



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

**AUTOMATICKÉ OBCHODNÍ SYSTÉMY PRO OBCHO-
DOVÁNÍ KRYPTOMĚN**

AUTOMATIC SYSTEM FOR CRYPTOCURRENCY TRADING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

FILIP MRÁZ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. DAVID HŘÍBEK,

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce



157017

Ústav: Ústav počítačové grafiky a multimédií (UPGM)
Student: **Mráz Filip**
Program: Informační technologie
Název: **Automatické obchodní systémy pro obchodování kryptoměn**
Kategorie: Umělá inteligence
Akademický rok: 2023/24

Zadání:

1. Nastudujte princip kryptoměn a proveďte rešerši brokerů, kteří umožňují automatické obchodování kryptoměn.
2. Navrhněte Automatický obchodní systém (AOS), který bude u vybraného brokera provádět automaticky obchody podle předem daného plánu. Navrhněte různě komplexní AOS od jednoduchých, které jen provádějí předem dané obchody, až po komplexní, založené na historických burzovních datech a používajících například neuronové sítě.
3. Navržený AOS implementujte.
4. Implementovaný AOS otestujte a vyhodnoťte na historických datech.

Literatura:

- John C. Bogle, The Little Book of Common Sense Investing: The Only Way to Guarantee Your Fair Share of Stock Market Returns, 2007, 1st edition's, ISBN 978-1-119-40450-7.
- Benjamin Graham, The Intelligent Investor, 2008 edition, 1949, ISBN0-06-055566-1.
- Benjamin Van Vliet, Building Automated Trading Systems, 2007, ISBN: 9780750682510.

Při obhajobě semestrální části projektu je požadováno:
První dva body zadání.

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

Vedoucí práce: **Hříbek David, Ing.**
Vedoucí ústavu: Černocký Jan, prof. Dr. Ing.
Datum zadání: 1.11.2023
Termín pro odevzdání: 9.5.2024
Datum schválení: 9.11.2023

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje vytvoření automatického obchodního systému (AOS), který je schopen simulovat obchodování na historických burzovních datech a provádět automatizované obchodování na účtu vybraného brokera. Systém umí statisticky zpracovat a graficky zobrazit dosažené výsledky. Uživatel ovládá systém pomocí přehledného grafického uživatelského prostředí. Běhy jednotlivých obchodování jsou řízeny systémem v samostatných podprocesech. AOS implementuje 5 různě komplexních obchodních strategií, které jsou zodpovědné za řízení obchodu. Strategie využívají prvky technické analýzy k interpretaci historických cenových pohybů, jenž slouží jako základ pro rozhodování o nákupu a prodeji. Poslední implementovaná strategie navíc pro své rozhodování využívá naučeného modelu XGBoost. Implementované strategie byly řádně testovány na historických datech, přičemž byly vybrány historické období odlišných nálad trhu a cenové volatility. Výsledky testování neodhalily žádnou stabilně profitabilní strategii, spíše strategie definovaly jako vysoce rizikové.

Abstract

The thesis focuses on the creation of an automatic trading system (ATS) that is capable of simulating trading on historical stock exchange data and performing automated trading on the account of a selected broker. The system can statistically process and graphically display achieved results. User operates the system via a clear graphical user interface. Individual trading sessions are managed by the system in separate subprocesses. ATS implements 5 trading strategies of varying complexity, which are responsible for managing the trading decisions. Strategies use elements of technical analysis to interpret historical price movements, which serve as the basis for making buying and selling decisions. The fifth strategy utilizes a trained XGBoost model for its decision-making. Implemented strategies were thoroughly tested on historical data, selecting periods with different market moods and price volatilities. Test results did not reveal any consistently profitable strategy, instead defining the strategies as high-risk.

Klíčová slova

Automatické obchodní systémy, peníze, kryptoměny, burza, scalping, technická analýza

Keywords

Automated trading systems, money, cryptocurrencies, stock exchange, scalping, technical analysis

Citace

MRÁZ, Filip. *Automatické obchodní systémy pro obchodování kryptoměn*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií. Vedoucí práce Ing. David Hříbek,

Automatické obchodní systémy pro obchodování kryptoměn

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Davida Hříbka. Uvedl jsem všechny literární prameny, publikace a další zdroje, ze kterých jsem čerpal.

.....
Filip Mráz
9. května 2024

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Davidu Hříbkovi za pomoc a odborné vedení. Dále děkuji mé rodině za podporu během mého studia.

Obsah

1	Úvod	4
2	Teorie	6
2.1	Peníze a principy státní měny	6
2.2	Pochopení kryptoměn	12
2.3	Obchodování na kryptoměnové burze	17
2.4	Rešerše brokerů	23
3	Návrh automatického obchodního systému	27
3.1	Požadavky na AOS	27
3.2	Architektura AOS	27
3.3	Core	28
3.4	Virtual Broker	29
3.5	Data Manager	29
3.6	Trader	29
3.7	Strategy	29
3.8	Front End	30
3.9	Stats and Graphs	30
3.10	Zdroj burzovní data	30
4	Implementace automatického obchodního systému	31
4.1	Core	31
4.2	Virtual Broker	32
4.3	Data Manager	32
4.4	Trader	33
4.5	Strategy	34
4.6	Front End	36
4.7	Stats and Graphs	37
4.8	Vytvoření a trénování modelu XGBoost	38
5	Testování	40
5.1	Testování obchodní strategie Buy and Hold	41
5.2	Testování obchodní strategie EMA Crossover	43
5.3	Testování obchodní strategie VWAP RSI Combined	47
5.4	Testování obchodní strategie Double Bottom	51
5.5	Testování obchodní strategie XGBoost	55
5.6	Porovnání výkonosti všech obchodních strategií	59

6 Závěr	61
Literatura	63

Seznam obrázků

2.1	9
2.2	12
2.3	Diagram asymetrické kryptografie. Vytvořený podle předlohy z knihy [14]. .	14
2.4	22
2.5	Objem obchodů v miliardách dolarů provedených 10 největšími brokery za 24 hodin — 9.1.2024 ¹	25
3.1	Diagram architektury AOS.	28
4.1	Snímek grafického uživatelského rozhraní AOS v menu.	37
4.2	Snímek zobrazující rozhodovací váhu jednotlivých informací v natrénovaném modelu XGBoost.	39
5.1	Buy and Hold - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.	41
5.2	Buy and Hold - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.	42
5.3	Buy and Hold - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.	42
5.4	Buy and Hold - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.	43
5.5	EMA Crossover - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.	44
5.6	EMA Crossover - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.	45
5.7	EMA Crossover - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.	46
5.8	EMA Crossover - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.	47
5.9	VWAP RSI Combined - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.	48
5.10	VWAP RSI Combined - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.	49
5.11	VWAP RSI Combined - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.	50
5.12	VWAP RSI Combined - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.	51
5.13	Double Bottom - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.	52
5.14	Double Bottom - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.	53
5.15	Double Bottom - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.	54
5.16	Double Bottom - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.	55
5.17	XGBoost - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.	56
5.18	XGBoost - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.	57
5.19	XGBoost - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.	58
5.20	XGBoost - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.	59

Kapitola 1

Úvod

Peníze jsou klíčovou součástí naší společnosti a nezbytným prvkem světové ekonomiky, jak ji známe dnes. Historie peněz je poznamenána jejich různorodým vývojem a postupným zanikáním jejich forem. S každou novou formou peněz, kterou spravuje určitý druh centrální autority, docházelo ke ztrátě jedné z jejich základních vlastností — vzácnosti. V současnosti dochází k tvorbě peněz rychlostí, která překonává historické rekordy, což snižuje jejich vzácnost a hodnotu. Tuto excesivní tvorbu peněz řídí dvě hlavní instituce: stát, který stanovuje podmínky pro emisi nových peněz, a bankovní sektor, jenž má na starosti jejich konkrétní vytváření. V roce 2008 svět zasáhla finanční krize, kterou vyprovokovalo nezodpovědné poskytování bankovních hypoték, proces byl přímo spojen s přehnaným vytvářením nových peněz. Úvěrová činnost představuje jednu z primárních metod emise peněz. Banky společně se státy se tak staly aktéry v rozvoji této krize.

Tentýž rok přinesl zrod první kryptoměny — Bitcoinu. Identita jeho tvůrce, který se prezentuje pod pseudonymem Satoshi Nakamoto, zůstává neznámá. Spekuluje se, že jeho motivací pro vytvoření Bitcoinu byly právě nedostatky tradičních státních měn. Bitcoin představuje novou formu peněz, která se liší od tradičních peněz především tím, že není kontrolována žádnou centrální autoritou, a přesto si udržuje stabilní vzácnost.

Hodnota kryptoměn je určována na základě poptávky a nabídky, což je základní ekonomický princip používaný na kryptoměnových burzách pro stanovení hodnoty kryptoměn vůči ostatním měnám. Obchodování na těchto burzách nabízí možnost zisku prostřednictvím směny různých kryptoměnových párů, avšak předvídaní cenových trendů je složitý úkol. K jeho řešení se například využívá technická analýza, která se snaží pomocí historických dat předpovědět budoucí cenové pohyby.

Cílem této práce je vytvoření automatického obchodního systému, který by dokázal na základě analýzy historických cenových dat provádět samostatné obchodní operace na kryptoměnové burze a tím generovat potenciální zisk.

V kapitole 2 je nejprve popsána historie a principy peněz, přičemž je kladen větší důraz na státní fiat měny. Následně je objasněn koncept kryptoměn, detailně jsou rozebrány základní stavební prvky, na kterých kryptoměny stojí. Dále jsou představeni jejich významní zástupci. Další část kapitoly se věnuje základním konceptům obchodování obecně a specificky obchodování na kryptoměnových burzách. Kapitola je zakončena přehledem brokerů, kteří nabízejí možnost obchodování s kryptoměnovými páry online, přičemž je jeden vybrán pro potřeby práce. Kapitola 3 se soustředí na návrh vyvíjeného systému, nastiňuje jeho architekturu a detailně popisuje návrhy jednotlivých komponent. Kapitola 4 se zabývá implementací dříve navržených prvků systému, s důrazem na popis implementační logiky jednotlivých obchodních strategií. V kapitole 5 jsou testovány obchodní strategie na čtyřech

rozdílných obchodních úsecích dvou kryptoměn. Na základě výsledků těchto testů jsou následně formulovány závěry o výkonnosti jednotlivých strategií. V poslední kapitole 6 jsou zhodnoceny celkové výsledky práce.

Kapitola 2

Teorie

Cílem této kapitoly je vysvětlit a definovat klíčové pojmy související s touto prací. Začíná se popisem peněz a jejich fiat varianty. Následuje část věnovaná kryptoměnám, technologiím, na kterých jsou založeny, a poté jsou představeni dva významní zástupci kryptoměn. Dále jsou vysvětleny principy obchodování na kryptoměnových burzách a techniky používané pro predikci budoucích cen aktiv. Nakonec je představena rešeršní práce týkající se výběru brokera a vybraný broker je detailněji popsán.

2.1 Peníze a principy státní měny

V této sekci je popsána evoluce peněz a zásadní principy, které formují současné státní měny. Jsou odhaleny cesty peněz od jejich fyzických počátků, přes kritické momenty v historii bankovníctví, až po současnou éru digitálních fiat měn. Dále jsou zkoumány klíčové milníky, jako je odchod od zlatého standardu, až po dnešní fiat měny, jenž jsou založeny na důvěře v regulační autority, nikoli na fyzické hodnotě.

Prozkoumávají se koncepty, jako jsou měnová inflace a proces tvorby nových peněz, které tvoří základní pilíře moderních ekonomik. Tyto koncepty jsou nejen fundamentální pro fungování ekonomik, ale zároveň představují výzvy spojené s udržení hodnoty měny a zajištěním ekonomické stability.

V textu je stručně rozebrán Cantillonův efekt, který ilustruje, jak rozdělení nově vytvořených peněz může nepříznivě ovlivnit ekonomiku a společnost.

Dále jsou definovány základní vlastnosti peněz, které jsou nezbytné pro udržení důvěry v ně. Nakonec je zkoumáno, jak jsou tyto vlastnosti naplněny u dolaru, jenž slouží jako reprezentant fiat měn.

Historie peněz fyzické podoby a základy bankovníctví

Od nepaměti lidé využívali pro potřeby směny **barterový obchod** známý též jako **naturální směna**. S rozšiřováním množství a druhů zboží a přibývajících služeb začala být naturální směna nevyhovující. *Osoba „A“ měla zájem o zboží osoby „B“, zatímco osoba „B“ požadovala službu od osoby „C“.* Řešením těchto komplikací je příchod komoditních peněz. V počátcích se jednalo o všeobecně přijímanou komoditu jako je med, obilí, dobytek, plátno (odtud pochází české slovo *platit*). Tyto komodity tak zprostředkovávaly oběh všeho ostatního.

Avšak ne všechny komoditní peníze jsou si rovny. **Drahé kovy**, jako je zlato, či stříbro, se začaly prosazovat jako dominantní platidlo. Oproti jiným komoditám byly lehce dělitelné, časem se nekazily a i malý objem měl výraznou kupní sílu.

Dalším vývojem bylo zavádění **mincovních systémů**, kdy centrální mocnosti, jako například panovníci spravující své území, řídily ražbu mincí z drahých kovů. Tyto mince, představující symbol daného státu, usnadňovaly ověřování množství drahého kovu směňovaného za zboží. Avšak panovník, mající naprostou kontrolu nad ražbou, často podnikal kroky, které vedly k snížení reálné hodnoty mincí. Dva hlavní způsoby, jakými to panovník činil, jsou:

- Zvyšování ražebného
- Zvyšování podílu méně cenných kovů v mincích

Přičemž hodnota ražebného a podíl ušetřeného drahého kovu byly přímým ziskem panovnické pokladny.

$$\text{Ražebné} = \text{Jmenovitá hodnota mince} - \text{Náklady na kov}$$

Ve středověké Itálii byly položeny základy **bankovníctví**. Jednalo se o instituce, které vydávaly potvrzení o dluhu majitelům drahých kovů, jenž si v bance uložili. Tato potvrzení se nazývala bankovky. *Osoba „A“, která vlastní bankovku (pohledávku na zlato v bance), může tuto bankovku použít k nákupu zboží od osoby „B“. Osoba „B“ může následně směňovanou bankovku využít k vyzvednutí zlata v bance, které původně vložila osoba „A“.*

Banky na základě svých empirických zkušeností zjistily, že jim stačí držet pouze 30% svých aktiv v drahých kovech k vyplacení držitelů jimi vystavených bankovek. Tato zkušenost začala být využívána pro tvorbu **neplnohodnotných peněz**, tedy peněz nekrytých žádnou komoditou, což umožnilo poskytování půjček jiným klientům. Tyto nově vzniklé ničím nekryté bankovky přitom nebyly nijak rozeznatelné od bankovek, které byly vydány na základě půjčení komodity bance (vkladu). Tento princip fungování neplnohodnotných peněz lze chápat jako základní koncept, na kterém stojí **fiat měny**.

Tento koncept neplnohodnotných peněz začaly využívat i státy, ve formě takzvaných **státovek**. Jednalo se o papírové oběživo, které představovalo potvrzení o dluhu státu. Všeobecně státy nebyly schopné financovat své státní rozpočty pouze z vybraných daní. Tento mechanismus byl zejména uplatňován ve válečných obdobích k financování válečných výdajů. Aby podpořily oběh svých peněz, státy často vyžadovaly jejich použití pro částečné nebo úplné placení daní. Ve svém díle z roku 1776 Adam Smith popisuje tendenci států k zvětšování svých dluhů a pokles snahy o jejich splácení. To vedlo k poklesu kupní síly peněz. Pokud tento jev nabyl neudržitelných rozměrů, vedlo to až k vyhlášení státního bankrotu. V současnosti jsou tyto bankroty označovány jako „restrukturalizace státního dluhu“.

V reakci na chaos spojený s existencí nepřehledného množství různých bankovek, který usnadňoval jejich padělání, začaly postupem času vznikat nové instituce s mandátem pro vydávání jednotné státní měny. Tyto instituce, známé jako **centrální banky**, přispěly k standardizaci a stabilizaci měnového systému. Nejstarší centrální bankou je „Sveriges Riksbank“, založená ve Švédsku v roce 1668. V průběhu času si centrální banky přisvojovaly další pravomoci a rozvíjely mechanismy tvorby nových peněz, což je činí předmětem časté kritiky. [10]

Historie peněz účetní povahy a jejich digitalizace

V 19. století se v USA rozvinul **šekový systém**, který umožnil bankovním klientům vystavovat šeky pro placení pohledávek bez nutnosti mít u sebe hotovost. Na šeku vystaveném bankou bylo uvedeno jméno klienta a jeho podpis, což zajistilo spojení šeku s konkrétním bankovním účtem, a byla na něm také stanovena platná částka. Příjemce šeku jej vložil do své banky, čímž inicioval proces vzájemného vyrovnání, během kterého si banky navzájem vyrovnaly dluhy. Peníze byly účetně odečteny z účtu vystavitele šeku a přičteny na účet příjemce. Tento proces je známý jako „clearing šeků“.

Clearing původně probíhal na decentralizované bázi, kde vyrovnání každého šeku vyžadovalo i fyzickou výměnu peněz mezi bankami. Tento proces byl ovlivněn přísnými americkými reformami. Po jejich uvolnění se systém začal centralizovat, a tak vyrovnání mezi bankami mohlo být provedeno prostým záznamem o dluhu v účetních knihách. V roce 1955 se denně ručně třídilo průměrně 60 milionů šeků, což se stalo neudržitelným. To vedlo k zavedení prvních kroků elektronické automatizace v podobě **Rozpoznávání znaků pomocí magnetického inkoustu (MICR)**. Vystavované šeky obsahovaly magnetický inkoust, který je přímo propojoval s účtem klienta. Banka, do které byly šeky vkládány, aplikovala další pruh magnetického inkoustu pro identifikaci účtu příjemce.

S rozvojem telekomunikačních technologií došlo k evoluci platebního systému směrem k decentralizaci, přičemž zásadní roli začaly hrát digitální záznamy o stavech účtů klientů vedené jednotlivými bankami ve svých účetních knihách. Tento pokrok umožnil další automatizaci prostřednictvím elektronických záznamů, které mohly být samostatně čteny a modifikovány výpočetními systémy. Tento vývoj položil základ pro vznik **kreditních karet**, inspirovaných průkopnickým konceptem karty „The Diners’ Club“.

Na přelomu 20. a 21. století svět měn a bankovníctví zásadně ovlivnila technologie **World Wide Web (WWW)**. Bankovní sektor začal postupně přijímat nové technologie zprostředkované internetem, což vedlo k plné integraci těchto služeb do podoby, jakou známe dnes. Rozvoj internetu také otevřel dveře novým platebním metodám nezávislých na vládním dohledu a prováděných mimo tradiční měnové systémy. Technologii **peer-to-peer (P2P)**¹, kterou jako jedna z prvních implementovala společnost *PayPal*, umožnila uskutečňovat anonymní platby přes internet.

Technologický pokrok dosáhl nové úrovně s nástupem **kryptoměn**, které se na rozdíl od platebních systémů typu *PayPal*, vyznačují nezávislostí na jakémkoli státním nebo soukromém subjektu.[15]

Zánik zlatého standardu a počátek globální nadvlády fiat měn

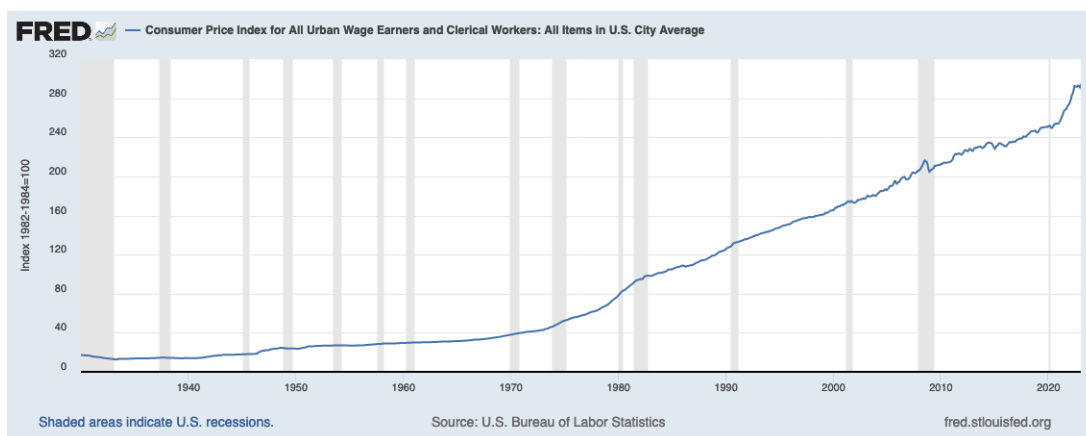
Zlatý standard byl historickým systémem měnového uspořádání, kde hodnota měny byla pevně vázána na určité množství zlata. Mezi lety 1918 a 1971 bylo možné směnit jeden dolar za 1/35 unce zlata. V případě zlatého standardu dolaru to znamenalo, že hodnota amerického dolaru byla přímou funkcí množství zlata, které bylo drženo v rezervách centrální banky. Historie zlatého standardu dolaru procházela několika fázemi od jeho vzniku v roce 1879.

