe Ratio* nadobudli nízke hodnoty. Podobne ako u testovania z obdobia recesie, hlavnou príčinou by mala byť vysoká volatilita trhu v sledovanom období, čo potvrdzuje aj hodnota maximálneho poklesu obchodného portfólia (až 55,7%). Najväčším pozitívom je vysoká návratnosť stratégie, ktorá bola na úrovni 495,586%, hoci nižšie hodnoty *Information Ratio* a *Treynor Ratio* tento dojem mierne kazia. Kapacita celej stratégie bola zo všetkých doterajších testoch na najvyššej úrovni, a to až \$140M.

Pri počiatocnom kapitále \$100000 sa obdržali obdobné výsledky (viz obrázok 6.6 a tabuľka 6.7), a výraznejšia zmena okrem vyšších výnosov (až 652,314%) sa nezaznamenala. Z uvedených výsledkov je možné skonštatovať, že bot dosahoval uspokojivé výsledky aj v takto dlhom testovacom období.



Obr. 6.5: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,043%	Sharpe Ratio	0,425
Počet obchodov	1659	Celková návratnosť	495,586%
Výhernosť	66%	Stratovosť	34%
Zložený ročný výnos	8,443%	Ročná smerodajná odchýlka	0,173
Maximálny pokles kapitálu	55,7%	Nezrealizované zisky/straty	\$10475
Information Ratio	0,115	Treynor Ratio	0,075
Poplatky	-\$1740,56	Kapacita stratégie	\$140M

Tabuľka 6.6: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,099%	Sharpe Ratio	0,471
Počet obchodov	1711	Celková návratnosť	652,314%
Výhernosť	67%	Stratovosť	33%
Zložený ročný výnos	9,6%	Ročná smerodajná odchýlka	0,173
Maximálny pokles kapitálu	55,7%	Nezrealizované zisky/straty	\$151344
Information Ratio	0,211	Treynor Ratio	0,083
Poplatky	-\$6894,87	Kapacita stratégie	\$140M

Tabuľka 6.7: Výsledky testovania bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000



Obr. 6.6: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.1 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

6.2 Testovanie bota č.2

V tejto kapitole sú uvedené výsledky testovania AOS, ktorý využíval pri nákupe akcií ROE oceňovaciu metódu, pričom obchodoval s predom definovaným univerzom s akciami (viz 5.3). Prvé testovanie prebehlo, rovnako ako aj u predošlého bota, v období recesie od 1.1.1998 do 1.1.2010. Výsledky pre počiatočný kapitál \$10000 sú zobrazené na obrázku 6.7 a v tabuľke 6.8. Z priebehu grafu je vidno, že ani dve ťažké obdobia recesie, ktoré sa vyskytli v sledovanom období, výraznejšie nepoznačili zvolenú stratégiu, a bot dosiahol nadpriemerné výsledky. Dokazuje to nie len návratnosť 646,521%, ale aj hodnoty ukazovateľov *PSR* a *Sharpe ratio*, ktoré nadobudli nadpriemerné hodnoty. Nadpriemerné hodnoty nadobudli aj ukazovatele *Information ratio* a *Treynor Ratio*, ktoré indikujú, že bot má vysoký potenciál, v porovnaní s referenčným indexom, generovať konzistentne kladný výnos. Úroveň poplatkov je oproti minulým testom na omnoho nižšej úrovni (\$91,73), no to je samozrejme spôsobené menším počtom obchodov, ktoré bot zrealizoval. Kapacita celej stratégie je ukazovateľ,

u ktorého sa zaznamenal najväčší prepád oproti minulým testom (iba \$120K). Pri zvýšení počiatocného kapitálu na \$100000 sa dokonca výsledky testovania v období recesie zlepšili (viz obrázok 6.8 a tabuľka 6.9). Návratnosť stratégie sa vyšplhala na 918,206%, pričom k ďalšiemu zlepšeniu došlo aj u ukazovateľov *PSR* a *Shrape ratio* (12,088% respektíve 0,78).



Obr. 6.7: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatocným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	7,267%	Sharpe Ratio	0,698
Počet obchodov	20	Celková návratnosť	646,521%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	18,223%	Ročná smerodajná odchýlka	0,212
Maximálny pokles kapitálu	48,6%	Nezrealizované zisky/straty	\$38987
Information Ratio	0,698	Treynor Ratio	0,185
Poplatky	-\$91,73	Kapacita stratégie	\$120K

Tabuľka 6.8: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatocným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	12,088%	Sharpe Ratio	0,78
Počet obchodov	18	Celková návratnosť	918,206%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	21,319%	Ročná smerodajná odchýlka	0,218
Maximálny pokles kapitálu	48,6%	Nezrealizované zisky/straty	\$602410
Information Ratio	0,841	Treynor Ratio	0,201
Poplatky	-\$1079,84	Kapacita stratégie	\$100K

Tabuľka 6.9: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000



Obr. 6.8: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

Zmena testovacieho obdobia od 1.1.2010 do 1.1.2020, pri počiatočnom kapitále \$10000, nepriniesla tak veľkú výnosnosť ako v období recesie, no ukazovatele *PSR* a *Sharpe Ratio* dosiahli rádovo vyššie hodnoty (viz obrázok 6.9 a tabuľka 6.10). Tak rádovo vyššie hodnoty značia, že stratégia bude takmer s istotou generovať vyššie výnosy ako bezriziková marža, a prevýši riziká spojené s ich dosiahnutím. Pri kapacite stratégie sa oproti obdobiu recesie zaznamenalo zlepšenie, keďže dosiahla úroveň až \$16M. Podobné výsledky sa dosiahli aj pri počiatočnom kapitále \$100000 (viz obrázok 6.10 a tabuľka 6.11).