Částečné zrušení zlatého standardu přišlo v roce 1933 v důsledku Velké hospodářské krize, kdy bylo soukromým osobám zakázáno vlastnit zlato, a vláda začala udržovat zlaté rezervy.

¹Síť peer-to-peer umožňuje přímou výměnu dat mezi účastníky bez centrální autority.

Další vývoj přinesl vznik **Bretton-Woodského** systému, který byl zaveden po druhé světové válce. Tento systém spojil ostatní světové měny s dolarem a dolar byl závazně spojen se zlatem. To umožnilo zemím udržovat své devizové rezervy v dolarech a měnit je na zlato.

Kvůli špatnému hospodaření americké vlády s dolarem se tento systém ukázal jako neudržitelný. Vytvářením nových dolarů docházelo k oslabování jeho kupní síly. To si začaly uvědomovat cizí vlády, které ve velkém začaly směňovat své dolarové rezervy za americké zlato, jehož hodnota byla v té době podstatně vyšší než hodnota dolaru stanovená konverzním poměrem. V roce 1971 se tehdejší prezident Richard Nixon rozhodl pozastavit možnost konvertovat dolar na zlato, což fakticky ukončilo Bretton-Woodský měnový systém, oficiálně ukončilo zlatý standard dolaru a založilo světový řád fiat měn.[17]



Obrázek 2.1: Graf zobrazuje růst inflace ve Spojených státech v období od roku 1930 do roku 2024. Je z něj patrný prudký nárůst inflace po roce 1971.³

Měnová inflace a tvorba nových peněz

Inflace je ekonomickým jevem charakterizovaným růstem cen zboží a služeb, což vede ke snížení kupní síly měny. Mírná inflace je často vnímána jako pozitivní fenomén, protože motivuje lidi k větší spotřebě tím, že snižuje reálnou hodnotu peněz uchovávaných na účtech v průběhu času. Tento zvýšený oběh peněz pak stimuluje ekonomickou aktivitu a přispívá k udržení nízké míry nezaměstnanosti. Na druhé straně, nadměrná inflace může významně snižovat hodnotu úspor a přispívat k růstu chudoby ve společnosti.[12]

Existují dvě převažující metody tvorby fiat peněz, zejména v jejich digitální (účetní) formě, které vlády využívají k získávání finančních prostředků pro státní rozpočet a stimulaci ekonomického růstu prostřednictvím mírného zvýšení inflace.

První metoda tvorby nových peněz probíhá v komerčních bankách prostřednictvím poskytování **úvěrů**. Když banka poskytne klientovi úvěr, na jeho účet účetně připiše odpovídající částku půjčených peněz. Tento proces představuje vytvoření nových peněz, které zůstávají v ekonomickém oběhu, dokud klient úvěr splatí. Po úplném splacení půjčené částky nově vytvořené peníze z oběhu zanikají. Banka pak profituje z úroků, které jsou splacenou sumou nad rámec původně půjčené částky.

³Obrázek byl pořízen z webové stránky [fred](https://fred.stlouisfed.org).

Centrální banka reguluje množství peněz vytvořených komerčními bankami prostřednictvím určování *repo sazby*⁴, *diskontní sazby*⁵ a *lombardní sazby*⁶. Tyto úrokové sazby určují podmínky, za kterých je pro banky výhodné poskytovat úvěry, což ovlivňuje jejich ochotu a schopnost půjčovat. Jako další nástroj regulace slouží nastavení míry *povinných minimálních rezerv*, která diktuje, jaký podíl z celkového objemu půjčených peněz musí banka držet ve formě likvidních aktiv.[10]

Druhou metodou, poprvé aplikovanou v Japonsku mezi lety 2001 a 2006 za účelem řešení dlouhotrvající deflace⁷, je **kvantitativní uvolňování**. Tento mechanismus spočívá v tom, že centrální banka nakupuje z trhu finanční aktiva, zejména státní dluhopisy a rizikové investiční instrumenty⁸. Při nákupu od soukromých subjektů tím banka přímo vytváří nové peníze. V případě, že nákupy probíhají od bank, jsou peníze účetně připsány na rezervní konta těchto bank u centrální banky, což přispívá k jejich oddlužení. Takto centrální banka nepřímou podporuje tvorbu peněz prostřednictvím první zmíněné metody.[11] [24]

Cantillonův efekt

Tento efekt, poprvé popsáný v 18. století Richardem Cantillonem, analyzuje dopad zvýšení peněžní zásoby na ekonomiku z různých perspektiv, přičemž klíčovým aspektem je způsob, jakým je toto zvýšení realizováno. Cantillon zvláště zdůrazňuje význam toho, kdo nové peníze získá jako první a jak plánuje tyto peníze využít. Tím se zabývá nerovnoměrným rozdělením a distribucí nově vytvořené měny v rámci společnosti.

První příjemci nových peněz těží z největší výhody, protože jejich výdaje teprve začínají způsobovat nerovnováhu na straně poptávky v konkrétním sektoru. Následující držitelé mohou v důsledku zvýšené poptávky navyšovat ceny svého zboží, aniž by se zvýšily jejich výrobní náklady, a následně distribuovat nové peníze do dalších sektorů. Tento cyklus distribuce se opakuje, dokud nově vytvořené peníze nedosáhnou koncových uživatelů. Ti čelí dopadům inflace, jež byla způsobena nově vytvořenými penězi, ještě než se tyto peníze dostanou k nim samotným.[19]

Definice vlastnosti peněz

Peníze mají pět důležitých vlastností, které je činí vhodným prostředkem směny. Tyto vlastnosti jsou klíčové pro plnění tří základních funkcí peněz v ekonomice: prostředek směny, uchovatel hodnoty a zúčtovací jednotka.

- **Dělitelnost:** Dělitelnost peněz je klíčová vlastnost, která umožňuje rozdělit peníze na menší jednotky. To je důležité pro usnadnění drobných transakcí a obchodování s různými hodnotami.
- **Durabilita:** Durabilita, neboli trvanlivost, označuje schopnost peněz odolávat opotřebení a udržovat svou hodnotu v průběhu času. Peníze musí být vytištěny nebo vyrobeny z materiálů odolných vůči fyzickému opotřebení.

⁴ČNB prodává bankám cenné papíry s úrokem daným repo sazbou s tím, že za dva týdny je od nich zase odkoupí zpět a cenu navýší o domluvený úrok. Také známý jako dvoutýdenní sazba.

⁵Lombardní sazba ČNB stanovuje, za jaký úrok si mohou banky půjčit peníze od ČNB.

⁶Diskontní sazba ČNB stanovuje, za jaký úrok si mohou banky uložit peníze u ČNB.

⁷Jev, při němž dochází k poklesu cenové hladiny, což se projevuje zápornou inflací.

⁸V Japonsku mezi lety 2001-2006 to byly především rizikové půjčky a v USA po roce 2008 rizikové hypoteční cenné papíry.

- **Ověřitelnost:** Ověřitelnost peněz souvisí s tím, jak snadno mohou být rozpoznány jako skutečné a legitimní. Bezpečnostní prvky, jako jsou vodoznaky nebo hologramy, mohou být použity k prevenci padělání.
- **Převoditelnost:** Převoditelnost znamená schopnost peněz být snadno přenosné z jednoho místa na druhé. Tato vlastnost umožňuje rychlé a efektivní uskutečňování transakcí a obchodování.
- **Vzácnost:** Vzácnost peněz je spojena s omezenou nabídkou. Peníze by měly být relativně vzácné, aby udržely svou hodnotu. Příliš velké množství peněz v oběhu může vést k inflaci a ztrátě hodnoty měny.

Pokud peníze začnou postrádat některou ze svých klíčových vlastností, způsobí to ztrátu důvěry společnosti. Peníze, které ztrácejí důvěru svých uživatelů, přestávají být penězi.[21]

Vlastnosti fiat peněz jako je dolar

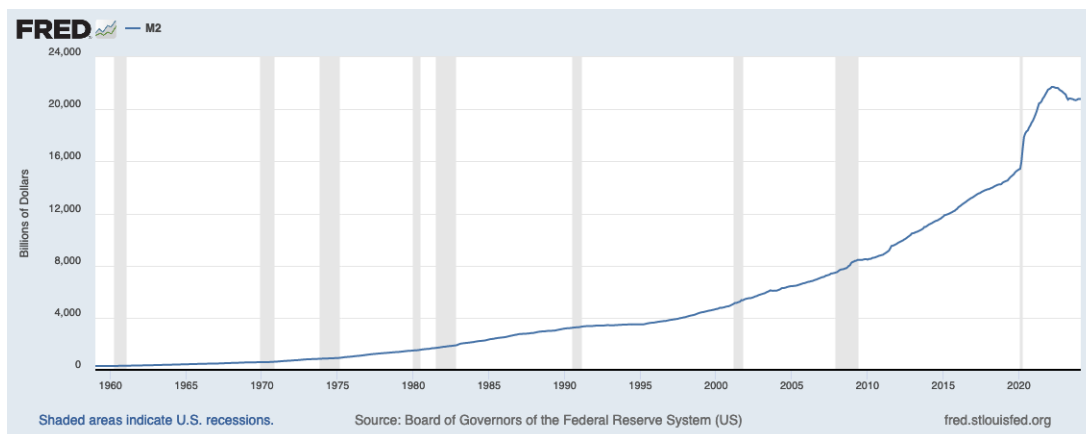
Dolar nabízí vysokou míru **dělitelnosti**, což umožňuje uživatelům provádět transakce s přesností na setiny, známé jako centy (*pennies*), nebo realizovat velké obchody pomocí bankovek v hodnotě až sta dolarů. V případě **opotřebení** bankovek, které jsou již samy o sobě poměrně odolné, je možné je snadno vyměnit za nové prostřednictvím vládních agentur. Dolar se také historicky osvědčil v odolnosti proti **padělání**, což dokládá i neúspěšný pokus zneprátených mocností během *Operace Bernhard*⁹. V digitální formě jako účetní jednotka jsou tyto vlastnosti dolaru ještě více zřetelné a naplněné.

Převoditelnost dolaru je úzce spojena s politickou a ekonomickou situací USA. To může komplikovat používání dolaru v obchodních transakcích se státy, které podléhají sankcím, nebo při obchodování v odvětvích s přísnou regulací.

Největší výzvou pro dolar je jeho **ztráta vzácnosti**, což je důsledek inflace. Analýzou dat z grafu 2.1 podle vzorce 2.1 vyplývá, že inflace dosáhla za posledních sto let 1676 %. Inflace lze chápat jako nepřímou reprezentaci ztráty kupní síly měny. Za tuto erosi hodnoty dolaru může především jeho nová excesivní emise, jak ilustruje graf 2.2. [21]

$$Inflace (\%) = \left(\frac{\text{Konečná referenční cena} - \text{Počáteční referenční cena}}{\text{Počáteční referenční cena}} \right) \times 100 \quad (2.1)$$

⁹Operace Bernhard byla rozsáhlá nacistická operace během druhé světové války, jejímž cílem bylo destabilizovat ekonomiku Spojenců paděláním britských liber a amerických dolarů. Zahájena v roce 1942, pod vedením Bernharda Krügera, představuje největší operaci padělání měn v historii.



Obrázek 2.2: Graf zobrazuje vývoj zásob snadno likvidních dolarových aktiv, od bankovek až po zůstatky na spořicíh účtech, v období od roku 1960 do současnosti.¹¹

2.2 Pochopení kryptoměn

Pojem *Bitcoin* je často zmiňován ve spojitosti se světem kryptoměn, neboť představuje jejich prvního zástupce. Jeho principy a technologie jsou základem pro všechny pozdější kryptoměny a zároveň se jedná o kryptoměnu s největší tržní kapitalizací¹². Z těchto důvodů bude vysvětlování fungování kryptoměn v této sekci založeno právě na Bitcoinu.

Je důležité rozlišovat mezi *Bitcoinem* s velkým „B“ a *bitcoinem* s malým „b“, neboť tyto dva pojmy mají odlišný význam. Pojem s velkým „B“ označuje celkový koncept měny, protokol nebo technologii, zatímco pojem s malým „b“ se vztahuje na jednotlivé peněžní jednotky používané v účetních transakcích. Toto pravidlo se bude vztahovat i na další dvě zmíněné kryptoměny.

V úvodu této sekce je popisována historie vzniku *Bitcoinu*, počínaje prvním představením konceptu kryptoměn v online článku až po realizaci první platby *bitcoinu*. V textu jsou dále objasněny tři základní kryptografické koncepty, které jsou esenciální pro fungování kryptoměn: asymetrická kryptografie, kryptografické hašování a digitální podpis.

Dále se vysvětluje technologický koncept *blockchainu*, který je ve veřejném diskurzu často chybně používán jako synonymum pro kryptoměny. Detailně se objasňuje, jakým způsobem funguje mechanismus *těžení* kryptoměn a jaký má vztah k transakcím.

Sekce dále uvádí další dvě významné kryptoměny: *Ethereum*, které přineslo do světa kryptoměn technologii *smart contract*, a *Tether*, který usnadňuje operace na kryptoměnových burzách díky své stabilní hodnotě. V závěru sekce se objasňuje, jak *bitcoin* naplňuje peněžní vlastnosti uvedené v sekci *Definice vlastnosti peněz* kapitoly 2.1.

Historie bitcoinu a kryptoměn

V roce 2008 se na internetu objevil článek s názvem „**Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System**“ publikovaný anonymním autorem známým pouze pod přezdívkou **Sa-**

¹¹Obrázek byl pořízen z webové stránky [fred](https://fred.stlouisfed.org/).

¹²Kapitalizace trhu u kryptoměn udává celkovou tržní hodnotu dané kryptoměny, což je vypočítáno vynásobením ceny jedné jednotky kryptoměny počtem všech jednotek v oběhu. Tento ukazatel pomáhá posoudit velikost a tržní sílu kryptoměny, přičemž vyšší kapitalizace obvykle značí větší stabilitu a vliv na trhu.

toshi Nakamoto. Článek popisuje fungování nové digitální měny, která není závislá na centrální autoritě, a je nazvaná *Bitcoin*. Předchozí návrhy se snažily o podobná řešení, ale žádný z nich nevyřešil dva zásadní problémy: *double-spending problem*¹³ a *byzantine generals problem*¹⁴. Řešení těchto problémů bylo elegantně popsáno v tomto článku.

Následující rok byl prostřednictvím *open-source* software představen *Bitcoinový Client*, který umožňoval plné fungování měny. Právě Satoshi Nakamoto obdržel 9. ledna 2009 prvních 50 *bitcoinů* jako odměnu za vytěžení prvního bloku, nazývaného „**genesis block**“.

Hal Finney, softwarový vývojář ze Silicon Valley, se stal prvním účastníkem testovací *Bitcoinové* transakce, když mu na jeho účet přišlo 10 *bitcoinů* od Satoshiho. V počátcích se hodnota *bitcoinu* odvíjela pouze od speculativního vyjednávání mezi držiteli. Například první komerční platba 10 000 *bitcoinů* byla provedena za dvě pizzy z podniku Papa Johns. Postupem času začal *Bitcoin* růst na popularitě, jeho hodnota se začala ustanovovat trhem a platby v *bitcoinech* začaly přijímat první organizace jako například Wikileaks pro své příspěvky. Již v roce 2012 přijímalo platby v *bitcoinech* přes tisíc podniků. V roce 2013 byl ve městě Vancouver otevřen první bankomat, kde si bylo možné směnit peníze za *bitcoiny* a naopak. [4]

Kryptografie kryptoměn

Kryptografie je nedílnou součástí světa kryptoměn. Není tomu však ve smyslu, že by obsah transakcí byl zašifrován a jen pár jedinců by k němu mělo přístup. Jedná se spíše o sadu technik, které udávají pravost právě čitelného textu.

Asymetrická kryptografie

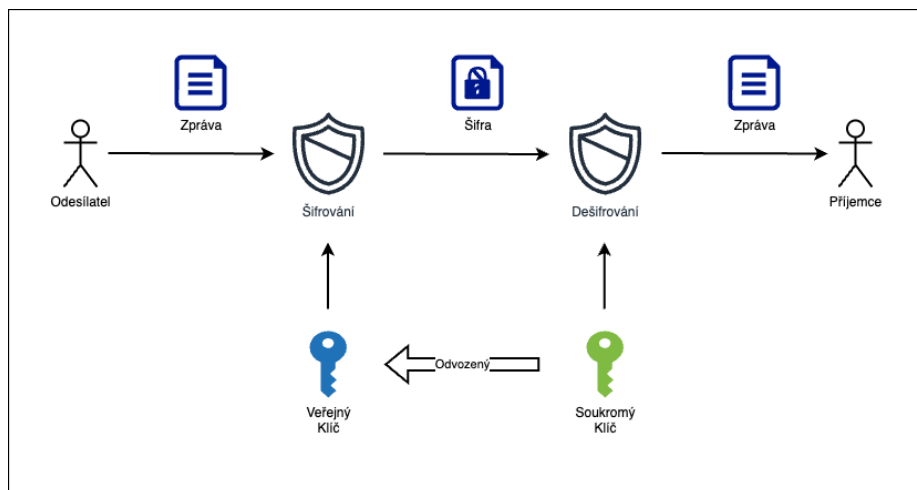
Používají se zde dva typy klíčů, na rozdíl od symetrické kryptografie, kde je použit jeden univerzální klíč pro šifrování i dešifrování. Asymetrická kryptografie využívá pár klíčů, které jsou matematicky propojeny: **soukromý klíč** pro dešifrování a **veřejný klíč** pro šifrování. Veřejný klíč je odvozen ze soukromého klíče použitím specifického matematického algoritmu, jehož charakteristika je taková, že je extrémně obtížné, prakticky nemožné, vypočítat původní soukromý klíč z veřejného klíče. Tato jednostranná matematická operace zajišťuje bezpečnost asymetrického šifrování.

Princip asymetrické kryptografie umožňuje bezpečné přenášení dat prostřednictvím veřejných sítí. Příjemce zveřejní svůj veřejný klíč, což umožňuje odesílateli šifrovat citlivé informace tímto klíčem. Tyto šifrované údaje lze poté bezpečně odeslat přes veřejnou síť. Jediným, kdo může údaje dešifrovat a získat jejich původní podobu, je držitel odpovídajícího soukromého klíče, tedy příjemce.

V rámci Bitcoinu si uživatel jako soukromý klíč generuje náhodné číslo, které spadá do intervalu $sk \in 0, 1, \dots, 2^{256} - 1$. Z tohoto soukromého klíče je následně odvozen veřejný klíč pomocí algoritmu *Elliptic Curve Digital Signature Algorithm* (ECDSA). Z veřejného klíče je poté pomocí dalšího algoritmického procesu vytvořena veřejná adresa, která analogicky funguje jako bankovní účet. Tato veřejná adresa umožňuje uživatelům zjistit dostupný zůstatek bitcoinů a provádět nebo přijímat platby z jiných adres. [14]

¹³Double-spending problem je výzva v digitálních měnách, kde uživatel může stejnou digitální minci utratit více než jednou, což je závažný problém pro systémy bez centralizovaného dohledu jako jsou kryptoměny.

¹⁴Byzantine Generals Problem popisuje situaci v distribuovaných systémech, kde musí účastníci dosáhnout konsensu i přesto, že někteří z nich mohou být nespolehliví nebo zrádci.



Obrázek 2.3: Diagram asymetrické kryptografie. Vytvořený podle předlohy z knihy [14].

Kryptografické hašování

Hašování představuje skupinu matematických algoritmů, které transformují vstupní data do výstupního formátu, známého jako **hash**. Tento hash slouží jako kompaktní reprezentace původních dat s konstantní délkou, což značně zjednodušuje jejich ukládání a ověřování. Díky své malé velikosti a deterministické povaze jsou hash hodnoty efektivním nástrojem pro potvrzení integrity vstupních dat.

Deterministická povaha hašovací funkce zaručuje, že stejné vstupní data vždy vygenerují identický hash. Významnou charakteristikou těchto funkcí je snadné a rychlé generování hash z vstupních dat, zatímco zpětné určení původních dat z hash hodnoty vyžaduje použití metod *brute force*¹⁵. Tyto hašovací funkce jsou proto označovány jako „trapdoor functions“ (funkce s jednosměrným průchodem).

Kryptografické hašovací funkce přidávají jednu klíčovou vlastnost, kdy i minimální změna vstupu vede k výrazně odlišnému výsledku hashe. Tato vlastnost zajišťuje, že je prakticky nemožné najít dva různé vstupy, které by vygenerovaly stejný hash, což je zásadní rozdíl oproti běžným hašovacím funkcím.

Bitcoin používá kryptografickou hashovací funkci *Secure Hash Algorithm 256* (SHA-256). Zajišťuje zde identifikaci transakcí, ověřitelnost správnosti dat, konzistenci a proces souběžného zapisování do decentralizované databáze. [14]

Digitální podpis

Podobně jako tradiční ruční podpis symbolizuje souhlas jeho vlastníka, *digitální podpis* poskytuje jednoznačnou identifikaci a souhlas autora v digitálním prostředí. Významným rozdílem oproti fyzickému podpisu je, že digitální podpis je unikátně spojen s konkrétními daty, což znemožňuje jeho replikaci a zneužití pro ověření odlišných dat. Tato charakteristika činí digitální podpis spolehlivým nástrojem pro autentizaci v online prostředí.

Při aplikaci procesu *asymetrické kryptografie* v opačném směru dostaneme základní princip, na kterém je založen digitální podpis. Pro ilustraci, necht' zpráva představuje transakci.

¹⁵V kontextu informačních technologií se výraz *brute force* označuje přístup k řešení problémů, který spočívá v systematickém procházení všech možných řešení nebo klíčů až do nalezení správného.

Autor ji zašifruje svým soukromým klíčem, který je spjat s jeho veřejnou adresou se zůstatkem bitcoinů, čímž vytvoří **digitální podpis**. Tento podpis spolu s původní zprávou je poté zveřejněn na veřejné síti. Každý uživatel může ověřit pravost zprávy dešifrováním digitálního podpisu pomocí veřejného klíče příslušející adresy. Pokud dešifrování odhalí původní text zprávy, lze považovat zprávu za validní.

Digitální podpis nijak neredukuje velikost dat zprávy. Je tak často využíván ve spojitosti s *hashováním*, kdy je podepisován až výsledný *hash* zprávy. [14]

$$\text{Hash}(\text{Zpráva}) + \text{Soukromý klíč} \rightarrow \text{Digitální podpis}$$

$$\text{Hash}(\text{Zpráva}) + \text{Veřejný klíč} + \text{Digitální podpis} \rightarrow \text{Validní/Nevalidní}$$

Technologie blockchainu jakožto veřejná databáze účetních knih

Blockchain je veřejně dostupná databáze, která zaznamenává všechny transakce prováděné s nativní měnou, známou jako *token*. Tyto transakce jsou časově organizovány do jednotek zvaných *bloky*. Tyto bloky jsou chronologicky řetězeny do dlouhé posloupnosti, což vedlo k pojmenování celého systému jako „Blockchain“. Každý blok, kromě prvního v řetězci, obsahuje kryptografický odkaz na předchozí blok a *hash* jeho obsahu, což zaručuje neporušenost a verifikovatelnost záznamů.

Tato technologie přináší unikátní vlastnost decentralizace, neboť data nejsou uložena na jednom místě, ale jsou distribuována mezi nespočetné množství uzlů nebo správců po celém světě. Tito správci, nebo také *těžaři*, udržují identickou kopii celé databáze synchronizovanou díky dodržování pevně stanoveného *protokolu*. Tento protokol definuje pravidla pro vytváření nových bloků a zajišťuje, že všechny kopie blockchainu jsou konzistentní.

Klíčovým prvkem, který zajišťuje bezpečnost a důvěryhodnost blockchainu, je technologie **peer-to-peer (P2P)**. P2P umožňuje komunikaci mezi jednotlivými uzly systému bez potřeby centrální autority, což zvyšuje odolnost sítě proti útokům a manipulaci. Díky této vlastnosti mohou uživatelé provádět transakce přímo mezi sebou, což snižuje transakční náklady a zvyšuje transparentnost všech finančních operací. [14] [20]

Těžba bloků a transakce s tokeny

Těžba kryptoměn je proces ověřování transakcí a jejich přidávání do digitální účetní knihy *blockchain*. Před samotným začátkem těžby musí být každá transakce v síti kryptoměny řádně ověřena a autorizována. To se děje pomocí digitálních podpisů, kde každá transakce musí být podepsána soukromým klíčem, který patří k adrese, z níž se transakce odesílá. Tento mechanismus zajišťuje, že transakce byla iniciálně autorizována majitelem adresy, a zabraňuje tak neoprávněným pokusům o manipulaci s transakcemi.

Jakmile je transakce podepsána a odeslána do sítě, je potřeba ji zahrnout do *blockchainu*. To se děje v rámci těžebního procesu, kde těžaři přebírají veškeré nepotvrzené transakce a začleňují je do nových bloků. Každý nový blok musí obsahovat platné transakce spolu s odkazem na předchozí blok v řetězci, což zajišťuje kontinuitu a integritu celého *blockchainu*.

Těžaři ověřují transakce, seskupují je do bloků a řeší kryptografické hádanky známé jako **Proof of Work (PoW)**, aby mohli bloky přidat do blockchainu. První těžař, který úlohu vyřeší a blok přidá, získává transakční poplatky a nově vytěžené mince jako odměnu. Tento odměnový systém funguje jako ekonomická inflace tím, že postupně zavádí novou měnu do oběhu.

Bezpečnost blockchainu je zajištěna PoW, který činí jakékoli neautorizované změny výpočetně náročnými a prakticky nemožnými. Například v *Bitcoinu* musí těžař najít *hash*, který odpovídá specifickým požadavkům, jako je určitý počet nul na začátku. Tento *hash* je generován z dat obsahujících *hash* předchozího bloku, nové transakce a náhodný alfanumerický kód, který se mění, dokud není správný *hash* nalezen. [20]

Ethereum, decentralizovaná výpočetní platforma

Ethereum bylo vytvořeno s cílem umožnit vývoj a spuštění decentralizovaných aplikací, známých jako *smart kontrakty*, na své síti. Na rozdíl od *Bitcoinu*, jehož hlavním účelem je sloužit jako digitální měna, *Ethereum* funguje především jako univerzální platforma pro vytváření decentralizovaných služeb.

Uživatelé, kteří chtějí na *Ethereu* provést transakci nebo spustit jakýkoli kód, musí za každý krok nebo operaci v síti platit poplatek uzlu, který tuto operaci zpracovává. Tento poplatek je známý jako "gas" a měří se v miliardtinách *etheru*, nazývaných *wei*.

Díky možnosti vytvářet vlastní digitální aktiva, nazývaná *tokeny ERC-20*¹⁶, skrze *smart kontrakty*, nabízí *Ethereum* širokou škálu aplikací. Pravidla pro tyto tokeny, včetně množství a způsobu jejich vytváření, jsou stanovena v těchto kontraktech. Tokeny na *Ethereu* mohou představovat různé hodnoty, od kryptoměn, přes akcie, až po digitální umění. [1]

Tether, kryptoměnová obdoba dolaru

Tether, známý také pod symbolem USDT, je typ kryptoměny známý jako *stablecoin*, jehož hodnota je přímo navázána na americký dolar. Jeho cílem je kombinovat neomezené možnosti *blockchainu* s tradiční měnovou stabilitou. Každý *tether* je teoreticky podložen jedním odpovídajícím americkým dolarem, což je tvrzení společnosti **Tether Limited**, která *tether* vydává a drží odpovídající množství dolarových rezerv. Na rozdíl od tradičních kryptoměn, které mohou být velmi volatilní, *Tether* slouží jako digitální ekvivalent dolaru na kryptoměnových trzích.

Uživatelé používají *Tether* především k vyhnutí se extrémním cenovým fluktuacím, které jsou běžné u jiných kryptoměn. Při obchodování na kryptoměnových burzách lze *tether* rychle směnit za jiné kryptoměny a naopak, což umožňuje obchodníkům rychle reagovat na tržní změny bez nutnosti převádět své prostředky zpět do fiat měn. Tímto způsobem funguje *Tether* jako most mezi tradičními měnami a kryptoměnami, což usnadňuje obchodování, snižuje transakční poplatky a zrychluje procesy. [22]

Vlastnosti peněz a bitcoin

Platby v *bitcoinech* lze provádět až na úrovni jedné miliardtiny jeho nominální hodnoty. Tyto zlomky *bitcoinu* se nazývají *satoshi*. Kdyby byly všechny dnešní fiat peníze převedeny na bitcoiny, hodnota jednoho *satoshi* by se pohybovala v úrovni jednotek centů.

Zápis o *Bitcoinových* transakcích je uchovávan v nepřeborném množství identických databází po celém světě, což znamená, že jeho zánik by byl možný prakticky jen ztrátou nebo zapomením primárního klíče spojeného s veřejnou adresou, na které je držen.

Ověření *bitcoinového* zůstatku na veřejné adrese závisí na potvrzení transakcí většinou výkonem uzlů, které se řídí jednotným protokolem. Aby někdo mohl zfalšovat transakci, musel by na dlouhou dobu ovládat většinový výpočetní výkon v těžebním procesu. Tento

¹⁶ERC-20 (Ethereum Request for Comments 20) je technický standard popisující pravidla pro fungování tokenů na platformě Ethereum.

výkon je rozprostřen mezi nepřeborné množství férových uzlů, motivovaných ziskem z nově vytěžených *bitcoinů* a transakčních poplatků.

Pokud jste připojeni k síti *internet*, máte potřebný *software* a znáte primární klíč ke své veřejné adrese, můžete převádět *bitcoiny* jakémukoli jedinci či organizaci. Hlavním problémem převoditelnosti *Bitcoinu* je, že se jedná o čistě digitální měnu. Jedinci bez potřebných technologií nebo přístupu k síti *internet* ji nemohou využívat.

V dnešní době lze *Bitcoin* považovat za inflační měnu, ale jeho inflace se každých pár let snižuje. Očekává se, že kolem roku 2140 bude vytěžen poslední *bitcoin*, s pořadovým číslem 21 milionů. Poté se bude jednat spíše o mírně deflační měnu z důvodů ztrát primárních klíčů od veřejných adres, kde jsou *bitcoiny* drženy. [21]

2.3 Obchodování na kryptoměnové burze

Kryptoměnová burza je digitální tržiště, které umožňuje nákup a prodej kryptoměn. Uživatelé zde zadávají objednávky s vlastními cenami a burza pak vyhledává odpovídající protistrany pro realizaci těchto obchodů.

V úvodu této sekce jsou rozděleny styly obchodování na základě jejich doby držení obchodních pozic. Dále jsou představeny typy objednávek, které lze na burzách zadávat. Jsou zde definovány dvě základních kategorie objednávek podle toho, jaký mají vliv na likviditu na burze. Pokračuje se uvedením příkladů jednotlivých typů objednávek.

Další část textu se věnuje dvěma základním typům analýz využívaných obchodníky při formulaci obchodních strategií. V rámci technické analýzy jsou zde definovány tři její základní předpoklady a je popsáno její využití pro odhad budoucího vývoje cen. Jsou zde také představeny základní indikátory technické analýzy, které budou využívány obchodním systémem.

Sekce je zakončena představením fundamentální analýzy a popisuje se, jak lze její principy aplikovat ve světě kryptoměn.

Obchodní styly

Svět investic se dělí na aktivní a pasivní investování. Aktivní investoři se soustředí na krátkodobé nákupy či spekulace s vidinou rychlého zisku. Rozhodování o nákupu či prodeji aktiva většinou nepředchází dlouhodobé plánování. Spoléhají se přitom především na metody jako je technická analýza. Zatímco pasivnímu investování předchází dlouhodobější výzkum o aktivu. Strategie nevěnuje větší pozornost kupní pozici a dbá především na dlouhodobé držení pozice s očekávaným růstem do budoucna. Tito investoři přitom upřednostňují metody jako je fundamentální analýza.

Dále budou popsány čtyři hlavní typy obchodování podle jejich časového horizontu, vycházející z článku [26].

Scalping

Tato technika je nejrychlejší způsob, jakým obchodníci vydělávají na malých cenových pohybech obchodovaných aktiv. Obchodní pozice jsou drženy v intervalu desítek minut až desítek hodin. Důležitý faktor zde hrají poplatky spojené s uzavíráním pozic, jako jsou transakční poplatky za otevření a uzavření obchodní pozice a poplatek vypočítán jako rozdíl mezi kupní a prodejní cenou aktiva, známý jako *spread*. Jelikož výnosy daných obchodů jsou marginální ku obchodované sumě, tak zde poplatky často činí rozdíl mezi výnosným

nebo ztrátovým obchodem. Úspěšný investor se musí disciplinovaně držet své předem dané obchodní strategie a činit rychlá a přesná rozhodnutí. Styl není vhodný pro začínající obchodníky.

Day trading

U denního obchodování jsou aktiva kupována a zase prodána během jednoho dne. Obchodník využívá specifčnosti pohybu cen od ranního otevření burzy po její večerní uzavření. Vyhýbá se tak možným poplatkům za držení pozice přes noc u obchodování přes páku nebo vyšší cenové fluktuace, která může nastat při ranním otevření burzy.

Swing trading

Přechodová forma mezi aktivním a pasivním obchodování zakládající se na znalostech jak technické, tak i fundamentální analýzy. V rámci swing tradingu se obchodní pozice typicky udržují po dobu trvající od několika dnů až po několik týdnů. Vstupování a vystupování z obchodních pozic se zpravidla odvíjí od grafů nabídky a poptávky. Na základech principů fundamentální analýzy se určuje výběr obchodovaného aktiva a časový interval, kdy je vhodné opustit obchodní pozici.

Position trading

U tohoto přístupu obchodování investoři drží své pozice v dlouhodobějším časovém horizontu. Může se jednat o měsíce, léta, či celá desetiletí. Cílem investora je zde najít a nakoupit podhodnocená aktiva, která mají potenciál dlouhodobého tržního růstu. Pozice se může uzavírat například na základě analýzy naplnění hodnoty aktiva, nebo při neočekávaných událostech, po kterých se očekává strmý a dlouhodobý pokles hodnoty aktiva. Investoři využívají fundamentální analýzu a současně sledují zprávy, které mohou naznačovat blížící se krizi ovlivňující hodnotu jejich aktiv.

Typy burzovních objednávek

Všechny typy burz mají jeden hlavní úkol, a to uskutečnit obchod mezi prodejci a kupci. K tomuto jim dopomáhá mechanismus objednávek, které jsou zadávány obchodníky.

Dále budou vysvětleny dva druhy objednávek, dle toho jestli zvyšují nebo naopak snižují likviditu¹⁷ trhu podle článku [2]. Následovat budou specifické typy objednávek, které mohou být využívány systémem podle článku [18].

Maker

Tyto objednávky zvyšují likviditu trh. Nejsou okamžitě vyplněny, ale místo toho jsou umístěny na **order book** (knihu objednávek). Například pokud zadáte prodejní příkaz za cenu vyšší než aktuální tržní cena, nebo nákupní příkaz za nižší cenu, vaše objednávka čeká na shodu s protějškem. Jste „tvůrcem“ trhu. Jelikož tyto nabídky tvoří likviditu trhu, která napomáhá burzám uzavírat více obchodů, jsou spojené s menšími poplatky.

¹⁷Likvidita v kontextu finančních trhů se obvykle vztahuje na schopnost rychle prodat nebo nakoupit aktivum bez významného ovlivnění jeho ceny. Vyšší likvidita znamená, že existuje dostatečný objem obchodů, který umožňuje snadné a rychlé transakce.

Taker

Tyto objednávky snižují likviditu trhu tím, že se okamžitě spárují s existujícími objednávkami v knize. Například pokud zadáte nákupní příkaz za aktuální tržní cenu a ten se spáruje s již existující prodejní objednávkou, jste „spotřebitelem“ této nabídky. Jelikož tyto nabídky spotřebovávají likviditu trhu, burzy se snaží odradit své uživatele od jejich nadměrného užívání vyššími poplatky.

Market

Jedná se o příkaz na okamžité uskutečnění obchodu za co nejlepší navrhovanou cenu. Broker zde vyhledává jednu nebo skupinu objednávek v *knize objednávek*, které jsou schopny uskutečnit zadanou objednávku za co nejlepší kurz. Je-li více takových objednávek uskutečněno naráz, vykonávají se postupně podle pořadí zadání. To znamená, že obchod nemusí být uzavřen za kurz, při kterém byl stanoven.

Nakupující zadá market objednávku na nákup 1000 bitcoinů při kurzu 0,2. V knize objednávek jsou přítomny dvě nabídky. První s nejvýhodnějším poměrem na 500 bitcoinů, která určuje daný kurz, naplní polovinu objednávky. Druhá též na 500 bitcoinů ale již s poměrem 0,22, naplní druhou polovinu objednávky.

Limit

Obchodník si sám stanoví kurz, za který má být obchod proveden. Broker tuto objednávku zapíše do *knihy objednávek*. Pokud se najde protinabídka, která odpovídá stanovenému kurzu nebo je pro zadavatele výhodnější, obchod je uskutečněn. Nicméně může nastat situace, kdy se trh vyvine opačně, než obchodník předpovídal, a objednávka pak nemusí být nikdy realizována. Z tohoto důvodu je dobrou praxí používat dva následující typy ochranných opatření proti velkým ztrátám.

Stop-Loss

I úspěšný obchodník provádí obchody, které končí ztrátou. Jeden z faktorů, který ho odlišuje od neúspěšného obchodníka, je minimalizace ztrát. Za tímto účelem se používá tento typ objednávky. Obchodník nastavuje *stop* objednávku na kurz, který pro něj bude ztrátový. Činí tak, aby ochránil větší část svého kapitálu pro případ vzniku nepříznivého trendu¹⁸. Protne-li reálný kurz hranici stanovenou objednávkou, objednávka se změnila na *market* objednávku. Je zde důležité myslet i na ojedinělé výkyvy cen a nastavovat objednávku s rozvahou.

Stop-Limit

U tohoto typu objednávky obchodník nastavuje dvě cenové relace. *Stop* hranici, kdy se objednávka změnila na *market* (stejný mechanismus, který je vysvětlen výše) a hranici *limit*, ležící dále za hranicí *stop*. Protne-li kurz hranici *limit*, objednávka na minimalizaci ztráty se ruší a obchodník dále drží svou pozici, dokud se kurz nevrátí zpátky pod stanovenou hranici *limit*. Tento přístup obchodník využívá, když má důvodné přesvědčení o tom, že hodnota daného aktiva dosáhla svého minimálního bodu a měla by se opět zvýšit.

¹⁸Nepříznivý trend ve finančních trzích označuje období, kdy tržní ceny aktiv klesají nebo jsou očekávány klesající tendence.

Technická analýza

Na přelomu 19. a 20. století položil Charles Dow základy technické analýzy. Tento postup umožňuje obchodníkům předpovídat budoucí cenové pohyby aktiv výlučně na základě historických obchodních dat. Data jako jsou cenové hladiny, objem obchodů, a poměry nabídky a poptávky jsou zaznamenávána do grafů, které následně slouží k predikci budoucího vývoje cen. Na rozdíl od fundamentální analýzy, technická analýza vychází z předpokladu, že cena aktiva již odráží všechny veřejně dostupné informace o její hodnotě a zaměřuje se primárně na statistickou analýzu cenových trendů. Sekce pokračuje výčtem tří základních pilířů, na kterých technická analýza stojí.

1. **Trh zohledňuje vše:** Tržní cena aktiva odráží všechny aspekty reálného světa, které souvisí s aktivem, a které jsou veřejně známé. Patří sem například mikro a makroekonomické ukazatele, ekonomické a politické vztahy a psychologie trhu. Toto hledisko je v souladu s *hypotézou efektivních trhů*¹⁹
2. **Pohyb cen v trendu:** Zdá-li se být cenový pohyb na trhu chaotický, je předpoklad, že se pohybuje v trendech (vzestupný, sestupný, horizontální). Blížící se změnu trendu může předcházet určitý signál.
3. **Historie se opakuje:** Existuje předpoklad, že historické vzory vývoje cen se můžou v jisté podobě opakovat v budoucnu. Toto činění bývá připisováno psychologii trhu. Tedy jisté události na trhu v obchodnících vyvolávají emoce jako je vzrušení nebo strach, které ovlivňují jejich rozhodování.