Obr. 6.9: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	52,414%	Sharpe Ratio	1,082
Počet obchodov	31	Celková návratnosť	442,904%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	18,422%	Ročná smerodajná odchýlka	0,122
Maximálny pokles kapitálu	22,1%	Nezrealizované zisky/straty	\$34927
Information Ratio	0,39	Treynor Ratio	0,174
Poplatky	-\$31	Kapacita stratégie	\$16M

Tabuľka 6.10: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.10: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	55,014%	Sharpe Ratio	1,002
Počet obchodov	31	Celková návratnosť	474,093%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	19,085%	Ročná smerodajná odchýlka	0,124
Maximálny pokles kapitálu	22,7%	Nezrealizované zisky/straty	\$380985
Information Ratio	0,441	Treynor Ratio	0,178
Poplatky	-\$49,66	Kapacita stratégie	\$16M

Tabuľka 6.11: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

V testovacom období od 1.1.1988 do 1.1.2020 sa pre obe úrovne počiatočného kapitálu opäť zaznamenali nadpriemerné výsledky (obrázok 6.11 a tabuľka 6.12 pre počiatočný kapitál \$10000, obrázok 6.12 a tabuľka 6.13 pre počiatočný kapitál \$100000). Prakticky všetky štatistické ukazovatele dosiahli vysoko nadpriemerné hodnoty, pričom žiaden ďalší bot nedokázal takéto výsledky dosiahnuť. No tu je potrebné brať do úvahy, že takéto úspešnosť sa dosiahla najmä kvôli akciám, ktoré sa do univerza na začiatku vybrali. Týka sa to nie len tohto testovacieho obdobia, ale aj predošlých dvoch. Spoločnosti ako Apple, Microsoft či Pepsi disponujú na trhu veľkými konkurenčnými výhodami (viz 4.2.2). Je všeobecne známe, že sú vysoko ziskové a ich hodnota v čase prudko rástla. Takže je logické, že pokiaľ sa napríklad na začiatku nášho storočia kúpia akcie spoločnosti Apple (v čase keď jej akcia nestála ani \$1), tak táto investícia sa do roku 2020 niekoľkonásobne vráti. Príkladom toho sú dosiahnuté úrovne ziskov v tomto období. No je dôležité určiť okamih, kedy je danú akciu najvýhodnejšie kúpiť či predať. A k tomu slúžila ROE oceňovacia metóda, na ktorej je postavená stratégia tohto bota.

Keďže štatistický ukazovateľ *Výhernosť* v každom sledovanom období nadobudol hodnotu 100%, je na mieste konštatovať, že ROE metóda fungovala bezchybne. Námetom na rozšírenie by mohlo byť otestovanie tejto metódy na akciách spoločností, ktoré nie sú tak známe a ziskové, no tiež si dokážu zachovať konkurenčné výhody. No nájdenie takých spoločností si vyžaduje previesť analýzu trhu a preskúmať veľké množstvo výkazov. Postup pre prípadné automatizovanie tohto hľadania je potrebné si dobre premyslieť.



Obr. 6.11: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	16,417%	Sharpe Ratio	0,896
Počet obchodov	40	Celková návratnosť	8597,769%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	22,490%	Ročná smerodajná odchýlka	0,192
Maximálny pokles kapitálu	48,6%	Nezrealizované zisky/straty	\$691880
Information Ratio	0,758	Treynor Ratio	0,203
Poplatky	-\$137,38	Kapacita stratégie	\$24M

Tabuľka 6.12: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.12: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatčným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	21,552%	Sharpe Ratio	0,939
Počet obchodov	34	Celková návratnosť	12548,411%
Výhernosť	100%	Stratovosť	0%
Zložený ročný výnos	24,591%	Ročná smerodajná odchýlka	0,199
Maximálny pokles kapitálu	44,2%	Nezrealizované zisky/straty	\$9795761
Information Ratio	0,829	Treynor Ratio	0,216
Poplatky	-\$1744,83	Kapacita stratégie	\$44M

Tabuľka 6.13: Výsledky testovania bota č.2 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatčným kapitálom \$100000

6.3 Testovanie bota č.3

V tejto podkapitole sú uvedené výsledky AOS, ktorý rebalancoval portfólio manuálne, pričom uplatňoval striktné pravidlá pri diverzifikácii portfólia (viz 5.4). Použitá finančná stratégia dokázala vo všetkých troch testovacích obdobiach obdržať kladné výnosy, no ich úroveň a hodnoty ostatných štatistických ukazovateľov sa líšili. V období recesie od 1.1.1998 do 1.1.2010 sa pre obe úrovne počiatčného kapitálu obdržali uspokojivé, aj keď pre kapitál \$100000 mierne lepšie výsledky (viz obrázok 6.13 a tabuľka 6.14 pre kapitál \$10000, obrázok 6.14 a tabuľka 6.15 pre kapitál \$100000). V oboch prípadoch boli dosiahnuté priemerné hodnoty *PSR* a *Sharpe Ratio*, čo indikuje, že výnosy stratégie sú nad výnosmi bezrizikovej marže, no z dlhodobého hľadiska neprekračujú riziká spojené s ich dosiahnutím. Položka *Maximálny pokles kapitálu* dosiahla vyšších hodnôt, no tu je, rovnako ako u predošlých prípadoch, dôvodom vyššia volatilita trhu kvôli krízovým obdobiam, ktoré sa v tejto dekáde vyskytli. No ukazovatele *Information Ratio* a *Treynor Ratio* nadobudli kladné hodnoty, takže stratégia generovala lepšie výnosy ako refe-

renčný index. Na záver treba poznamenať, že sa jednalo skutočne o ťažké obdobie recesie, a preto je možné považovať výsledky z tohto obdobia za celkom uspokojujivé (hoci výnosy nedosiahli až takú veľkú úroveň).



Obr. 6.13: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,41%	Sharpe Ratio	0,376
Počet obchodov	216	Celková návratnosť	116,75%
Výhernosť	57%	Stratovosť	43%
Zložený ročný výnos	6,654%	Ročná smerodajná odchýlka	0,154
Maximálny pokles kapitálu	56,6%	Nezrealizované zisky/straty	\$7707
Information Ratio	0,312	Treynor Ratio	0,073
Poplatky	-\$216,19	Kapacita stratégie	\$890K

Tabuľka 6.14: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.14: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,706%	Sharpe Ratio	0,422
Počet obchodov	172	Celková návratnosť	121,481%
Výhernosť	60%	Stratovosť	40%
Zložený ročný výnos	6,846%	Ročná smerodajná odchýlka	0,133
Maximálny pokles kapitálu	46,0%	Nezrealizované zisky/straty	\$67527
Information Ratio	0,259	Treynor Ratio	0,082
Poplatky	-\$338,71	Kapacita stratégie	\$870K

Tabuľka 6.15: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

Testovanie v období od 1.1.2010 do 1.1.2020 prinieslo opäť nadpriemerné výsledky (viz obrázok 6.15 a tabuľka 6.16 pre kapitál \$10000, obrázok 6.16 a tabuľka 6.17 pre kapitál \$100000). Výnosy nedosahovali tak závažnú úroveň ako pri AOS využívajúcom ROE oceňovaciu metódu, no ostatné ukazovatele ako *PSR*, *Sharpe Ratio* či *Maximálny pokles kapitálu* dosiahli vysoko nadpriemerné hodnoty. Hodnota maximálneho poklesu kapitálu okolo 17% indikuje, že stratégia je relatívne konzistentná, a moc nepodlieha volatilitu trhu. No samozrejme treba brať ohľad na to, že sa jednalo o obdobie, kedy sa trh nachádzal v období expanzie. Jediným negatívom boli malé hodnoty ukazovateľov *Information Ratio* a *Treynor Ratio*. Pri počiatočnom kapitále \$10000 bol *Information Ratio* dokonca záporný. Tu je treba opäť brať do úvahy, že tento indikátor neberie do úvahy výnosy prispôbené riziku (viz 3.5). A keďže ukazovatele *Sharpe Ratio* a *PSR* sú vysoko nadpriemerné, dá sa očakávať, že aj napriek tomuto negatívu bude stratégia schopná generovať výnosy prispôbené riziku na podobnej úrovni ako index.



Obr. 6.15: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	37,403%	Sharpe Ratio	0,957
Počet obchodov	172	Celková návratnosť	240,692%
Výhernosť	69%	Stratovosť	31%
Zložený ročný výnos	13,033%	Ročná smerodajná odchýlka	0,098
Maximálny pokles kapitálu	17,9%	Nezrealizované zisky/straty	\$16821
Information Ratio	-0,099	Treynor Ratio	0,132
Poplatky	-\$172,00	Kapacita stratégie	\$80M

Tabuľka 6.16: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.16: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	44,256%	Sharpe Ratio	1,01
Počet obchodov	166	Celková návratnosť	285,899%
Výhernosť	72%	Stratovosť	28%
Zložený ročný výnos	14,45%	Ročná smerodajná odchýlka	0,102
Maximálny pokles kapitálu	17,0%	Nezrealizované zisky/straty	\$205917
Information Ratio	0,077	Treynor Ratio	0,139
Poplatky	-\$205,07	Kapacita stratégie	\$84M

Tabuľka 6.17: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Výsledky z posledného testovacieho obdobia od 1.1.1998 do 1.1.2020 zobrazujú obrázok 6.17 a tabuľka 6.18 pre kapitál \$10000, a obrázok 6.18 a tabuľka 6.19 pre kapitál \$100000. Výnosy pri oboch typoch kapitáloch vzrástli na najvyššiu úroveň spomedzi všetkých testovacích období. No na druhej strane, ostatné štatistické ukazovatele nadobudli priemerné hodnoty. Výnimkou je *Sharpe Ratio*, ktoré pri oboch úrovniach kapitálu nadobudlo hodnotu okolo 0,5, ktorá sa z dlhodobého hľadiska považuje za uspokojivú. Nižšie hodnoty ostatných ukazovateľov značia, že výnosy tejto stratégie nemusia byť konzistentne nad výnosmi referenčného indexu, no aj tak sa dajú obdržané výsledky považovať za uspokojivé.