Pro určování signálů, které předpovídají změnu trendu, se využívají technické indikátory. V rámci trhu se rozlišují vzestupné (*býčí*) a sestupné (*medvědí*) trendy. Data o pohybu ceny jsou rozdělena do ekvivalentních časových intervalů, přičemž každý interval obsahuje základní soubor dat používaných pro výpočet indikátorů. Tato data se zkráceně označují jako **OHLCV**, což znamená: Otevírací cena (*Open*), Nejvyšší cena (*High*), Nejnižší cena (*Low*), Zavírací cena (*Close*) a Objem aktiva (*Volume*), který byl v daném intervalu obchodován.

Kromě matematických indikátorů, které poskytují kvantitativní analýzu trhu, se v technické analýze často využívají také vzory, které mohou naznačovat potenciální změny v cenových trendech. Tyto vzory se objevují na cenových grafech a mohou mít různé formy, jako jsou například "hlava a ramena", "dvojitě dno" nebo "vlajky". Identifikace těchto vzorů umožňuje lépe předvídat změnu trendu. [16] [9]

Základní indikátory technické analýzy

Zde je uveden základní přehled technických indikátorů, které jsou využity implementovaným systémem. U každého indikátoru je uvedena matematická formulace pro jeho výpočet.

Simple Moving Average a Exponential Moving Average

Jednoduchý klouzavý průměr (SMA), je vypočítán jako aritmetický průměr cen *close* za určitý počet zvolených intervalů. Na druhou stranu, **exponenciální klouzavý průměr**

¹⁹Hypotéza efektivních trhů (EMH) je teorie, která tvrdí, že ceny na trzích odrážejí všechny dostupné informace. Tato hypotéza předpokládá, že dosahování nadprůměrných zisků na základě veřejně dostupných informací je téměř nemožné.

(**EMA**), uplatňuje vyhlazovací faktor (*SF*), který dává větší váhu nedávným cenám, umožňující tak rychlejší adaptaci na změny cenového vývoje. Obě tyto metody hledají průměrnou hodnotu, kolem které se očekává pohyb ceny. [8]

$$SMA = \frac{Close_1 + Close_2 + \dots + Close_n}{n} \quad (2.2)$$

$$EMA_i = (Close_i \times SF) + (EMA_{i-1} \times (1 - SF)) \quad (2.3)$$

Bollinger Bands

Bollingerova pásma, jsou technickým indikátorem, který byl vyvinut Johnem Bollingerem v 80. letech 20. století, skládající se ze tří čar: středního pásma, které obvykle představuje SMA za určitý počet intervalů, a dvou vnějších pásů, které jsou umístěny nad a pod středním pásmem.

Horní a dolní pásma jsou odvozena z odchylek cen od tohoto průměru, přičtením a odečtením dvojnásobku standardní odchylky od středního pásma. Tato pásma se rozšiřují při vyšší volatilitě a zužují se, když je volatilita nízká. Tento fenomén lze využít k určení potenciálních bodů pro nákup nebo prodej, když ceny prorazí tato pásma. [23]

$$Upper\ Band = SMA_n + 2(Standard\ Deviation(Close)_n) \quad (2.4)$$

$$Lower\ Band = SMA_n - 2(Standard\ Deviation(Close)_n) \quad (2.5)$$

Relative Strength Index

Index relativní síly (RSI) je populární oscilátor používaný v technické analýze k identifikaci překoupených a přeprodaných tržních podmínek. Tento indikátor byl vyvinut J. Welles Wilderem v roce 1978 a měří rychlost a změny cenových pohybů. RSI osciluje mezi 0 a 100.

RSI porovnává průměrné zisky a ztráty za specifikované období, což investičním analytikům umožňuje určit, zda je aktivum vzhledem k jeho historické cenové výkonnosti aktuálně překoupené nebo přeprodané. [5]

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (2.6)$$

$$RS = \frac{(Average\ Gain)_n}{(Average\ Loss)_n} \quad (2.7)$$

Volume-Weighted Average Price

Objemově vážená průměrná cena (VWAP) ukazuje průměrnou cenu aktiva váženou podle objemu obchodů. Tento indikátor používá kombinaci ceny a objemu každého obchodu k výpočtu hodnoty, která odráží skutečný dopad každého obchodu na tržní cenu. Když je velký objem aktiv obchodován za určitou cenu, má tato cena větší vliv na VWAP, než obchody s menším objemem. Tímto způsobem VWAP poskytuje hlubší vhled do toho, jak obchodní aktivity ovlivňují tržní hodnotu. [6]

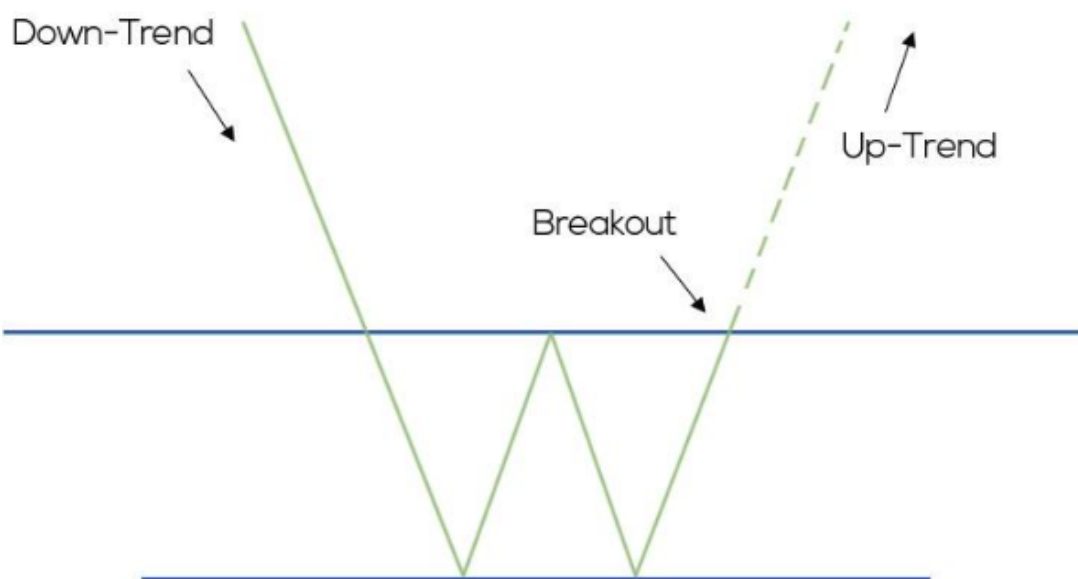
$$VWAP = \frac{\sum(Cena \times Objem)}{\sum Objem} \quad (2.8)$$

Double Bottom

Vzor dvojitého dna je zde první zmíněný technický indikátor grafické formace. Předpovídá změnu trendu z klesajícího na stoupající. Tento vzor se vyznačuje poklesem hodnoty kurzu, následovaným odrazem vzhůru, dalším poklesem na úroveň srovnatelnou s prvním minimem a posledním odrazem, který může signalizovat začátek nového býčího trendu.

Dvě zmíněná minima v tomto vzoru slouží jako opory, pod které by hodnota kurzu neměla klesnout. Pokud je druhé minimum vyšší než první, považuje se tato formace za silnější signalizační nástroj. Obchodníci často využívají rozdíl mezi minimy a maximem, které se nachází mezi nimi, jako cílovou hodnotu pro optimalizaci svého obchodního výnosu.

Na obrázku 2.4 je vidět charakteristické písmeno „W“, které je typické pro tento vzor. [3]



Obrázek 2.4: Obrázek ilustrující **Vzor dvojitého dna**.²⁰

Fundamentální analýza

Pro základní porozumění tématu je princip vysvětlen na procesu výběru akcií společnosti ke koupi.

Jako fundamentální analytici se ujímáme role vyšetřovatele, přičemž zkoumáme všechny klíčové aspekty aktiva, které plánujeme spekulovat. Naším cílem je identifikovat hodnotu aktiva, posoudit jeho tržní cenu, potenciální rizika a možnosti růstu na trhu. Pokud je aktivum podhodnoceno s přijatelnými riziky a vysokým potenciálem růstu, je to považováno za vhodnou investici. Je však nezbytné průběžně revidovat důvody pro držení investice a v případě nepříznivých změn zvážit uzavření pozice.

Začátek analytického procesu fundamentálního vyšetřování spočívá ve vyhodnocení veřejně dostupných finančních výkazů společnosti. Tato fáze vyžaduje, aby analytik postupoval s důkladností účetního experta. Klíčové je posouzení současné finanční situace spo-

²⁰Obrázek byl pořízen z webové stránky www.thinkmarkets.com.

lečnosti, včetně její ziskovosti, udržitelnosti výdajů, tempa růstu a dostupnosti finančních rezerv pro zvládnání potenciálních ekonomických výkyvů.

Analýza dále zahrnuje srovnání s konkurenčními společnostmi. Zjišťuje se, zda konkurence vyrábí produkty nebo poskytuje služby efektivněji, za nižší náklady a s lepší cenou. Důležitá je také evaluace managementu, reputace společnosti a historie skandálů. Praktická část může zahrnovat terénní výzkum, jako je sledování provozu na pobočkách společnosti, což poskytuje představu o potenciálních příjmech a výkonnosti firmy.

Podstatným prvkem analýzy je také zkoumání obchodního prostředí společnosti, včetně výkonnosti sektoru, ve kterém působí. Dále se posuzují politické a ekonomické faktory v zemích, kde společnost provozuje výrobu. Významným aspektem je také závislost na klíčových surovinách. Je důležité si uvědomit, že kontext a specifika aktiv mohou mít různý dopad na různé společnosti. [13]

Fundamentální analýza ve světě kryptoměn

Existuje nepřehledné množství pohledů, ze kterých lze analyzovat kryptoměny. Zde je uveden stručný výčet těch nejzákladnějších příkladů z podkladu článku [25].

- **Posouzení *white paperu*²¹:** Zásadní pro hodnocení kryptoměny je detailní analýza jejího *white paperu*, který by měl objektivně a technicky popisovat účely a cíle jejího vzniku. Kvalitní *white paper* by měl jasně specifikovat funkce kryptoměny a řešené problémy, což je klíčové pro posouzení její hodnoty a potenciálu.
- **Poznání jejich tvůrců:** Vývojový tým stojící za kryptoměnou hraje klíčovou roli v jejím budoucím úspěchu. Podrobná analýza zkušeností a kvalifikací těchto odborníků je nezbytná pro predikci dlouhodobé životaschopnosti a technické stability kryptoměny. Taková analýza může pomoci identifikovat projekty s nižším rizikem technických problémů a s vyšším potenciálem udržitelného růstu.
- **Poznání komunity uživatelů:** Hodnota kryptoměn je významně ovlivněna jejich uživatelskou komunitou. Aktivní zapojení do diskuzí a analýza názorů uživatelů poskytují důležitý vhled do dlouhodobé udržitelnosti a potenciálu kryptoměny. Tato analýza může odhalit, zda je zájem o kryptoměnu motivován reálným užitím a inovací, nebo zda jde pouze o dočasný fenomén tzv. „hype“.
- **Studium *tokenomiky*²²:** Studium tokenomiky je klíčové pro pochopení distribuce a oběhu tokenů dané kryptoměny. Tokenomika zkoumá celkovou nabídku tokenů na trhu, množství dosud nevytěžených tokenů, metodiku jejich počáteční distribuce a koncentraci vlastnictví. Tento pohled odhaluje, zda většinu tokenů kontroluje omezený počet subjektů, což může mít vliv na tržní dynamiku a stabilitu kryptoměny.

2.4 Rešerše brokerů

Na trhu existuje nepřehledné množství zprostředkovatelů obchodů mezi prodávajícími a kupujícími, známých jako brokeři. Ti se mohou specializovat na široké spektrum aktiv, ale pro

²¹White paper v kontextu kryptoměn je detailní zpráva nebo průvodní dokument, který představuje a vysvětluje základní principy a technologii dané kryptoměny. Obvykle poskytuje podrobné informace o technickém modelu, bezpečnostních protokolech, a potenciálním použití kryptoměny, slouží jako důležitý zdroj informací pro potenciální investory a uživatele.

²²Tokenomika, kombinace slov 'token' a 'ekonomika', je klíčová pro hodnocení kryptoměnových projektů, zahrnující aspekty jako zásoba tokenů, tržní kapitalizace a užitnost.

účely tohoto systému jsou zajímaví pouze ti, kteří zprostředkovávají obchody s kryptoměnami.

V této sekci jsou nejprve stanovena kritéria, která byla použita pro výběr brokera. Následuje popis procesu výběru brokera, kde jsou vyloženy klíčové aspekty a kroky rozhodovacího procesu. Sekce je zakončena popisem klíčových vlastností vybraného brokera, které byly rozhodující pro jeho finální výběr.

Kritéria výběru brokera

Zásadní kritérium výběru je podpora prostředků pro implementaci automatického systému. Broker musí poskytovat jistou formu *REST API* nebo *WebSocket API*.

- **REST API:** Tato architektura, založená na komunikačním modelu *request-response*, umožňuje efektivně adresovat a spravovat zdroje serveru. Její hlavní předností je jednoduchost a intuitivní použitelnost. Nicméně REST API není ideální pro *real-time aplikace*²³ kvůli své závislosti na bezstavovém protokolu *HTTP*. Tento protokol vyžaduje větší režii jak na straně klienta, tak na straně serveru, zejména kvůli nutnosti *bootstrappingu*²⁴ při každém příchozím požadavku.
- **WebSocket API:** Tato architektura využívá protokolu *HTTP* pouze pro inicializaci komunikačního spojení, která je známá jako „Three-Way Handshake“. Následně se navazují obousměrná stavová komunikace, což přináší minimální režii.

[7]

Broker by měl nabízet co nejširší spektrum typů objednávek, jak je popsáno v sekci *Typy burzovních objednávek* kapitoly 2.3. Například, objednávky typu *limit* nejsou podporovány všemi brokery, přestože mohou poskytovat výhodu nižších provizí za jejich realizaci.

Provize z realizace objednávek by měly tvořit co nejmenší část z obchodovaného objemu. Kromě toho existují i další druhy poplatků, jako jsou poplatky za vklad a výběr. Ty ale nebudou brány v potaz, jelikož nemají přímý vliv na samotné obchodování.

Broker by měl rovněž poskytovat co nejširší portfolio obchodovaných kryptoměn, což uživatelům umožňuje větší šanci na nalezení podhodnocených kryptoměn, například na základě fundamentální analýzy.

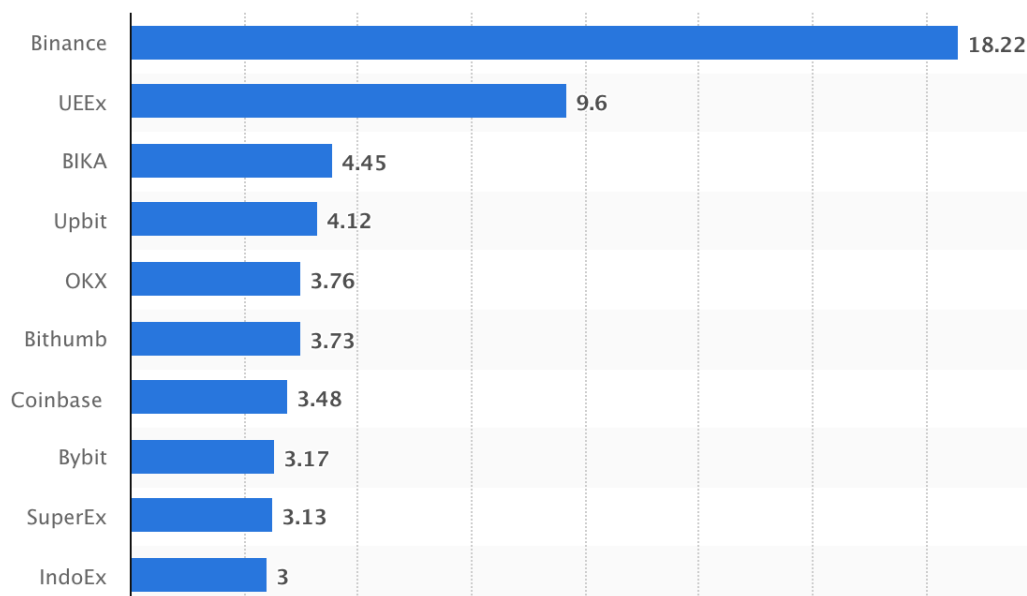
Jako poslední kritérium brané v potaz byla velikost a kvalita komunity, která využívá služeb brokera. Větší komunita často znamená vyšší stupeň důvěry v brokera a může poskytovat bohatší zdroje podpory pro vývoj systému.

Výběr brokera

Na začátku byla provedena analýza nejlíkvinnějších brokerů, jak je zobrazeno na obrázku 2.5. Likvidita trhu částečně koreluje s počtem registrovaných uživatelů, kteří tvoří komunitu. Brokeři jako *UEEx*, *Upbit* a *Bithumb*, kteří jsou primárně zaměřeni na uživatele z Východní Asie, nebyly dále předmětem této analýzy.

²³Real-time aplikace jsou softwarové aplikace navržené tak, aby reagovaly na události okamžitě, jakmile k nim dojde, což je klíčové v situacích, kde je časová odezva kritická. Tyto aplikace se často používají v oblastech, jako je obchodování s kryptoměnami.

²⁴Bootstrapping je proces inicializace nebo spuštění systému nebo frameworku.



Obrázek 2.5: Objem obchodů v miliardách dolarů provedených 10 největšími brokery za 24 hodin — 9.1.2024²⁶

Dále byla provedena rešerše na webových fórech, kde byla hledána odpověď na otázku: „Kteří brokeri poskytují nejlepší rozhraní pro implementaci automatického obchodního systému?“ Z celkového počtu sedmi brokerů, kteří byli zkoumání, se nejčastěji objevovali tři brokeri, jenž byli hodnoceni pozitivně. Výslední brokeři jsou uvedeni v tabulce 2.1.

Burza	Objem (mld \$/24h)	Maker/Taker poplatek (%)	Obchodovaných kryptoměn
Binance	18,2	0,10 / 0,10	402
OKX	3,8	0,14 / 0,23	316
Coinbase	3,5	0,40 / 0,60	248

Tabulka 2.1: Porovnání kryptoměnových burz — 20.1.2024²⁷

Všichni zbývající brokeři podporují jak *REST API*, tak *WebSocket API* a nabízejí základní typy objednávek, jak je uvedeno v sekci *Typy burzovních objednávek* kapitoly 2.3. Avšak zásadní rozdíly spočívají ve dvou klíčových aspektech: Broker Binance se vyznačuje tím, že nabízí objednávky typu *maker* s výrazně nižšími poplatky. Co se týče objemu obchodů, Binance předčil oba zbývající brokery téměř pětinašobně.

Na základě shromážděných informací byla volba brokera jednoznačná, a to ve prospěch brokera Binance.

²⁶Graf je převzatý z webu: <https://www.statista.com/statistics/864738/leading-cryptocurrency-exchanges-traders/>.

²⁷Objem obchodu za 24 hodin je převzat z webu: <https://www.statista.com/statistics/864738/leading-cryptocurrency-exchanges-traders/>

Jednotlivé výše poplatků jsou převzaty z oficiálních webů jednotlivých brokerů. Jedná se o základní výše poplatků. Po splnění určitých věrnostních cílů je možné obchodovat za poplatky nižší.

Počet obchodovaných kryptoměn je převzat z webu: <https://www.bitdegree.org/top-crypto-exchanges>.

Binance

Hongkongská firma Binance, založená Changpengem Zhao v roce 2017, se rychle stala jednou z předních světových burz pro obchodování s kryptoměnami. Její rychlý vzestup byl podpořen inovativním přístupem a širokou nabídkou obchodních služeb, díky čemuž si získala obrovskou popularitu mezi uživateli.

Ve stejném roce, kdy byla společnost založena, byla také vytvořena kryptoměna *BNB* (Binance Coin), která původně sloužila jako prostředek financování marketingu a vývoje. Uživatelé mohli zakoupit *BNB* od Binance a využívat je k získání slev na obchodních poplatcích. *BNB* zastává klíčovou roli v ekosystému Binance, funguje jako prostředek pro provádění transakcí, platby a účasti na různých projektech. Dnes je *BNB* čtvrtou největší kryptoměnou na světě, jejíž použití přesahuje rámec Binance.

Binance také umožňuje vytvoření demo účtu, známého jako „Binance testnet“, který obchodníkům poskytuje bezpečné prostředí pro experimentování a testování strategií bez rizika ztráty skutečných finančních prostředků. Uživatelé mohou na tomto účtu provádět fiktivní obchody s virtuálními fondy, což jim umožňuje získat praxi a lepší pochopení obchodních nástrojů a tržních podmínek bez skutečného finančního rizika.