Obr. 6.17: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,427%	Sharpe Ratio	0,551
Počet obchodov	275	Celková návratnosť	568,231%
Výhernosť	61%	Stratovosť	39%
Zložený ročný výnos	9,012%	Ročná smerodajná odchýlka	0,127
Maximálny pokles kapitálu	50,7%	Nezrealizované zisky/straty	\$39447
Information Ratio	0,091	Treynor Ratio	0,094
Poplatky	-\$275,21	Kapacita stratégie	\$750K

Tabuľka 6.18: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.18: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,418%	Sharpe Ratio	0,55
Počet obchodov	313	Celková návratnosť	639,674%
Výhernosť	67%	Stratovosť	33%
Zložený ročný výnos	9,516%	Ročná smerodajná odchýlka	0,136
Maximálny pokles kapitálu	55,5%	Nezrealizované zisky/straty	\$431181
Information Ratio	0,168	Treynor Ratio	0,093
Poplatky	-\$646,65	Kapacita stratégie	\$820K

Tabuľka 6.19: Výsledky testovania bota č.3 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

6.4 Testovanie bota č.4

Tento AOS, ktorý prideloval akciám váhy na základe ich fundamentov (viz 5.5), nadobudol tiež relatívne solídne výsledky. V období recesie si však, ako aj u predošlých prípadoch, nevedol až tak dobre. Výnosy pre obe úrovne kapitálu sú síce nad úrovňou 100%, no ukazovatele popisujúce potenciál stratégie generovať konzistentne zisk nadobudli priemerné hodnoty (viz obrázok 6.19 a tabuľka 6.20 pre kapitál \$10000, obrázok 6.20 a tabuľka 6.21 pre kapitál \$100000). Úroveň kapitálu sa v tomto období prudko menila, čo potvrdzuje vysoká úroveň položky *Maximálny pokles kapitálu*. Berúc do úvahy nižšie hodnoty ostatných štatistických ukazovateľov, táto stratégia pravdepodobne nemá potenciál generovať konzistentne kladné výnosy v obdobiach recesie. Avšak vyššie hodnoty *Information Ratio* a *Treynor Ratio* značia, že stratégia generovala v tomto období lepšie výnosy ako referenčný index, čo je pozitívna vlastnosť, keďže sa jednalo o naozaj ťažké obdobie recesie.



Obr. 6.19: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,136%	Sharpe Ratio	0,295
Počet obchodov	59	Celková návratnosť	101,491%
Výhernosť	77%	Stratovosť	23%
Zložený ročný výnos	6,008%	Ročná smerodajná odchýlka	0,271
Maximálny pokles kapitálu	70,4%	Nezrealizované zisky/straty	\$6194
Information Ratio	0,352	Treynor Ratio	0,057
Poplatky	-\$61,24	Kapacita stratégie	\$9M

Tabuľka 6.20: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.20: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,177%	Sharpe Ratio	0,314
Počet obchodov	62	Celková návratnosť	115,103%
Výhernosť	87%	Stratovosť	13%
Zložený ročný výnos	6,586%	Ročná smerodajná odchýlka	0,234
Maximálny pokles kapitálu	66,0%	Nezrealizované zisky/straty	\$55282
Information Ratio	0,383	Treynor Ratio	0,061
Poplatky	-\$189,63	Kapacita stratégie	\$8M

Tabuľka 6.21: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2010 s počiatočným kapitálom \$100000

Pri testovaní v období ekonomickej expanzie boli naopak dosiahnuté pre obe úrovne počiatocného kapitálu nadpriemerné výsledky (viz obrázok 6.21 a tabuľka 6.22 pre kapitál \$10000, obrázok 6.22 a tabuľka 6.23 pre kapitál \$100000). Bot bol schopný nie len generovať vysoký výnos, ale dokonca dosiahol nadpriemerné hodnoty u všetkých sledovaných štatistických ukazovateľov. Z toho možno usúdiť, že v obdobiach ekonomickej expanzie je schopný konštantne generovať vyšší výnos ako referenčný index, a zároveň prevýšiť riziká spojené s jeho dosiahnutím. Kapacita celej stratégie dosiahla taktiež vysoko nadpriemerné hodnoty, čo značí, že bot má potenciál generovať ešte vyšší zisk.



Obr. 6.21: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatocným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	39,373%	Sharpe Ratio	0,991
Počet obchodov	33	Celková návratnosť	461,656%
Výhernosť	83%	Stratovosť	17%
Zložený ročný výnos	18,824%	Ročná smerodajná odchýlka	0,139
Maximálny pokles kapitálu	17,2%	Nezrealizované zisky/straty	\$43577
Information Ratio	0,735	Treynor Ratio	0,131
Poplatky	-\$33,0	Kapacita stratégie	\$230M

Tabuľka 6.22: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatocným kapitálom \$10000



Obr. 6.22: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	39,193%	Sharpe Ratio	0,988
Počet obchodov	29	Celková návratnosť	444,928%
Výhernosť	83%	Stratovosť	17%
Zložený ročný výnos	18,466%	Ročná smerodajná odchýlka	0,136
Maximálny pokles kapitálu	16,2%	Nezrealizované zisky/straty	\$433807
Information Ratio	0,684	Treynor Ratio	0,131
Poplatky	-\$47,73	Kapacita stratégie	\$330M

Tabuľka 6.23: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.2010-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Posledné testovacie obdobie bolo klasicky od 1.1.1998 do 1.1.2020. Tu sa dokázala navýšiť u oboch úrovniach kapitálu celková výnosnosť, no rovnako ako u minulého bota, došlo k zníženiu ukazovateľov *PSR* a *Sharpe Ratio* na priemernú hodnotu (viz obrázok 6.23 a tabuľka 6.24 pre kapitál \$10000, obrázok 6.24 a tabuľka 6.25 pre kapitál \$100000). Dôvodom je pravdepodobne fakt, že bot nedokázal v období recesie adekvátne zareagovať na vysokú volatilitu trhu, čo poznačilo tieto ukazovatele tak, že ani počas obdobia ekonomickej expanzie nedošlo k ich výraznejšiemu zlepšeniu. Avšak výnosy tejto stratégie opäť prevýšili výnosy referenčného indexu, keďže *Information Ratio* a *Treynor Ratio* dosiahli vyšších hodnôt.



Obr. 6.23: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,071%	Sharpe Ratio	0,46
Počet obchodov	75	Celková návratnosť	943,844%
Výhernosť	88%	Stratovosť	12%
Zložený ročný výnos	11,243%	Ročná smerodajná odchýlka	0,266
Maximálny pokles kapitálu	70,3%	Nezrealizované zisky/straty	\$89960
Information Ratio	0,408	Treynor Ratio	0,076
Poplatky	-\$77,14	Kapacita stratégie	\$22M

Tabuľka 6.24: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.24: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,091%	Sharpe Ratio	0,473
Počet obchodov	75	Celková návratnosť	954,553%
Výhernosť	89%	Stratovosť	11%
Zložený ročný výnos	11,295%	Ročná smerodajná odchýlka	0,216
Maximálny pokles kapitálu	72,2%	Nezrealizované zisky/straty	\$883550
Information Ratio	0,409	Treynor Ratio	0,079
Poplatky	-\$204,80	Kapacita stratégie	\$17M

Tabuľka 6.25: Výsledky testovania bota č.4 v období 1.1.1998-1.1.2020 s počiatočným kapitálom \$100000

6.5 Testovanie bota č.5

V tejto podkapitole sú uvedené výsledky testovania AOS, ktorý využíval k ohodnocovaniu akcií XGBoost algoritmus (viz 5.6). Testovanie prebiehalo od 1.1.2003 do 1.1.2021, pričom výsledky pre obe úrovne počiatočného kapitálu boli približne rovnaké (viz obrázok 6.25 a tabuľka 6.26 pre kapitál \$10000, obrázok 6.26 a tabuľka 6.27 pre kapitál \$100000). Medzi najväčšie pozitíva tohto AOS patrí výnos nad úrovňou 100%, relatívne vysoká úspešnosť (okolo 70%, čo dokazuje, že XGBoost algoritmus bol relatívne úspešný) a nízka volatilita stratégie (viz položka *Maximálny pokles kapitálu*). Ostatné ukazovatele ako *Sharpe Ratio* či *Information Ratio* nedosiahli uspokojivé hodnoty, takže výnosy tejto stratégie z dlhodobého hľadiska pravdepodobne neprevýšia výnosy referenčného indexu. Jedným z dôvodov prečo je tomu tak, môže byť časová perióda v ktorej dochádza k obchodom. Obchodné príkazy sú zadávané každé tri roky (kvôli zberu dostatočného množstva dát pre model, viz 5.6), pričom sa mohlo stať, že sa tak zmeškali vhodnejšie okamihy na nákup, či predaj daných investícií. Námetom do budúcnosti by mohlo byť nájdenie takej časovej periódy, v ktorej by dochádzalo častejšie k obchodom, no zároveň by model mal na vstupe dostatočné množstvo dát potrebných k optimálnemu tréningu.