Binance provozuje také věrnostní program pro odměňování svých věrných zákazníků, nabízející slevy na transakčních poplatcích. První úroveň tohoto programu začíná u objemu obchodovaných transakcí v hodnotě jednoho milionu dolarů za měsíc, což může být pro uživatele systému obtížné dosáhnout. Nicméně, pokud uživatelé drží *BNB* na svém účtu, mohou tuto kryptoměnu využívat k úhradě transakčních poplatků a získat tak 25% slevu na poplatcích.

Kapitola 3

Návrh automatického obchodního systému

V této kapitole jsou nejprve představeny požadavky, které *AOS* (Automatický Obchodní Systém, dále jen *AOS*) naplňuje. Představuje se jeho celková architektura a uvádí se, z jakých prvků se skládá. Dále se zaměřuje na rozbor jednotlivých komponent *AOS* a je podrobně rozebráno jejich přispívání k jeho celkové funkčnosti. Nakonec je uvedeno, odkud jsou sbírána historická data potřebná pro běh simulací *AOS*.

3.1 Požadavky na AOS

Navržený *AOS* testuje obchodní strategie různé komplexnosti na historických datech. Současně tyto strategie podrobuje reálným testům na trhu prostřednictvím účtu u brokera *Binance*.

AOS efektivně zaznamenává průběh těchto simulací obchodování. Získaná data dokáže statisticky zpracovat, což umožňuje důkladný analytický rozbor výkonu jednotlivých obchodních strategií. Systém také generuje grafy, které vizuálně prezentují výsledky simulací. Navíc *AOS* umožňuje ukládání těchto záznamů a jejich následné načítání ze souborového systému, což usnadňuje porovnávání výkonů různých obchodních strategií v průběhu času.

Celá tato funkcionalita je řízena prostřednictvím intuitivního grafického uživatelského rozhraní, které usnadňuje interakci s *AOS*, a to i pro nové uživatele.

3.2 Architektura AOS

AOS je navržen jako sada modulů, které společně tvoří platformu pro automatizované obchodování. Každý modul zastává specifickou roli v rámci *AOS* a je koncipován tak, aby efektivně komunikoval s ostatními moduly. Jeho celkový návrh je vizuálně zobrazen na obrázku 3.1, který ilustruje uspořádání a propojení jednotlivých modulů.

Core - Jádru *AOS* slouží jako centrální řídicí jednotka, která přijímá a zpracovává uživatelské instrukce zajišťované modulem *Front End*. Jádru koordinuje obchodní podprocesy prostřednictvím modulu *Trader* a zajišťuje správu účtu u brokera pomocí modulu *Virtual Broker*.

Virtual Broker - Modul slouží jako komunikační rozhraní mezi systémem a brokerem. Dále zajišťuje autentizaci, správu účtů a realizaci obchodních objednávek.

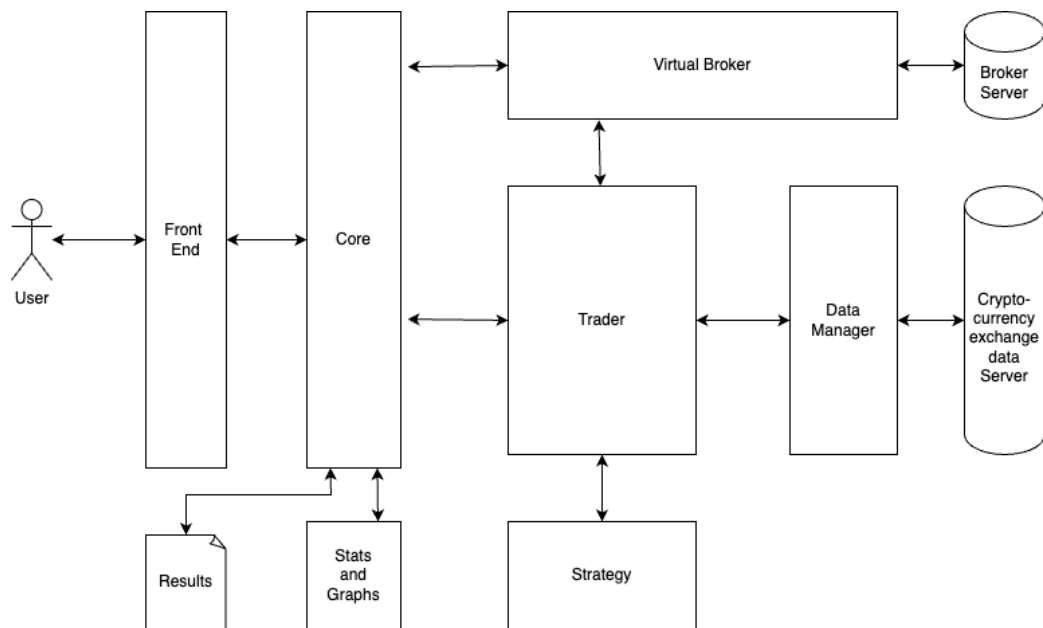
Data Manager - Tento modul sbírá a zpracovává historická burzovní data typu OHLCV, která jsou klíčová pro správnou funkci modulu *Trader*.

Trader - Modul realizující simulace obchodních strategií jak na historických, tak i na aktuálních tržních datech. Využívá data poskytovaná modulem *Data Manager* a zasílá instrukce pro realizaci obchodů modulu *Virtual Broker*. Rozhodnutí o koupi nebo prodeji je založeno na signálech, které poskytuje modul *Strategy*.

Strategy - Tento modul analyzuje aktuální tržní data a generuje obchodní signály podle předem definované strategie. Na základě těchto signálů následně modul *Trader* provádí konkrétní obchodní rozhodnutí.

Front End - Uživatelské rozhraní, které umožňuje interakci s modulem *Core*. Tento modul zajišťuje přijímání uživatelských příkazů a jejich předávání do jádra systému.

Stats and Graphs - Zajišťuje výpočet statistik a generuje grafické zobrazení výsledků simulací, jež jsou užívány pro analýzu výnosnosti obchodních strategií.



Obrázek 3.1: Diagram architektury AOS.

3.3 Core

Funguje jako řídicí centrum systému, které přes *Front End* přijímá uživatelské instrukce a zodpovídá za jejich vykonání. Jeho hlavní rolí je správa a spouštění samostatných podprocesů simulací obchodování, přičemž je schopné paralelně řídit dva zásadní podprocesy: simulaci obchodování na základě historických dat a obchodování v reálném čase.

Modul neustále monitoruje stav těchto procesů a v případě jejich úspěšného dokončení shromažďuje výsledky. Tyto výsledky jsou poté uloženy v paměti *AOS* pro další zpracování nebo prezentaci. Jádro je vybaveno funkcionalitou pro ukládání těchto výsledků do souborů a jejich následné načítání, což umožňuje jejich archivaci.

3.4 Virtual Broker

Modul obsluhuje veškerou komunikaci s brokerem. V první řadě autentizuje přihlašovací klíče, které umožňují zasílat požadavky na správu účtu a vytvářet jeho obchodní objednávky. Je schopen získat zůstatek prostředků na daném účtu. Zjišťuje, jaký je aktuální výběr veškerých možných obchodovatelných měnových párů pro potřeby obchodování. Realizuje zadávání některých obchodních objednávek popsaných v sekci *Typy burzovních objednávek* kapitoly 2.3. Zjišťuje jejich aktuální plnění a poskytuje AOS jejich výsledky.

3.5 Data Manager

Data Manager slouží k sběru historických burzovních dat typu OHLCV. Tato data stahuje ze serveru, který poskytuje burzovní data v pětiminutových intervalech. Jeho úkolem je dále kontrola získaných dat a odstranění redundantních informací, které nejsou potřebné pro rozhodování strategií. Následně data kompiluje do datových struktur, které jsou efektivně využívány AOS. Tyto upravené datové struktury jsou zaváděny do AOS prostřednictvím modulu *My Trader*.

3.6 Trader

Trader je schopen provádět simulace obchodních strategií. Činí tak ve dvou variantách.

První varianta provádí simulaci obchodní strategie na historických datech. To umožňuje provádět velký objem simulací v krátkém časovém horizontu. Burzovní data jsou mu jednorázově zprostředkována prostřednictvím modulu *Data Manager* a specifikace obchodování modulem *Core*. V průběhu simulace postupně odkrývá dostupná data modulu *Strategy*, jenž mu na základě analýzy dostupných dat generuje nákupní nebo prodejní signál.

Druhá varianta simuluje vybranou obchodní strategii v reálném čase na účtě brokera. Pro sběr dat též využívá *Data managera*. V tomto případě jsou data zprostředkována dávkově podle jejich dostupnosti. Zasílá požadavky na vytváření obchodních objednávek modulu *Virtual Broker*, který mu obratem zasílá jejich výsledné plnění.

Po ukončení běhu jedné nebo druhé varianty simulace jsou její výsledky zaslány řídicímu modulu.

3.7 Strategy

Modul *Strategy* pracuje v úzké spolupráci s modulem *Trader* během simulací obchodování na finančních trzích. *Trader* zajišťuje průběžné dodávání aktuálních burzovních dat, na jejichž základě modul analyzuje tržní situaci a generuje kupní nebo prodejní signál.

Proces generování signálů je řízen pomocí specifické obchodní strategie, kterou si uživatel vybere. Každá strategie využívá určitou logiku a algoritmy k rozhodování, kdy vstoupit do obchodu nebo z něj vystoupit.

Modul podporuje výpočet technických indikátorů, jak je popsáno v sekci *Technická analýza* kapitoly 2.3. Dále umožňuje využití matematických metod pro rozpoznávání obrazců

v grafu cen a integruje naučené modely strojového učení. Příkladem takového modelu je *XGBoost*¹.

3.8 Front End

System využívá principů návrhového vzoru *Model View Controller* (MVC), který rozděluje aplikaci do tří komponent: *Model* zajišťuje manipulaci s daty, *View* je zodpovědný za zobrazování dat a *Controller* zpracovává uživatelské vstupy a řídí komunikaci mezi *Modelem* a *View*. Tento vzor umožňuje efektivnější správu kódu, odděluje logiku od uživatelského rozhraní a zlepšuje testovatelnost aplikace.

Jelikož *AOS* nevyužívá databázi a práce s daty je spíše dynamická, je logika *Controlleru* a *Modelu* spojená dohromady. Je však kladen velký důraz na oddělení logiky *View* od zbytku systému.

3.9 Stats and Graphs

Modul provádí výpočet klíčových statistických údajů, které jsou nezbytné pro hloubkovou analýzu obchodní strategie. Současně produkuje grafické zobrazení dat, které vizualizuje výsledky simulace formou přehledných a informativních grafů.

3.10 Zdroj burzovní data

AOS potřebuje spolehlivý zdroj historických burzovních dat, která obsahují *OHLCV* (viz sekce *Technická analýza* kapitoly 2.3). Zde byly zváženy dvě hlavní možnosti: *Yahoo Finance API* a *Binance API*.

Yahoo Finance API nabízí širokou škálu kryptoměnových párů. Data se zdají být konzistentní, což je pro analýzu trhu důležité. Na druhé straně *Binance API* je již využíváno pro potřeby zadávání obchodních objednávek. Zaručeně nabízí historická data alespoň pro páry, které jsou u nich obchodovatelné. Data se zdají být též dostatečně konzistentní. Tato data jsou k dispozici od 15. 8. 2017 v různých délkách intervalů, od sekundových až po měsíční². *AOS* využívá jako zdroj dat *Binance API*.

¹XGBoost je pokročilý implementační algoritmus rozhodovacích stromů, který používá gradient boosting framework. Je oblíbený pro svou rychlost a výkonnost a je široce používán v různých oblastech strojového učení pro klasifikační i regresní úkoly.

²Zdroj: www.binance.com/en/support/faq/how-to-download-historical-market-data-on-binance

Kapitola 4

Implementace automatického obchodního systému

V této kapitole jsou rozebrány implementační detaily automatického obchodního systému (AOS). AOS zastřešuje fungování dílčích automatických obchodních systémů, které jsou zde reprezentovány jako specializované obchodní strategie. Tyto strategie využívají obchodní styl *scalping* (viz sekce *Obchodní styly* kapitoly 2.3) a pro analýzu trhu používají pětiminutové intervaly *OHLCV*.

Pro obchodování je zvolena jako bázová kryptoměna *tether* (USDT) (viz sekce *Tether, kryptoměnová obdoba dolaru* kapitoly 2.2), z důvodu omezení brokera Binance, který umožňuje obchodovat pouze kryptoměnové páry.

Celý systém je implementován v programovacím jazyce *python* a pro usnadnění jeho ovládání je vyvinuto grafické uživatelské prostředí.

V průběhu této kapitoly jsou popsány důležité implementační detaily jednotlivých modulů v pořadí, v jakém je popsán jejich návrh v předchozí kapitole. Kapitola je zakončena objasněním postupů pro vytvoření a testování modelu *XGBoost*.

4.1 Core

Core je jádro celého AOS, zodpovědné za běh obchodní simulace na základě informací poskytnutých uživatelem. Spolu s modulem *Front End* se stará o sběr uživatelských instrukcí.

Core dokáže simultánně řídit dva podprocesy: jeden pro simulaci obchodování na historických datech a druhý pro reálné obchodování u brokera. Využívá k tomu knihovnu *multiprocessing*.

Metody *startBackTraderProcess()* a *startLiveTraderProcess()* instancují objekt třídy *Trader* s využitím parametrů zadaných uživatelem. Tomuto objektu poskytuje odkaz na *multiprocessing.Queue* pro meziprocesovou komunikaci a *multiprocessing.Pipe* pro předávání výsledného datového rámce zpět do *Core*. Následně se spouští metoda *Trader.simulate()*, která představuje simulaci v samostatném podprocesu. Následně objekt třídy *Front End* spouští časovač, který každých 100 milisekund vyhodnocuje zprávy z *Queue* daného procesu. Informuje uživatele o průběhu procesu, zachycuje případné výjimky a na závěr procesu volá metodu objektu *Core* zodpovědnou za uložení výsledků, které jsou připravené v *Pipe*.

Core provádí úklid po dokončení procesů a poskytuje uživateli možnost vybrat další kroky, jako je zobrazení statistik a grafů simulace, uložení výsledků do souboru nebo jejich odstranění. Uživatel systému poté může spouštět další simulace.

Core také umožňuje načítání dříve uložených datových rámců ze souborů pro potřeby zobrazení statistik a grafů.

4.2 Virtual Broker

Modul *Virtual Broker* je odpovědný za autentizaci dvojice uživatelských klíčů *Api Key* a *Secret Key*, které jsou spojeny s uživatelským účtem. Tento modul také umožňuje identifikovat všechny kryptoměny obchodovatelné s *tetherem*, zjišťuje *tetherový* zůstatek na účtu, zadává obchodní objednávky a sleduje jejich plnění.

Skládá se ze třídy *Broker*, která využívá funkcionality knihovny *requests* pro zasílání neautorizovaných požadavků na server, a knihovny *binance.client* pro zasílání autorizovaných požadavků.

Autentizační proces probíhá v metodě *loginToBroker()*, kde se vytvoří objekt *binance.client* s poskytnutými klíči. Ten pošle autorizovaný požadavek na server Binance pro získání informací o účtu. Pokud proces proběhne bez vyvolání výjimky, jsou klíče považovány za ověřené.

Metoda *makeBuyOrder()* se používá pro zadávání kupních objednávek. V této metodě se volá metoda *getQuantity()*, která na základě specifických filtrů pro každou kryptoměnu vypočítá maximální možné množství kryptoměny, jenž lze za daný zůstatek koupit. Pokud toto množství nesplňuje minimální kvantitu pro nákup, vyvolá se výjimka. V opačném případě se objednávka odešle na server a uloží se její identifikátor.

Stav plnění objednávky je kontrolován pomocí metody *isOrderActive()*. Pokud je objednávka kompletně vyplněna, metoda *getBuyOrderResults()* zjistí její konečné plnění a vypočítá poplatky, které Binance automaticky nedopočítává.

Proces prodeje kryptoměny probíhá analogicky pomocí metod *makeSellOrder()* a *getSellOrderResults()*. Zde se metoda *getQuantity()* nepoužívá, jelikož zakoupené množství kryptoměn již splňuje potřebné filtry.

4.3 Data Manager

Modul *DataManager* zajišťuje obstarávání dat ze serveru Binance. Tento modul využívá knihovnu *requests* pro stahování dat ze serveru a knihovnu *pandas* pro vytváření objektu *dataframe* (dále jen jako datový rámec). Datový rámec slouží jako hlavní datová struktura pro uchovávání burzovních dat a výsledků simulace *AOS*.

Metoda *contentToDataframe()* transformuje odpověď ze serveru ve formátu *JSON*¹ do datového rámce. Dále metoda odstraňuje redundantní data, jež nejsou využita analýzou obchodních strategií, a nastavuje index datového rámce na data a časy jednotlivých burzovních intervalů *OHLCV*.

Získávání dat zabezpečují dvě metody: *getRealTimeData()*, která odesílá požadavky na server pro získání aktuálního datového intervalu, a *getRequestData*, jenž získává data za posledních 12 hodin.

Metoda *getDF()* využívá *getRequestData* k obstarání kompletního datového rámce pro celé historické období, které specifikuje *AOS*.

¹JSON (JavaScript Object Notation) je lehký formát pro výměnu dat, který je snadno čitelný pro lidi i stroje.

4.4 Trader

Tento modul umožňuje simulaci obchodních strategií jak na historických burzovních datech, tak v reálném čase pomocí testovacího účtu u brokera Binance. Funkcionalita obou variant je organizována do samostatných tříd, které sdílejí společné prvky prostřednictvím báze třídy *Trader*.

Báze třídy *Trader* inicializuje klíčové atributy, jako je odkaz na třídu strategie, která se má vykonávat, časové hranice simulace, hodnotu portfolia v *USDT*, velikost poplatků spojených s obchodními objednávkami, frekvence získávání burzovních dat, symbol obchodované kryptoměny a datový rámec, který obsahuje burzovní data. Datový rámec je sdílen s obchodními strategiemi a jsou do něj zaznamenávány výsledky obchodů.

Modul navíc obsahuje metody, které získávají historická burzovní data prostřednictvím objektu *Data Manager*. Tato data jsou nezbytná nejen pro simulace, ale i pro reálné obchodování kvůli výpočtům technických indikátorů.

Následuje detailní popis jednotlivých obchodních variant reprezentovaných třídami odvozenými od báze třídy *Trader*.

BackTrader

Třída *BackTrader* řídí simulaci obchodů na historických datech. Při její inicializaci jsou nastaveny klíčové atributy, jako je *cash*, uchovávací zůstatek v *USDT*, a *position*, který udává množství držené kryptoměny. Tyto atributy reprezentují stav mezi aktivní a neaktivní pozicí.

Inicializace tohoto objektu probíhá v *Core*, kde se rovněž spouští samotná simulace obchodu v nezávislém procesu. Samotná simulace se odehrává v metodě *simulate()*, která začíná načtením datového rámce skrz objekt *DataManager* a inicializací obchodní strategie. Obchodní strategii je předán odkaz na datový rámec s historickými daty.

Simulace postupuje cyklicky přes datový rámec, což simuluje příchod nových dat během obchodního dne. Začíná od uživatelem specifikovaného startovního data, přičemž vynechává data získaná navíc pro potřeby analýzy objektu *Strategy*. V cyklu se nejdříve aktualizují hodnoty *cash* a *position*, aby následně metoda *Strategy.getSignal()* mohla rozhodnout o typu signálu. Na základě tohoto signálu se buď volá metoda *buy()/sell()*, nebo se pokračuje další iterací.

Metody *buy()/sell()* počítají obnos zakoupené kryptoměny nebo zisk z jejího prodeje na základě hodnoty aktuální ceny *close*. Obě přitom dopočítávají poplatek za transakce a aktualizují hodnoty *position* a *cash*. Nakonec zaznamenají informace o transakcích do datového rámce.

Pokud zůstává otevřená pozice po ukončení cyklu, je volána metoda *sell()* pro její uzavření a simulace končí. Výsledky simulace jsou následně předány zpět do *Core*, jak je popsáno v sekci *Core* kapitoly 4.1.