Obr. 6.25: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.5 v období 1.1.2003-1.1.2021 s počiatočným kapitálom \$10000



Obr. 6.26: Vývoj veľkosti kapitálu bota č.5 v období 1.1.2003-1.1.2021 s počiatčným kapitálom \$100000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,039%	Sharpe Ratio	0,351
Počet obchodov	33	Celková návratnosť	110,450%
Výhernosť	71%	Stratovosť	29%
Zložený ročný výnos	4,217%	Ročná smerodajná odchýlka	0,096
Maximálny pokles kapitálu	29,1%	Nezrealizované zisky/straty	-\$356
Information Ratio	-0,37	Treynor Ratio	0,112
Poplatky	-\$33,35	Kapacita stratégie	\$12M

Tabuľka 6.26: Výsledky testovania bota č.5 v období 1.1.2003-1.1.2021 s počiatčným kapitálom \$10000

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,039%	Sharpe Ratio	0,351
Počet obchodov	34	Celková návratnosť	111,402%
Výhernosť	72%	Stratovosť	28%
Zložený ročný výnos	4,243%	Ročná smerodajná odchýlka	0,096
Maximálny pokles kapitálu	29,3%	Nezrealizované zisky/straty	-\$4306
Information Ratio	-0,368	Treynor Ratio	0,112
Poplatky	-\$97,16	Kapacita stratégie	\$12M

Tabuľka 6.27: Výsledky testovania bota č.5 v období 1.1.2003-1.1.2021 s počiatčným kapitálom \$100000

Ako bolo spomenuté v kapitole 5.6.1, z testovacích dôvodov boli na vstup modelu pridané dva makroekonomické ukazovatele navyiac (výnosová krivka a OECD indikátory recesie). Tieto ukazovatele mali identifikovať blížiac sa obdobie recesie, a tak spresniť predikciu modelu. No ich pridanie do množiny prediktorov pre obe úrovne počiatočného kapitálu zhoršilo výkonnosť stratégie, takže sa nakoniec z finálnej verzie implementácie tohto bota vyradili. Aspoň pre názornosť sú v tabuľke 6.28 uvedené výsledky testovania s kapitálom \$10000, v ktorom sa zahrnuli vyššie spomenuté makroekonomické ukazovatele.

Celkové štatistiky stratégie			
PSR	0,0%	Sharpe Ratio	0,113
Počet obchodov	28	Celková návratnosť	16,889%
Výhernosť	68%	Stratovosť	32%
Zložený ročný výnos	0,882%	Ročná smerodajná odchýlka	0,09
Maximálny pokles kapitálu	45,0%	Nezrealizované zisky/straty	-\$1573
Information Ratio	-0,451	Treynor Ratio	0,063
Poplatky	-\$28,26	Kapacita stratégie	\$9,6M

Tabuľka 6.28: Výsledky testovania bota č.5 v období 1.1.2003-1.1.2021 s počiatočným kapitálom \$10000 a po pridaní makroekonomických ukazovateľov

6.6 Porovnanie výkonnosti botov voči benchmarku

V tejto podkapitole sú pre prehľad uvedené výsledky porovnávania výkonnosti každého bota s akciovým indexom S&P 500. Využitie benchmarku patrí k najznámejším merítkom výkonnosti investičnej stratégie, no je potrebné brať do úvahy aj ostatné ukazovatele výkonnosti uvedené v predošlých podkapitolách. V tabuľke 6.29 sú uvedené výnosy jednotlivých botov v porovnaní s výnosmi S&P 500 vo všetkých testovacích obdobiach. Pre jednoduchosť sú uvedené výsledky len pre počiatočný kapitál \$10000.

	1.1.1998-1.1.2010	1.1.2010-1.1.2020	1.1.1998-1.1.2020	1.1.2003-1.1.2021
Bot č.1	34,47%	-26,08%	15,84%	X
Bot č.2	567,56%	57,73%	2267,44%	X
Bot č.3	73,96%	-0,9%	44,35%	X
Bot č.4	59,60%	58,21%	142,63%	X
Bot č.5	X	X	X	-62,1925%

Tabuľka 6.29: Úroveň výnosov botov s počiatočným kapitálom \$10000 v porovnaní s S&P 500

Z hodnôt uvedených v tejto tabuľke je možné konštatovať, že AOS dokázali v takmer všetkých obdobiach generovať vyššie výnosy ako S&P 500. Vytvorené investičné stratégie sú skôr defenzívne ladené, keďže v obdobiach ekonomickej expanzie sa im v porovnaní s indexom až tak nedarilo. Pre bota č.5 sa tieto závery konštatovať nedajú, keďže sa z dôvodu jeho investičnej stratégie zvolilo iba jedno testovacie obdobie. Výnos o 62% nižší ako u indexu značí, že u tohto bota je ešte nejaký priestor na jeho optimalizáciu.

Kapitola 7

Záver

Cieľom tejto práce bolo vytvoriť niekoľko AOS, ktoré budú na základe fundamentálnych ukazovateľov spoločností generovať nákupný alebo predajný signál pre dané akcie. Každý z vytvorených botov aplikoval mierne odlišnú stratégiu k ohodnocovaniu akcií či diverzifikácii portfólia, no všetky stratégie vychádzali z praktík, ktoré sa používajú pri dlhodobom investovaní s využitím fundamentov spoločností. Výsledky testovania mali nielen zhodnotiť úspešnosť každého bota, ale aj zodpovedať otázku, či zahrnutie fundamentálnej analýzy do investičnej stratégie zvyšuje šance na generovanie zisku.

K implementácii AOS sa využil framework online platformy QuantConnect, ktorá bola zdrojom všetkých finančných dát, a zároveň umožnila otestovať vytvorené systémy na historických dátach. Testovanie prebiehalo s rôznymi úrovňami počiatočného kapitálu v obdobiach recesie, ale aj ekonomickej expanzie, čím sa overila komplexnosť vytvorených stratégií.