Tato třída navíc implementuje mechanismy *stop loss* a *take profit*, inspirované sekcemi *Stop-Loss* a *Limit* kapitoly 2.3. Před zahájením simulačního cyklu je volána metoda objektu *Strategy*, která nastavuje příznakovou proměnnou *sltp_flag*. Jestliže tato proměnná nabývá hodnoty *True*, v metodě *buy()* jsou vypočítány hodnoty *stop loss* a *take profit* s využitím indikátoru *Average True Range*². Na začátku každého cyklu, kdy je držena po-

²Average True Range (ATR) je technický indikátor používaný k měření volatility, který dekomponuje celkový rozsah cenového pásma aktiva za určité období. Často se používá v obchodních strategiích k určení pozic pro stop-loss příkazy nebo k optimalizaci vstupů a výstupů z obchodů.

zice, se kontroluje zda-li aktuální cena *low* nepřekračuje úroveň *stop loss* a zda-li cena *high* nepřekračuje úroveň *take profit*. Pokud je splněna první podmínka, dojde k prodeji za cenu *stop loss*; pokud druhá, dojde k prodeji za cenu *take profit*. Nicméně žádná strategie v této práci nevyužívá tento mechanismus, jelikož není implementován i v třídě *LiveTrader*.

LiveTrader

Tato třída je zodpovědná za správu obchodů na platformě Binance. Proces inicializace je rozšířen o nastavení počátečního času obchodování na aktuální datum a čas a zahrnuje také inicializaci objektu *VirtualBroker*.

Metoda *simulate()* je koncipována podobně jako u třídy *BackTrader*, ale s klíčovými rozdíly v hlavním cyklu. Tento cyklus pokračuje, dokud aktuální čas nepřekročí předem definovaný čas ukončení simulace.

Na počátku každé iterace se vypočítá čas, kdy má být u brokera dostupný nový interval burzovních dat, a systém se do té doby pozastaví.

Po probuzení systém získá aktuální pětiminutový interval burzovních dat prostřednictvím objektu *DataManager*, který následně přidá do datového rámce. Poté se pomocí metody *Strategy.getNextIndex()* dopočítají potřebné technické indikátory pro obchodní strategii.

Dále se volá *Strategy.getSignal()* pro získání obchodního signálu, na jehož základě se spouštějí buď *VirtualBroker.makeBuyOrder()* nebo *VirtualBroker.makeSellOrder()*.

Pokud je objednávka ihned vyplněna, volají se metody *finishFilledBuyOrder()* nebo *finishFilledSellOrder()*, které na základě informací o provedeném obchodu zaznamenávají výsledky do datového rámce a aktualizují stav simulace.

Pokud objednávka není ihned vyplněna, následující iterace cyklu kontrolují její stav, dokud není kompletně dokončena.

Pokud po ukončení plánované doby obchodu zůstane nějaká pozice otevřená, nastaví se příznaková proměnná *force_sell*, která vynutí uzavření pozice prodejem a prodlouží cyklus, dokud není obchod zcela uzavřen a výsledky zapsány.

Po dokončení cyklu proces končí a předává výsledky zpět do modulu *Core*, podobně jako je to uvedeno v předchozím příkladu.

4.5 Strategy

Modul *Strategy* obsahuje různé obchodní strategie, které jsou implementovány jako jednotlivé třídy odvozené od základní třídy ***Strategy***. Tato základní třída sdružuje funkce, které jsou společné pro všechny odvozené strategie.

Mezi hlavní funkce patří výpočet technických indikátorů, které jsou využívány obchodními strategiemi pro analýzu trhu. Metody ve tvaru „**getIndicator()**“ předpočítají potřebné indikátory pro celý dostupný datový rámec jednorázově.

Pro simulace obchodování v reálném čase se používají metody „**getNextIndicator()**“. Tyto metody jsou volány, když simulace přijme nová burzovní data a na základě historických hodnot a nových dat efektivně dopočítávají aktuální hodnoty indikátorů.

Při inicializaci každá odvozená obchodní strategie zavolá specifické metody *getIndicator()* k získání nezbytných technických indikátorů a následně sdružuje volání *getNextIndicator()* v metodě *getNextIndicators()* pro potřeby reálného obchodování.

Každá třída strategie definuje sadu třídních konstant, které určují parametry pro metody získávání indikátorů, a obsahuje metodu *getSignal()*, která na základě definované obchodní strategie generuje nákupní nebo prodejní signál pro simulaci obchodování.

Následně bude představen výčet konkrétních obchodních strategií odvozených od třídy *Strategy*.

Buy and Hold

Tato strategie, známá pro svou jednoduchost, se primárně využívá jako *benchmark* pro testovací účely.

Na začátku obchodní simulace generuje signál k nákupu. Následně strategie využívá funkcionality *Trader*, která automaticky uzavře otevřenou pozici na konci simulace. Výsledná hodnota portfolia pak odráží rozdíl mezi výslednou a počáteční cenou *close*, zahrnující poplatky za nákup a prodej kryptoměny.

EMA Crossover

Tato strategie využívá průsečíky dvou klouzavých průměrů *Exponential Moving Averages* (EMA). *Slow EMA*, počítaná z 50 cenových intervalů, reprezentuje stabilnější, konzervativnější cenový trend. Naproti tomu *Fast EMA*, počítaná z 30 intervalů, reaguje rychleji na změny cen a ukazuje aktuální tržní momentum.

Když *Fast EMA* překříží *Slow EMA* směrem dolů, naznačuje to rozvíjení medvědího trendu. Pokud se *Fast EMA* udrží po dobu čtyř hodin pod konzervativnější *Slow EMA*, lze předpokládat, že aktuální tržní cena kryptoměny je podhodnocena, což může vést ke změně trendu z medvědího na býčí. Strategie v takovém případě vyhledává optimální příležitost pro nákup, která nastává, když cena *close* klesne pod dolní hranici *Bollingerova pásma*, čímž se generuje nákupní signál.

Pro generování prodejního signálu se tento princip obrací. Po potvrzení býčího trendu, kdy *Fast EMA* klesne pod *Slow EMA* na dobu čtyř hodin, strategie čeká, až cena *close* překročí horní hranici *Bollingerova pásma* a následně generuje prodejní signál.

VWAP RSI Combined

Strategie využívá kombinaci dvou technických indikátorů k odhadu nedocenenosti kryptoměny: *Volume-Weighted Average Price* (VWAP), počítaného na denních intervalech, a *Relative Strength Index* (RSI), počítaného na 16 intervalech.

VWAP představuje průměrnou hodnotu kryptoměny váženou podle objemu, přičemž cena *close* pod touto hodnotou naznačuje potenciální podhodnocení. Pokud cena *close* zůstane pod touto hodnotou po dobu 15 intervalů, naznačuje to potenciální podhodnocení a signalizuje možný návrat k vyšším cenovým úrovním a začátek býčího trendu. Tuto hypotézu podhodnocení dále potvrzuje *RSI*, pokud je nižší než 45. V takovém případě strategie čeká na ideální moment pro otevření nákupní pozice, což se stane, když cena *close* spadne pod dolní hranici *Bollingerova pásma* a generuje nákupní signál.

Prodejní signál je generován reverzním mechanismem. K jeho aktivaci musí hodnota *RSI* překročit 55 a cena *close* musí pokořit horní hranici *Bollingerova pásma*.

Double Bottom

Tato strategie identifikuje grafickou formaci *Double Bottom*, která v technické analýze často naznačuje vznik býčího trendu.

Strategie začíná vyhledáním nejnižší hodnoty ceny *low* na čtyřhodinovém úseku před aktuálním intervalem, která je označena jako „*low left*“. Následně identifikuje druhé nejnižší *low*, označené jako „*low right*“, které musí být od *low left* vzdálené minimálně 15 minut. Jsou-li hodnoty obou minim dostatečně blízké podle stanoveného koeficientu a je-li *low left* starší, mohou být tyto body považovány za spodní minima typického „**W**“.

Následně strategie vyhledá lokální maximální hodnotu ceny *high*, označenou jako „*high mid*“, která se nachází mezi oběma minimy. Tato hodnota musí být o stanovený poměr vyšší než *low left* a tvoří střední část „**W**“.

Strategie nejprve hledá ve dvouhodinovém úseku před *low left* cenu *high*, která musí být vyšší než *high mid*. Pokud je aktuální cena *high* také vyšší než *high mid*, strategie považuje celé pomyslné „**W**“ za identifikované.

Před odesláním kupního signálu strategie ukládá dvě klíčové hodnoty. První je *target profit*, vypočítaná jako násobek aktuální ceny *close* a poměru mezi *high mid* a *low left*. Tato hodnota představuje cílový zisk, kterého se strategie snaží dosáhnout. Druhá hodnota, *target stop loss*, je rovna ceně *low left* a slouží jako hranice *stop loss* pro minimalizaci ztrát.

Prodejní signál je generován, když aktuální cena *high* překročí cenu *target profit*, nebo když aktuální cena *low* klesne pod hranici *target stop loss*.

XGBoost

Strategie využívá model *XGBoost*, který byl natrénován pro předpovědění potenciálního vzniku býčího trendu. Při inicializaci třída načte předem natrénovaný model *XGBoost* ze souboru *xgb_model.pkl*.

V rámci strategie se používají technické indikátory *VWAP*, *RSI*, *SMA* a *Bollinger Band*. Kromě indikátoru *RSI*, který se přirozeně pohybuje v rozmezí od 0 do 100, se ostatní indikátory normalizují vydělením cenou *close*. Tyto hodnoty jsou doplněny o poměr mezi cenou *close* a jejími čtyřmi předchozími hodnotami, poskytující tak modelu přehled o aktuálním cenovém pohybu.

Tato data jsou poté využita ve funkci, která na základě modelu poskytuje pravděpodobnost, že cena *close* bude za čtyři hodiny vyšší o určitý poměr oproti současné ceně. Při dosažení dostatečně vysoké pravděpodobnosti strategie generuje nákupní signál.

Po uplynutí 3,5 hodin od nákupu se začínají vyhodnocovat prodejní podmínky. Model znovu vyhodnotí pravděpodobnost na základě aktuálních dat a vypočítaných hodnot. Jestliže pravděpodobnost klesne pod stanovenou hranici, vygeneruje se prodejní signál.

4.6 Front End

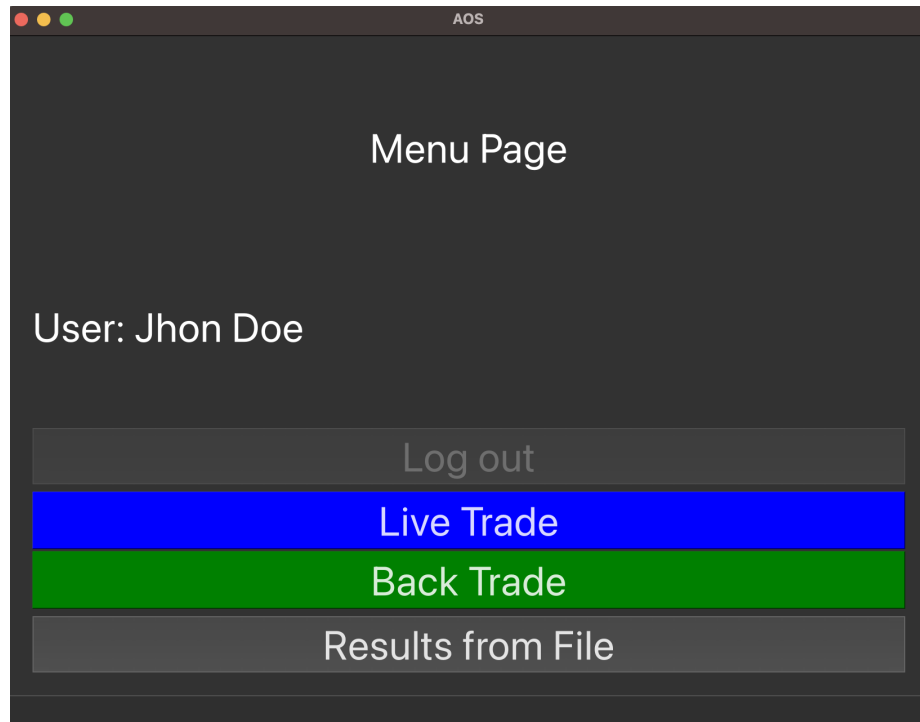
Front End představuje grafické uživatelské prostředí, které využívá framework *PyQT6*.

Pomocí editoru *QT Creator* byl vytvořen soubor *mainwindow.ui*, který obsahuje popis grafického rozhraní ve formátu *XML*. Tento soubor byl následně kompilován pomocí nástroje *pyuic6* do zdrojového souboru *python*. Modul *Front End* pak využívá import zdrojového souboru pro funkčnost uživatelského rozhraní.

Modul obsahuje dvě pomocné třídy, které podporují *multithreading*. *Multithreading* je využíván při přihlašování uživatele, aby se při tomto delším procesu předešlo zamrznutí

uživatelského rozhraní. Hlavní třída představuje hlavní okno systému a je zde také instancován objekt třídy *Core*.

Na obrázku 4.1 je ukázka grafického uživatelského rozhraní *AOS*. Uživatel se právě nachází v menu. Tlačítko *Log out* není aktivní, protože právě běží proces *LiveTrader*, což indikuje modře obarvené tlačítko *Live Trade*. Zeleně obarvené tlačítko *Back Trade* signalizuje, že proces *BackTrader* spuštěný uživatelem již skončil a výsledky simulace jsou mu k dispozici.



Obrázek 4.1: Snímek grafického uživatelského rozhraní *AOS* v menu.

4.7 Stats and Graphs

Tento modul obsahuje metodu *getStatistics()*, která přijímá datový rámeček s výsledky simulace na jehož základě generuje statistiky, jež jsou vráceny ve formě slovníku. Počítané statistiky zahrnují:

- **Profit:** Vypočtený konečný zisk nebo ztráta (záporná hodnota).
- **Počáteční obnos:** Hodnota v *USDT*, se kterou bylo započato obchodování.
- **Koncový obnos:** Hodnota v *USDT*, na které obchodování skončilo.
- **Poplatky:** Souhrn všech poplatků zaplacených během simulace, vyjádřeno v *USDT*.
- **Počet obchodů:** Celkový počet provedených obchodů.
- **Průměrná doba obchodu:** Průměrná délka trvání jednoho obchodu.
- **Výherní podíl:** Procento ziskových obchodů z celkového počtu.

- **Průměrný zisk:** Průměrná hodnota zisku na obchod.
- **Průměrná ztráta:** Průměrná hodnota ztráty na obchod.
- **Maximální ztráta:** Největší ztráta zaznamenaná v jednom obchodu.
- **Podíl držení pozic:** Procentuální vyjádření času, po který byly drženy obchodní pozice ve vztahu k celkové době obchodování.

Modul dále obsahuje funkci `showPlot()`, která přijímá datový rámec s výsledky a parametry určující časový rozsah zobrazení grafu. Graf zobrazuje cenu `close` v daném časovém rozmezí s vizuálními značkami pro nákupy a prodeje. Graf je generován pomocí knihovny `matplotlib`.

4.8 Vytvoření a trénování modelu XGBoost

Třída `XGBoostStrategy` zahrnuje statickou metodu pro vytvoření modelu XGBoost s využitím knihovny `xgboost`.

Metoda `getTrainingData()` vypočítává příznaky popsané v sekci XGBoost kapitoly 4.5 označované jako `X Data`. Následně generuje `Y Data`, která reprezentují binární boolovské hodnoty indikující, zda cena `close` byla o 4 hodiny později alespoň o 1,008 vyšší než aktuální cena `close`. `X Data` představují vstupní hodnoty pro model, zatímco `Y Data` jsou cílové hodnoty pro predikci.

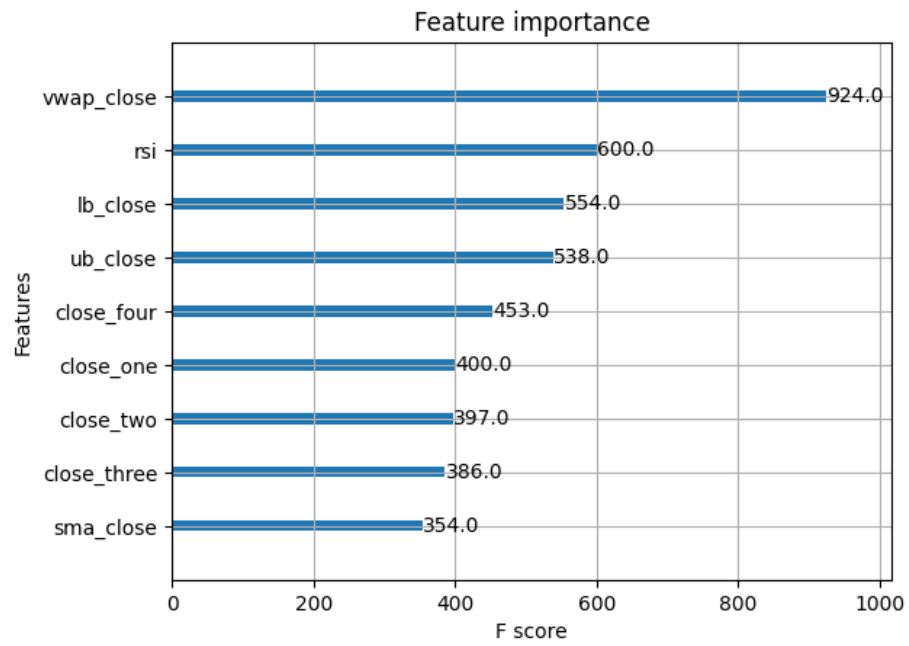
Proces trénování modelu je realizován v metodě `trainModel()`, která nejprve rozdělí trénovací data na větší trénovací a menší validační sadu. Model je nejdříve naučen na trénovací sadě dat, kde má přístup k `X Data` i `Y Data`. Posléze je testován na validační sadě. Během testování se srovnávají predikce modelu na základě `X Data` s cílovými `Y Data`. Součástí tohoto procesu je iterativní učení modelu na základě získaných výsledků.

Model je uložen do souboru pomocí metody `saveModel()`, která využívá knihovnu `pickle` pro serializaci objektu modelu.

Samotné metody pro vytváření a učení modelu nejsou přímo součástí `AOS`. Tyto funkce jsou implementovány a spouštěny v rámci externího souboru `Jupyter Notebook`, který je součástí zdrojového adresáře `AOS`. V tomto notebooku je model trénován na následujících datech:

- Pětiminutové intervaly OHLCV pro ETH, od 1.1.2020 do 1.1.2024
- Pětiminutové intervaly OHLCV pro DOGE, od 1.1.2020 do 1.1.2024

Na obrázku 4.2 je zobrazena důležitost jednotlivých proměnných použitých v modelu XGBoost pro výpočet pravděpodobnosti. Tento graf ukazuje, které informace mají největší vliv na predikční výkon modelu.



Obrázek 4.2: Snímek zobrazující rozhodovací váhu jednotlivých informací v natrénovaném modelu XGBoost.

Kapitola 5

Testování

Tato kapitola se věnuje testování jednotlivých obchodních strategií uvedených v kapitole 4.5 na historických burzovních datech. Všechny strategie byly testovány na čtyřech půlročních časových úsecích. První tři období byla testována na trhu kryptoměnového páru *tether-bitcoin*, zatímco čtvrté období bylo testováno na páru *tether-kava*.

Testovací období a tržní podmínky:

- i. **První období:** od 1.11.2021 do 1.5.2022, během kterého převažoval medvědí trh¹.
- ii. **Druhé období:** od 1.4.2018 do 1.10.2018, ve kterém byla konečná hodnota *bitcoinu* o něco nižší než ta počáteční.
- iii. **Třetí období:** od 1.10.2023 do 1.3.2024, během něhož nastal býčí trh².
- iv. **Čtvrté období:** od 1.2.2023 do 1.8.2023 na trhu páru *tether-kava*, ve kterém byla konečná hodnota *kava* mírně nižší než ta počáteční.

Ve všech testech začínaly obchodní strategie s kapitálem 100 000 *USDT* a byly započítány standardní poplatky za provádění *market* objednávek ve výši 0,1 % z obchodované sumy.

Výběr kryptoměn pro testování:

- *Bitcoin* byl vybrán kvůli své pozici nejznámější kryptoměny s největší tržní kapitalizací. Díky širokému spektru konzervativních věřitelů má nižší volatilitu.
- *Kava* byla zvolena pro svůj menší trh s vysokou volatilitou, zejména na kratších časových intervalech, které strategie sledují.

Je důležité zmínit, že ve druhém testovaném období kryptoměny *Bitcoin* od 1.4.2018 do 1.10.2018 chybí malá část dat kvůli výpadku na serveru Binance. Jde o úsek mezi 26.6.2018 1:55 a 26.6.2018 12:00, což je celkem deset hodin. Tento výpadek však nemá zásadní vliv, protože představuje jen malou část celého období a strategie obchodují s dostatečnou intenzitou, aby kompenzovaly jeho dopad.