Pre potreby tejto práce sa vytvorilo 5 AOS. Prvý z nich prideloval každý kvartál jednotlivým akciám skóre podľa hodnôt ich fundamentov, pričom vybral 20% najlepšie ohodnotených akcií do ktorých investoval. Vo všetkých sledovaných obdobiach generoval kladné výnosy, pričom najnižšie dosiahol v období ekonomickej recesie. Ďalší bot využíval oceňovaciu ROE metódu, s ktorou sa snažil odhadnúť budúcu hodnotu akcií, ktorú porovnával s ich aktuálnou cenou. Generoval nákupný signál v prípade, že vypočítaná hodnota danej akcie bola aspoň o 10% nad úrovňou jej aktuálnej ceny. Tento bot dosiahol najlepšie výsledky, keďže vo všetkých sledovaných obdobiach generoval vysoké zisky, a zároveň bol schopný dosiahnuť lepšie výsledky ako referenčný index. Tretí bot uplatňoval striktné pravidlá pri diverzifikácii portfólia, pričom uplatňoval rovnakú metódu ohodnocovania akcií ako bot č.1. Kladné výnosy boli dosiahnuté vo všetkých sledovaných obdobiach, pričom najmenšie boli opäť dosiahnuté v období recesie. Stratégia neprekročila svojou výkonnosťou referenčný index iba v období ekonomickej expanzie, no celkovo sa na základe dosiahnutých výsledkov dá považovať jej výkonnosť za uspokojivú. AOS č.4 prideloval spoločnostiam na základe ich fundamentov váhy, ktoré určovali objem ich akcií, ktoré sa kúpia/predajú. Keďže boli dosiahnuté podobné výsledky ako u predchádzajúceho bota, je možné konštatovať takmer rovnaké závery ako u predošlého prípadu, hoci bot č.4 dokázal prekonať referenčný index aj v období ekonomickej expanzie. Posledný bot využíval k ohodnocovaniu akcií XGBoost algoritmus, ktorý rozširuje funkcionality gradientných rozhodovacích stromov. Medzi pozitíva tejto stratégie patrilo kladný výnos a relatívne vysoká úspešnosť XGBoost algoritmu pri predikcii budúceho trendu daných akcií. Avšak z priemernej hodnôt ostatných štatistických ukazovateľov je možné konštatovať, že stratégia nemá z dlhodobého hľadiska veľký potenciál generovania konštantne kladného výnosu.

Z dosiahnutých výsledkov je možné konštatovať, že po dôkladnom naštudovaní danej problematiky sa podarilo vytvoriť AOS schopné pomocou fundamentálnej analýzy dosahovať uspokojivú výkonnosť. Tým sa potvrdilo, že fundamentálna analýza má v oblasti automatického obchodovania svoje opodstatnenie, a zvyšuje šance na dosiahnutie ziskovosti. Námetom pre rozšírenie tejto práce by mohlo byť začlenenie technickej analýzy, kde by sa spolu s fundamentami spoločností využívali aj techniky sledujúce priebeh ceny v grafe danej akcie. Touto kombináciou by sa mohli dosiahnuť ešte lepšie výsledky. Výnosnosť ROE metódy využitej v botovi č.2 by sa mohla otestovať aj pri spoločnostiach s menšou popularitou, ako sú Pepsi či Apple. No nájdenie takých spoločností, ktoré majú tiež vysoké konkurenčné výhody, no nie sú tak známe, je časovo náročné. V prípade automatizácie tohto hľadania je potrebné si zvolený postup riadne premyslieť. Ďalším rozšírením by mohlo byť nájdenie vhodnejšej časovej periódy zadávania obchodných príkazov pri botovi č.5. Ten zadával tieto príkazy každý tretí rok kvôli dostatočnému zberu dát pre model, čím sa mohli zmeškať výhodnejšie okamihy pre kúpu či predaj danej akcie. Nájdenie takej periódy, v ktorej by dochádzalo častejšie k obchodom, no zároveň by model mal na vstupe dostatočné množstvo dát potrebných k optimálnemu tréningu, by mohlo zvýšiť výkonnosť tohto bota.

Literatúra

- [1] BRIONES, R. *Probabilistic Sharpe Ratio* [online], 20. mája 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://quantdare.com/probabilistic-sharpe-ratio/>.
- [2] CARLSON, B. *Is This the Greatest Bull Market in History ?* [online], 04. januára 2022 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://awealthofcommonsense.com/2022/01/is-this-the-greatest-bull-market-in-history/>.
- [3] CATARINO, A. *Strategy Capacity* [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.dropbox.com/s/5pe0nvt5jq67pqj/Capacity.pdf?dl=0>.
- [4] CLIFF, D., TRELEAVEN, P. a BROWN, D. Technology Trends in the Financial Markets: A 2020 Vision. [online]. Október 2010, [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/313371531_Technology_Trends_in_the_Financial_Markets_A_2020_Vision.
- [5] GLADIŠ, D. *Akciové investice*. 2. vyd. Praha, CZ: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-4235-4.
- [6] GLADIŠ, D. Dobrá spoločnosť. In: *Akciové investice*. 2. vyd. Praha, CZ: Grada Publishing, 2021, kap. 10, s. 136. ISBN 978-80-271-4235-4.
- [7] GLADIŠ, D. Odhad budúceho zisku spoločnosti. In: *Akciové investice*. 2. vyd. Praha, CZ: Grada Publishing, 2021, kap. 3, s. 41–49. ISBN 978-80-271-4235-4.
- [8] GRÚCA, M. *Využití veřejných obchodních informací pro automatický trading* [online]. Brno, CZ, 2016. [cit. 2021-12-29]. Bakalárska práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Dostupné z: <https://www.fit.vut.cz/study/thesis/19001/.cs?year=2015&type=BP&tlang=cs&stud=Martin%20Gr%C3%A1ca>.
- [9] HAYES, A. *Portfolio Variance* [online], 28. novembra 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/p/portfolio-variance.asp>.
- [10] HUF, P. *Fundamentální analýza numerických dat pro automatický trading* [online]. Brno, CZ, 2016. [cit. 2021-12-29]. Diplomová práca. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Dostupné z: <https://www.fit.vut.cz/study/thesis/18869/.cs?year=2015&type=DP&tlang=cs&stud=Petr%20Huf>.
- [11] IŠTVÁŇ, L. *Čo je sviečkový graf a aké typy grafov poznáme ?* [online], 02. januára 2022 [cit. 2022-01-05]. Dostupné z: <https://uspesnynaburze.sk/blog/svieckovy-graf-typy-grafov-candlestick/>.

- [12] KENTON, W. *Treynor Ratio* [online], 14. oktobra 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/t/treynorratio.asp>.
- [13] KENTON, W. *Beta* [online], 20. januára 2021 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/beta.asp>.
- [14] KENTON, W. *New York Stock Exchange (NYSE)* [online], 11. oktobra 2021 [cit. 2021-10-27]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/n/nyse.asp>.
- [15] KRANTZ, M. *Fundamental Analysis For Dummies*. 2. vyd. 111 River Street, Hoboken, New Jersey, US: John Wiley & Sons, Inc., 2016. ISBN 978-1-119-26359-3.
- [16] *Začínáme obchodovať na burze* [online]. [cit. 2021-10-27]. Dostupné z: <https://uspesnynaburze.sk/obchodovanie-na-burze/>.
- [17] MILTON, A. *How to Read a Market Profil Chart* [online], 20. novembra 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.thebalance.com/market-profile-charts-1031194>.
- [18] MLÝNEK, J. *Fibonacciho retracementy: Obchodování s matematickou formulí* [online], 23. augusta 2017 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/investovani/trading/technicka-analyza/fibonacci/fibonacciho-retracementy-obchodovani-s-matematickou-formuli/>.
- [19] MLÝNEK, J. *Klouzavý průměr: pomocník pro určení trendu* [online], 09. augusta 2017 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/investovani/trading/technicka-analyza/analyza-trendu/klouzavy-prumer-pomocnik-pro-urceni-trendu/>.
- [20] MLÝNEK, J. *RSI indikátor – pomocník pro nalezení vhodné vstupní oblasti* [online], 06. septembra 2017 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/investovani/trading/technicka-analyza/technicke-indikatory/indikator-rsi-pomuze-najit-vstupni-oblasti/>.
- [21] MURPHY, C. B. *Information Ratio (IR)* [online], 01. oktobra 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/i/informationratio.asp>.
- [22] PAFKA, S. *Benchmarking random forest implementations* [online], 15. mája 2015 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <http://datascience.la/benchmarking-random-forest-implementations/>.
- [23] PARASHAR, N. *An Overview of XGBoost Algorithm in Machine Learning* [online], 13. februára 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://medium.com/@niitwork0921/an-overview-of-xgboost-algorithm-in-machine-learning-53ddcfa038ad>.
- [24] PODASCA, E. *Predicting the Movement Direction of OMXS30 Stock Index Using XGBoost and Sentiment Analysis* [online]. Karlskrona, SE, 2021. [cit. 2021-12-29]. Bakalárska práca. Faculty of Computing, Blekinge Institute of Technology. Dostupné z: <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1531990&dswid=2276>.
- [25] *Importance Of Margin Of Safety In Value Investing* [online], 27. apríla 2021 [cit. 2021-12-29]. Dostupné z: <https://strategicalpha.blog/2021/04/27/importance-of-margin-of-safety-in-value-investing/>.

- [26] SHAH, I. *Introduction to XGBoost in Python* [online], 13. februára 2020 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://blog.quantinsti.com/xgboost-python/>.
- [27] *Sharpe Ratio* [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.daytrading.com/sharpe-ratio>.
- [28] SHOBHIT, S. *Basics of Algorithmic Trading: Concepts and Examples* [online], 05. mája 2021 [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/articles/active-trading/101014/basics-algorithmic-trading-concepts-and-examples.asp>.
- [29] *What is Portfolio Standard Deviation ?* [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.myaccountingcourse.com/accounting-dictionary/portfolio-standard-deviation>.
- [30] *Support and resistance - Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. 2021-10-27]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Support_and_resistance.