¹Medvědí trh označuje období, kdy hodnota aktiva končí níže než na počátku.

²Býčí trh označuje období, kdy hodnota aktiva končí výše než na začátku.

5.1 Testování obchodní strategie Buy and Hold

Zde jsou zhodnoceny výsledky první obchodní strategie *Buy and Hold*. Dále jsou uvedeny grafy všech období a jsou podrobněji rozebrány cenové pohyby jednotlivých kryptoměn za dané období.

Jelikož jde o velmi jednoduchou strategii, která na začátku období nakoupí kryptoměnu a na konci období ji prodá, její výsledky slouží jako benchmark pro porovnání s ostatními, komplexnějšími strategiemi.

Na obrázku 5.1 je znázorněno první období. V první polovině tohoto období *Bitcoin* výrazně ztratil na hodnotě a v nejnižším bodě dosáhl téměř poloviny své původní hodnoty. Ve druhé polovině se objevily dva mírné výkyvy směrem vzhůru, ale konečná hodnota *bitcoínu* tohoto období končí těsně nad minimem období.

Tabulka 5.1 ukazuje výsledky této strategie za první období. Strategie realizovala ztrátu ve výši 38 353 *USDT* a na poplatcích zaplatila 161 *USDT*.



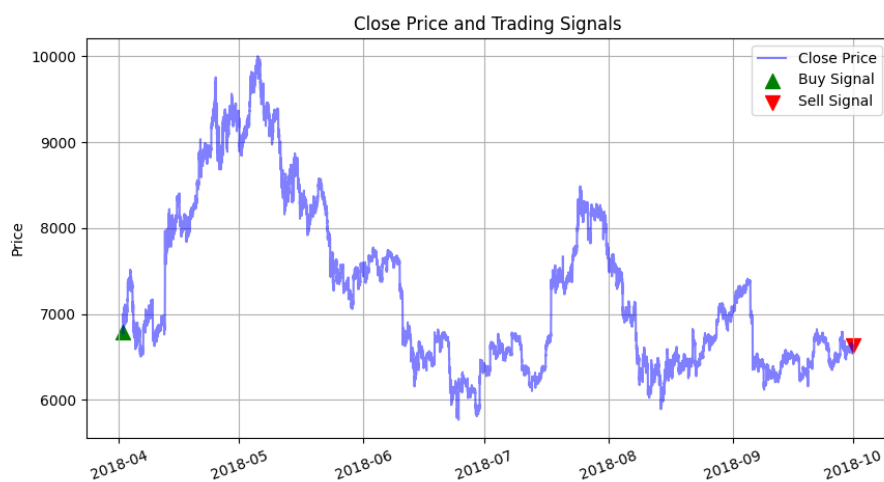
Obrázek 5.1: Buy and Hold - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Statistiky - Buy and Hold			
Profit	-38 353 \$	Počáteční obnos	100 000 \$
Poplatky	161 \$	Koncový obnos	61 646 \$

Tabulka 5.1: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Buy and Hold na kryptoměně Bitcoin od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Následuje druhé období znázorněné na obrázku 5.2. V první polovině tohoto období se cena prudce zvýšila až na 140 % své nominální hodnoty. Následoval podobně strmý pád, který zanechal cenu mírně nad nominální hodnotou. Poté přišly dva postupné poklesy, po kterých se cena dostala pod nominální hodnotu. V druhé polovině tohoto období následovaly dva prudké nárůsty. První větší nárůst posunul cenu na 120 % nominální hodnoty, zatímco druhý, menší, ji jen nepatrně převýšil. Období končí mírným býčím trendem, přičemž cena zůstává lehce pod svou nominální hodnotou.

Výsledky této strategie za druhé období ukazuje tabulka 5.2. Strategie zde zaznamenala ztrátu ve výši 2 504 *USDT* a na poplatcích zaplatila 197 *USDT*.



Obrázek 5.2: Buy and Hold - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Statistiky - Buy and Hold			
Profit	-2 504 \$	Počáteční obnos	100 000 \$
Poplatky	197 \$	Koncový obnos	97 495 \$

Tabulka 5.2: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Buy and Hold na kryptoměně Bitcoin od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Třetí období je znázorněno na obrázku 5.3. Cena na začátku prudce vzrostla na 120 % své původní hodnoty. Následoval stabilní býčí trend, který cenu postupně zvedl až na 150 % nominální hodnoty. Po mírném poklesu následovaly dva výrazné vzestupy, díky nimž cena nakonec dosáhla dvojnásobku původní hodnoty.

Za třetí období tato strategie vykázala zisk ve výši 118 036 *USDT*, přičemž na poplatcích zaplatila 318 *USDT*. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.3.



Obrázek 5.3: Buy and Hold - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Statistiky - Buy and Hold			
Profit	118 038 \$	Počáteční obnos	100 000 \$
Poplatky	318 \$	Koncový obnos	218 038 \$

Tabulka 5.3: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Buy and Hold na kryptoměně Bitcoin od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Konečné, čtvrté období znázorněné na obrázku 5.4 ukazuje výrazné oscilace ceny kolem její nominální hodnoty, přičemž rozdíly činí až 30 %. Nakonec cena skončila o 10 % pod nominální úrovní.

Za toto čtvrté období strategie vykázala ztrátu ve výši 11 875 *USDT*, přičemž na poplatcích zaplatila 188 *USDT*. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.4.



Obrázek 5.4: Buy and Hold - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.

Statistiky - Buy and Hold			
Profit	-11875 \$	Počáteční obnos	100 000 \$
Poplatky	188 \$	Koncový obnos	88 124 \$

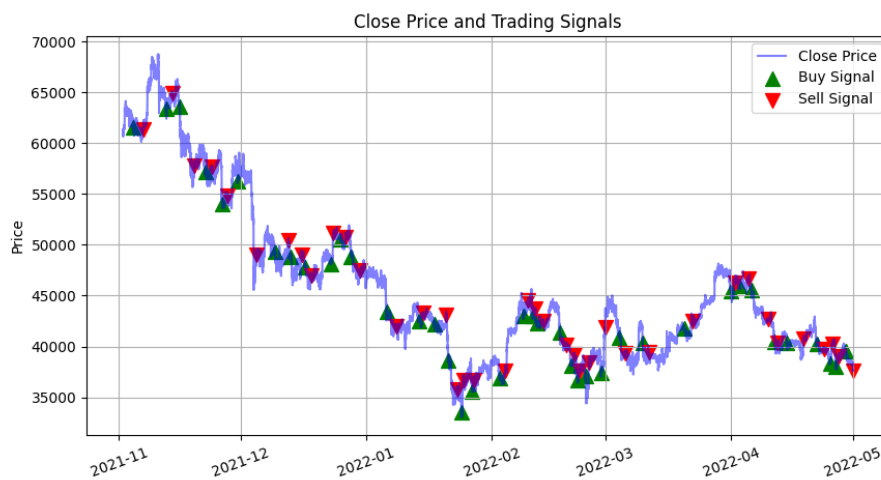
Tabulka 5.4: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Buy and Hold na kryptoměně Kava od 1.2.2023 do 1.8.2023.

5.2 Testování obchodní strategie EMA Crossover

V této sekci jsou zhodnoceny výsledky testování obchodní strategie, která využívá průsečíky dvou technických indikátorů *Exponential Moving Average* (EMA), konkrétně rychlého a pomalého EMA. Tato metoda umožňuje identifikovat potenciální body obratu na trhu prostřednictvím analýzy krátkodobých a dlouhodobých cenových trendů.

Strategie ukončila první období s malým ziskem 1 409 USD, což je pozitivní v medvědím trhu. Průměrná doba obchodu byla skoro dva dny, což naznačuje střednědobý obchodní přístup. Výherní podíl 64 % a relativně vysoké poplatky (7 332 USD) však ukazují na určitou náročnost strategie ve volatilním prostředí.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.5 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.5.



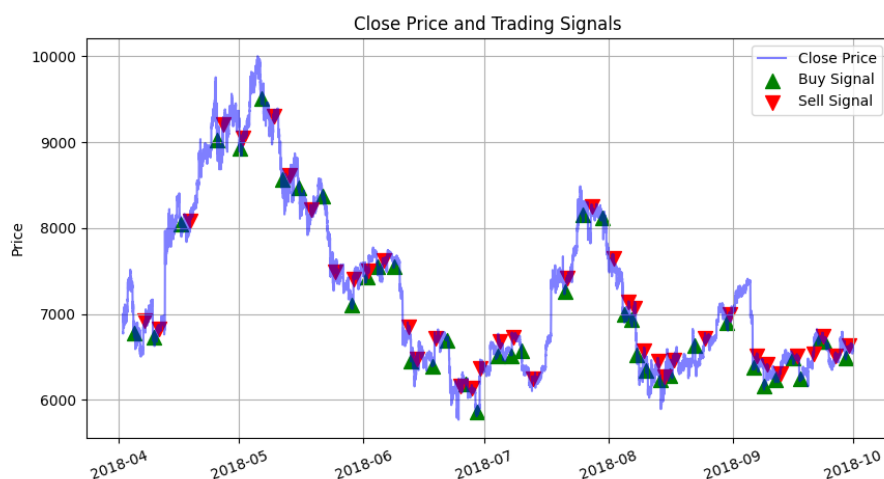
Obrázek 5.5: EMA Crossover - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Statistiky - EMA Crossover			
Profit	1 409 \$	Výherní podíl	64 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	2 483 \$
Koncový obnos	101 409 \$	Průměrná ztráta	4 333 \$
Poplatky	7 332 \$	Maximální ztráta	12 259 \$
Počet obchodů	39	Podíl držení pozic	38 %
Průměrná doba obchodu	41,5 hodin		

Tabulka 5.5: Statistiky výsledků testování obchodní strategie EMA Crossover na kryptoměně Bitcoin od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Zde v druhém období vykázala strategie zisk 7 883 USD s výherním podílem 77 %, což je významné zlepšení. Kratší průměrná doba obchodu a lepší řízení rizik jsou patrné z nižší maximální ztráty a průměrných ztrát oproti prvnímu období.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.6 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.6.



Obrázek 5.6: EMA Crossover - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Statistiky - EMA Crossover			
Profit	7 883 \$	Výherní podíl	77 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 786 \$
Koncový obnos	107 883 \$	Průměrná ztráta	5 274 \$
Poplatky	7 672 \$	Maximální ztráta	10 773 \$
Počet obchodů	40	Podíl držení pozic	37 %
Průměrná doba obchodu	40 hodin		

Tabulka 5.6: Statistiky výsledků testování obchodní strategie EMA Crossover na kryptoměně Bitcoin od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Toto třetí býčí období skončilo pro strategii ztrátou ve výši -3 064 USD, což ukazuje na možné slabiny strategie při využívání příznivých tržních podmínek. Celkový podíl držení pozic byl 34 %, s výherním podílem 56 %. Průměrná doba trvání obchodu byla více než dva dny, což naznačuje pomalou reakci na změny trhu.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.7 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.7.



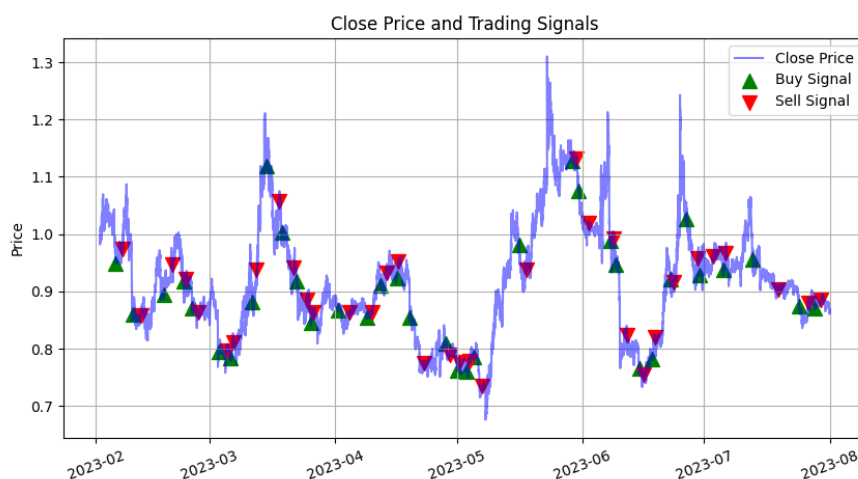
Obrázek 5.7: EMA Crossover - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Statistiky - EMA Crossover			
Profit	-3 064 \$	Výherní podíl	56 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 703 \$
Koncový obnos	96 936 \$	Průměrná ztráta	2 520 \$
Poplatky	4 381 \$	Maximální ztráta	7 867 \$
Počet obchodů	23	Podíl držení pozic	34 %
Průměrná doba obchodu	54 hodin		

Tabulka 5.7: Statistiky výsledků testování obchodní strategie EMA Crossover na kryptoměně Bitcoin od 1.10.2023 do 1.3.2024.

V posledním období strategie zaznamenala značnou ztrátu -30 118 USD. Výherní podíl byl jen 54 %, což je nejnižší ze všech období. Vysoké průměrné ztráty a nejvyšší maximální ztráta ukazují na vysoké riziko spojené s touto strategií v nestabilních tržních podmínkách.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.8 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.8.



Obrázek 5.8: EMA Crossover - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.

Statistiky - EMA Crossover			
Profit	-30 118 \$	Výherní podíl	54 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	2 070 \$
Koncový obnos	69 882 \$	Průměrná ztráta	4 341 \$
Poplatky	6 467 \$	Maximální ztráta	10 969 \$
Počet obchodů	35	Podíl držení pozic	35 %
Průměrná doba obchodu	43 hodin		

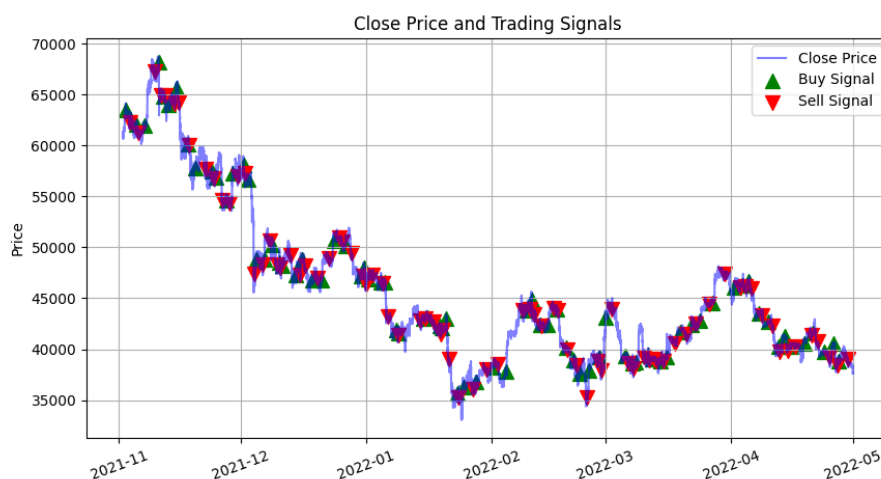
Tabulka 5.8: Statistiky výsledků testování obchodní strategie EMA Crossover na kryptoměně Kava od 1.2.2023 do 1.8.2023.

5.3 Testování obchodní strategie VWAP RSI Combined

V této sekci jsou prezentovány výsledky testování obchodní strategie, která využívá kombinaci technických indikátorů *Value-Weighted Average Price* (VWAP) a *Relative Strength Index* (RSI). Společné využití těchto indikátorů umožňuje strategii identifikovat možné příležitosti k nákupu podhodnocených kryptoměn.

Tato strategie v prvním období medvědího trhu vykázala ztrátu -44 601 USD, s výherním podílem pouze 28 %. Vyšší průměrné zisky (1 962 USD) byly kompenzovány četnými ztrátovými obchody. Vysoké poplatky (11 222 USD) a největší pokles (-14 489 USD) poukazují na náročnost strategie v těchto podmínkách.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.9 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.9.



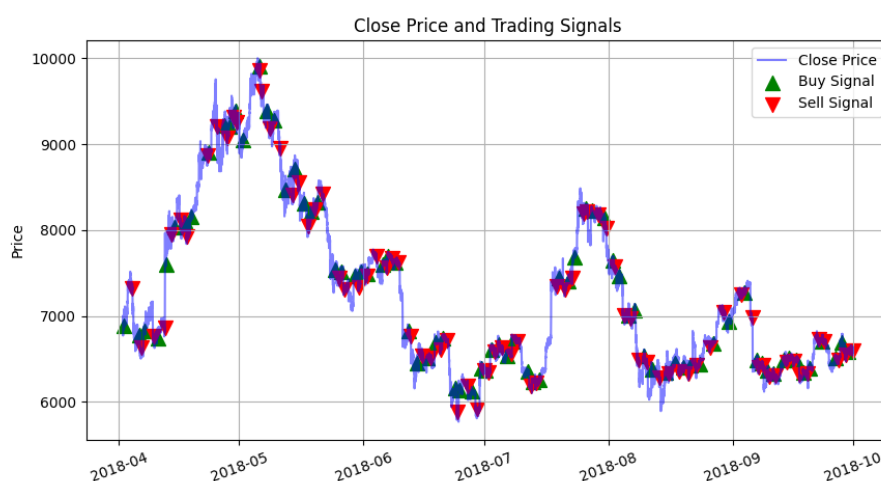
Obrázek 5.9: VWAP RSI Combined - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Statistiky - VWAP RSI Combined			
Profit	-44 602 \$	Výherní podíl	28 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 962 \$
Koncový obnos	55 398 \$	Průměrná ztráta	1 513 \$
Poplatky	12 222 \$	Maximální ztráta	14 489 \$
Počet obchodů	80	Podíl držení pozic	51 %
Průměrná doba obchodu	28 hodin		

Tabulka 5.9: Statistiky výsledků testování obchodní strategie VWAP RSI Combined na kryptoměně Bitcoin od 1.11.2021 do 1.5.2022.

V druhém období byla ztráta menší, -17 360 USD, ale výherní podíl se udržel na podobné úrovni (28 %). Poplatky zůstaly vysoké (15 609 USD), ačkoliv průměrné zisky a ztráty se vyrovnaly. Maximální ztráta se zmenšila na -8 031 USD.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.10 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.10.



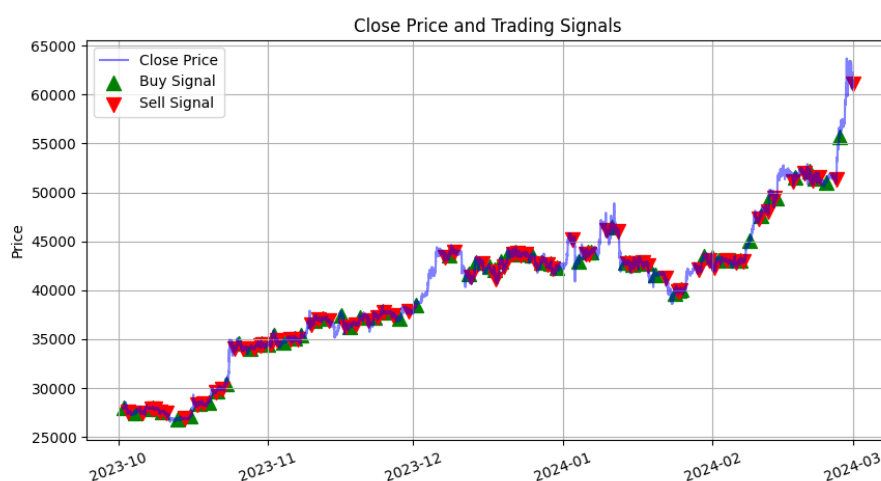
Obrázek 5.10: VWAP RSI Combined - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Statistiky - VWAP RSI Combined			
Profit	-17 360 \$	Výherní podíl	28 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	2 638 \$
Koncový obnos	82 640 \$	Průměrná ztráta	1 709 \$
Poplatky	15 609 \$	Maximální ztráta	8 031 \$
Počet obchodů	79	Podíl držení pozic	55 %
Průměrná doba obchodu	30 hodin		

Tabulka 5.10: Statistiky výsledků testování obchodní strategie VWAP RSI Combined na kryptoměně Bitcoin od 1.4.2018 do 1.10.2018.

V třetím období býčího trhu tato strategie dosáhla výrazného zisku 36 093 USD. Výherní podíl vzrostl na 38 %, průměrné ztráty byly nižší (1 095 USD) a maximální ztráta se snížila na -3 822 USD. To ukazuje na větší efektivitu strategie v příznivých tržních podmínkách.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.11 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.11.



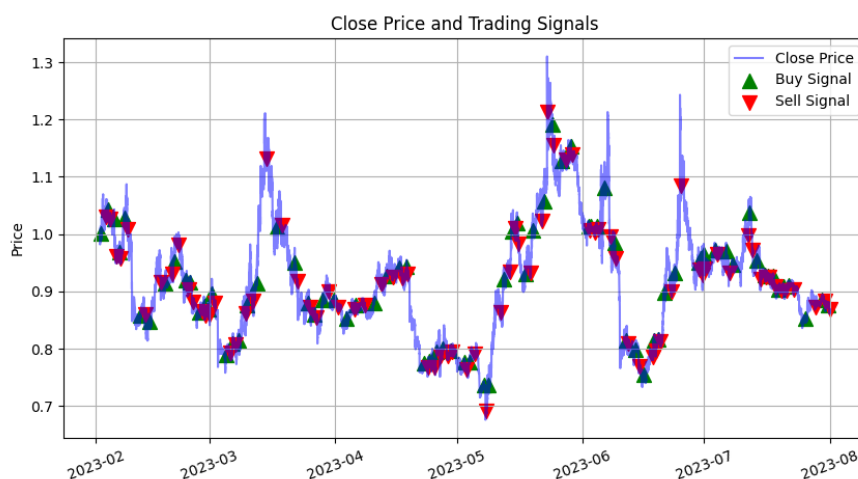
Obrázek 5.11: VWAP RSI Combined - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Statistiky - VWAP RSI Combined			
Profit	36 093 \$	Výherní podíl	38 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	3 162 \$
Koncový obnos	136 093 \$	Průměrná ztráta	1 095 \$
Poplatky	16 267 \$	Maximální ztráta	3 822 \$
Počet obchodů	72	Podíl držení pozic	56 %
Průměrná doba obchodu	28 hodin		

Tabulka 5.11: Statistiky výsledků testování obchodní strategie VWAP RSI Combined na kryptoměně Bitcoin od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Strategie uzavřela poslední čtvrté období se ztrátou -1 661 USD. Ačkoliv byl výherní podíl nízký (33 %), průměrné zisky (4 600 USD) zůstaly výrazné, což kompenzovalo vyšší průměrné ztráty. Poplatky byly nejvyšší (17 221 USD), což spolu s větším maximálním poklesem (-10 123 USD) zdůrazňuje potřebu optimalizace pro vysoce volatilní trhy.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.12 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.12.



Obrázek 5.12: VWAP RSI Combined - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.

Statistiky - VWAP RSI Combined			
Profit	-1 661 \$	Výherní podíl	33 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	4 600 \$
Koncový obnos	98 339 \$	Průměrná ztráta	2 288 \$
Poplatky	17 221 \$	Maximální ztráta	10 123 \$
Počet obchodů	79	Podíl držení pozic	45 %
Průměrná doba obchodu	25 hodin		

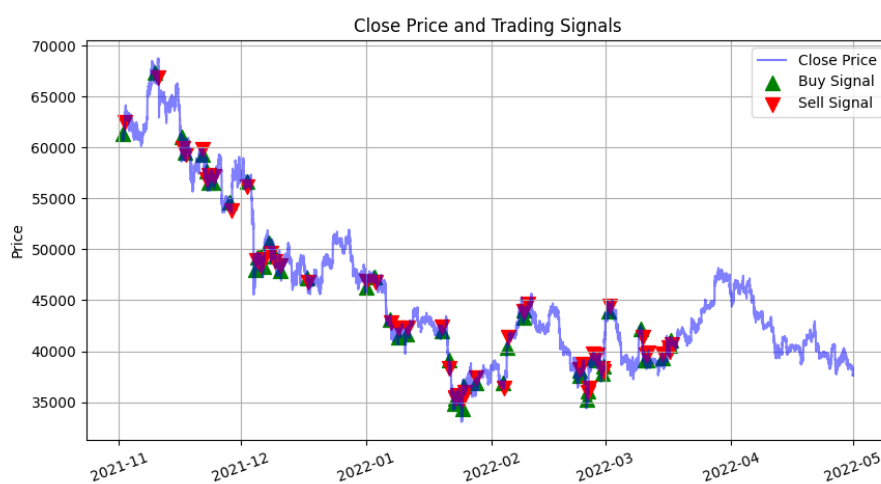
Tabulka 5.12: Statistiky výsledků testování obchodní strategie VWAP RSI Combined na kryptoměně Kava od 1.2.2023 do 1.8.2023.

5.4 Testování obchodní strategie Double Bottom

V této sekci jsou prezentovány výsledky testování obchodní strategie *Double Bottom*, která se zaměřuje na identifikaci specifických bodů, kde dochází k obratu z medvědího trendu na býčí. Strategie využívá zjištění vzoru *Double Bottom* na grafu cen, který signalizuje možný konec poklesu a začátek růstového trendu. Tímto způsobem se snaží najít a využít příležitosti přímo v bodě zlomu mezi dvěma tržními trendy.

V prvním období medvědího trhu zaznamenala strategie zisk 6 001,67 USD, s výherním podílem 58,8 %. I přesto, že průměrné zisky byly nižší než ztráty, relativně nízký počet obchodů a krátká průměrná doba obchodu přispěly k celkovému zisku. Výrazné poplatky (10 197 USD) však snížily konečný profit.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.13 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.13.



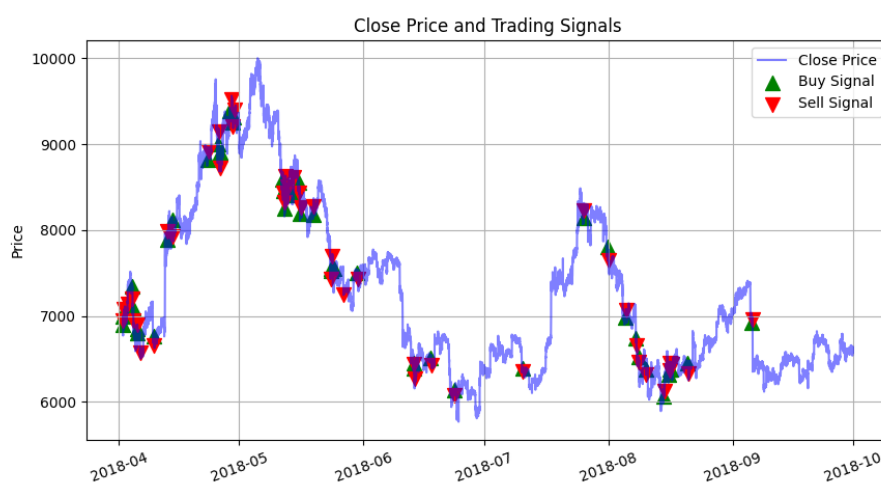
Obrázek 5.13: Double Bottom - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Statistiky - Double Bottom			
Profit	6 002 \$	Výherní podíl	59 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 243 \$
Koncový obnos	106 002 \$	Průměrná ztráta	1 490 \$
Poplatky	10 197 \$	Maximální ztráta	2 280 \$
Počet obchodů	51	Podíl držení pozic	5 %
Průměrná doba obchodu	4,5 hodin		

Tabulka 5.13: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Double Bottom na kryptoměně Bitcoin od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Ve druhém období strategie utrpěla nejvyšší ztrátu -17 118,58 USD, s výherním podílem 52,2 %. Vykázala vyšší průměrné ztráty než zisky a značný maximální pokles (-4 230 USD).

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.14 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.14.



Obrázek 5.14: Double Bottom - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Statistiky - Double Bottom			
Profit	-17 119 \$	Výherní podíl	52 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	948 \$
Koncový obnos	82 881 \$	Průměrná ztráta	1 812 \$
Poplatky	8 388 \$	Maximální ztráta	4 230 \$
Počet obchodů	46	Podíl držení pozic	5 %
Průměrná doba obchodu	5,5 hodin		

Tabulka 5.14: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Double Bottom na kryptoměně Bitcoin od 1.4.2018 do 1.10.2018.

V býčím trhu strategie zaznamenala ztrátu -11 405,44 USD. S nižším počtem obchodů a nižším výherním podílem (45,8 %) nebyla schopna využít příležitostí na trhu.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.15 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.15.



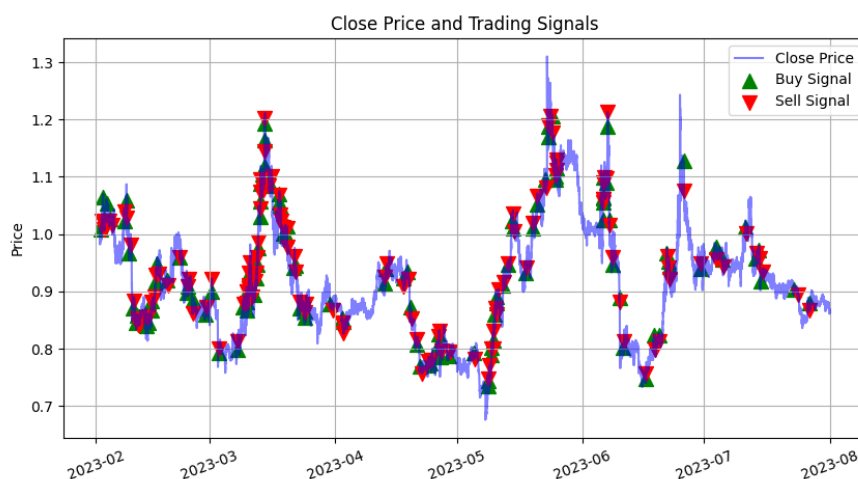
Obrázek 5.15: Double Bottom - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Statistiky - Double Bottom			
Profit	-11 405 \$	Výherní podíl	46 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 108 \$
Koncový obnos	88 595 \$	Průměrná ztráta	1 815 \$
Poplatky	4 639 \$	Maximální ztráta	3 307 \$
Počet obchodů	24	Podíl držení pozic	5 %
Průměrná doba obchodu	7,5 hodin		

Tabulka 5.15: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Double Bottom na kryptoměně Bitcoin od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Čtvrté období přineslo ztrátu -10 464,12 USD s výherním podílem 60,5 %, ale vysoké poplatky (24 778 USD) a nejvyšší maximální pokles za všechna období (-10 133 USD) znamenaly, že i při relativně vyšším počtu výherních obchodů byla strategie ztrátová.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.16 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.16.



Obrázek 5.16: Double Bottom - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.

Statistiky - Double Bottom			
Profit	-10 464 \$	Výherní podíl	60 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 171 \$
Koncový obnos	89 536 \$	Průměrná ztráta	1 996 \$
Poplatky	24 778 \$	Maximální ztráta	10 133 \$
Počet obchodů	129	Podíl držení pozic	11 %
Průměrná doba obchodu	3,5 hodin		

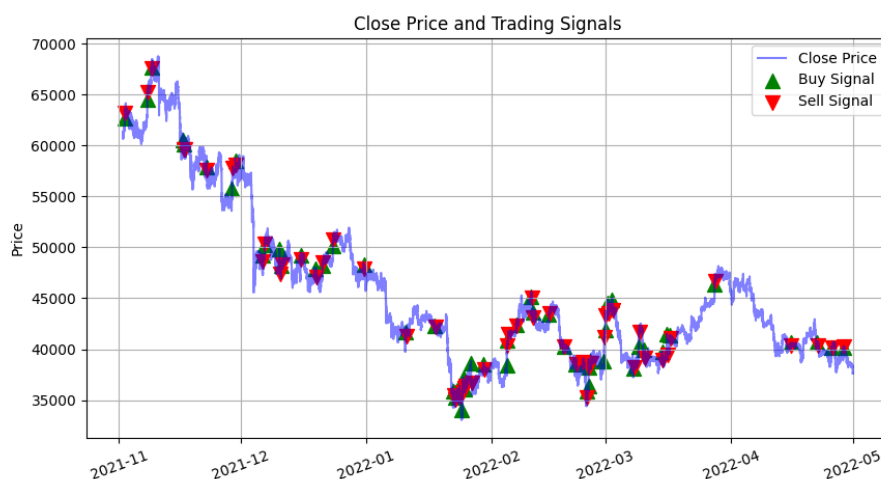
Tabulka 5.16: Statistiky výsledků testování obchodní strategie Double Bottom na kryptoměně Kava od 1.2.2023 do 1.8.2023.

5.5 Testování obchodní strategie XGBoost

V této sekci je testována obchodní strategie, která využívá naučeného modelu *XGBoost*. Model byl trénován na jiných datech, než na kterých probíhaly testy. To zajišťuje, že výsledky nejsou zkreslené možným přizpůsobením modelu přímo na testované kryptoměny, což umožňuje objektivní hodnocení jeho výkonnosti. Cílem strategie je využít model *XGBoost* k predikci pravděpodobnosti budoucího cenového vývoje a na základě této analýzy reagovat na tržní příležitosti.

V prvním období, kde významně převládal medvědí trh, strategie XGBoost zaznamenala ztrátu -18,248.62 USD s velmi nízkým výherním podílem 30.9 %. Nízké průměrné zisky ve srovnání se ztrátami a relativně vysoké poplatky (9,839.72 USD) zhoršily výsledky, což naznačuje, že strategie nebyla schopna efektivně adaptovat své predikce na negativní tržní podmínky.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.17 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.17.



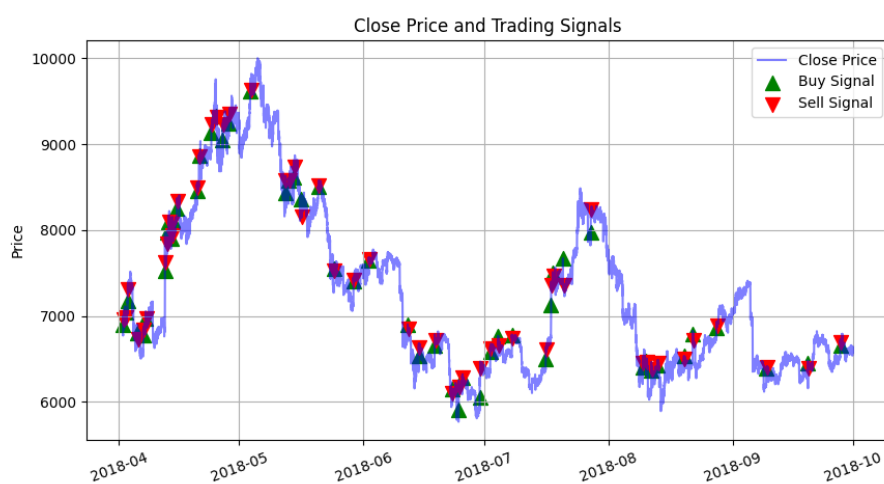
Obrázek 5.17: XGBoost - BTC - od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Statistiky - XGBoost			
Profit	-18 249 \$	Výherní podíl	31 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 878 \$
Koncový obnos	81 751 \$	Průměrná ztráta	1 320 \$
Poplatky	9 840 \$	Maximální ztráta	5 046 \$
Počet obchodů	55	Podíl držení pozic	5 %
Průměrná doba obchodu	4 hodiny		

Tabulka 5.17: Statistiky výsledků testování obchodní strategie XGBoost na kryptoměně Bitcoin od 1.11.2021 do 1.5.2022.

Ve druhém období strategie ukázala zlepšení s profitem 9,369.19 USD, avšak výherní podíl zůstal pod 50 %, což znamená, že strategie byla stále náchylná k ztrátovým obchodům. Nízký průměrný zisk proti průměrné ztrátě a vysoké poplatky (10,967.86 USD) omezily celkový zisk.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.18 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.18.



Obrázek 5.18: XGBoost - BTC - od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Statistiky - XGBoost			
Profit	9 369 \$	Výherní podíl	48 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 442 \$
Koncový obnos	109 369 \$	Průměrná ztráta	988 \$
Poplatky	10 968 \$	Maximální ztráta	4 845 \$
Počet obchodů	52	Podíl držení pozic	4 %
Průměrná doba obchodu	3,75 hodin		

Tabulka 5.18: Statistiky výsledků testování obchodní strategie XGBoost na kryptoměně Bitcoin od 1.4.2018 do 1.10.2018.

Během třetího období býčího trhu zaznamenala strategie ztrátu -10,455.15 USD s dalším nízkým výherním podílem 38.5 %. Téměř dvojnásobně vyšší průměrná ztráta oproti průměrnému zisku a nízký počet obchodů (13) ukazují na nespolehlivost strategie využít příležitosti býčího trhu.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.19 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.19.



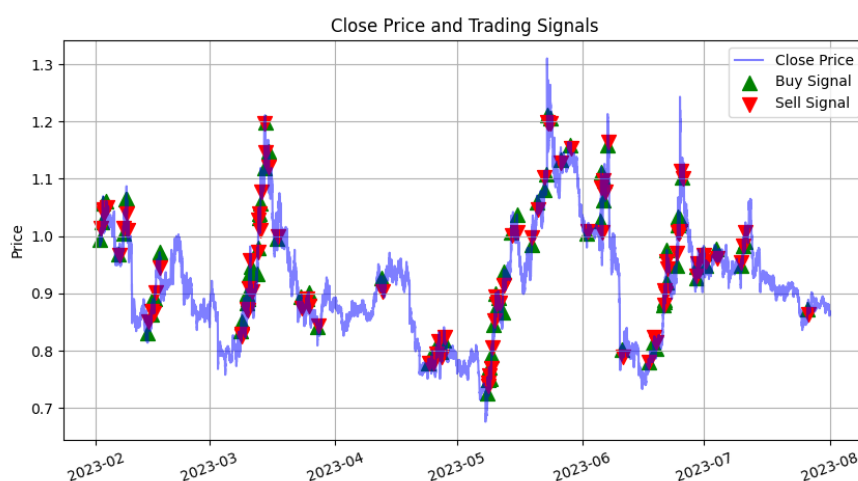
Obrázek 5.19: XGBoost - BTC - od 1.10.2023 do 1.3.2024.

Statistiky - XGBoost			
Profit	-10 455 \$	Výherní podíl	38 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 173 \$
Koncový obnos	89 545 \$	Průměrná ztráta	2 040 \$
Poplatky	2 533 \$	Maximální ztráta	4 509 \$
Počet obchodů	13	Podíl držení pozic	1 %
Průměrná doba obchodu	4 hodiny		

Tabulka 5.19: Statistiky výsledků testování obchodní strategie XGBoost na kryptoměně Bitcoin od 1.10.2023 do 1.3.2024.

V tomto období strategie zaznamenala ztrátu -15,502.41 USD s výherním podílem 43.96 %. Vysoké poplatky (15,480.36 USD) a častější obchodování (91 obchodů) nevedly ke zlepšení výsledků, přičemž průměrné zisky byly opět nižší než ztráty. Toto období zdůrazňuje výzvy spojené s adaptací strategie na volatilní trhy.

Grafické znázornění průběhu testování je k vidění na obrázku 5.20 a statistiky výsledků jsou zobrazeny v tabulce 5.20.



Obrázek 5.20: XGBoost - KAVA - od 1.2.2023 do 1.8.2023.

Statistiky - XGBoost			
Profit	-15 502 \$	Výherní podíl	44 %
Počáteční obnos	100 000 \$	Průměrný zisk	1 799 \$
Koncový obnos	84 498 \$	Průměrná ztráta	1 715 \$
Poplatky	15 480 \$	Maximální ztráta	8 287 \$
Počet obchodů	91	Podíl držení pozic	8 %
Průměrná doba obchodu	4 hodiny		

Tabulka 5.20: Statistiky výsledků testování obchodní strategie XGBoost na kryptoměně Kava od 1.2.2023 do 1.8.2023.

5.6 Porovnání výkonosti všech obchodních strategií

V této kapitole jsou porovnány výkonnosti jednotlivých obchodních strategií vůči strategii *Buy and Hold*, která slouží jako benchmark. Porovnání ziskovosti všech obchodních strategií je přehledně zobrazené v tabulce 5.21.

Statistiky - Všechny strategie				
	První	Druhé	Třetí	Čtvrté
Buy and Hold	-38,3 %	-2,5 %	118,0 %	-11,9 %
EMA Crossover	1,4 %	7,9 %	-3,6 %	-30,1 %
VWAP RSI Combined	-44 %	-17,4 %	36,1 %	-1,7 %
Double Bottom	6 %	-17,1 %	-11,4 %	-10,5 %
XGBoost	-18 %	9,4 %	-10,5 %	-15,5 %

Tabulka 5.21: Statistiky výnosů pro všechny testované obchodní strategie.

Strategie *EMA Crossover* v prvním období vykázala malý zisk, což je ve srovnání s výraznou ztrátou benchmarku pozitivním výsledkem. Ve druhém období strategie překonala benchmark s přírůstkem téměř 8 procent. Ve třetím období však nebyla schopna využít

potenciál trhu a skončila s mírnou ztrátou. V posledním, vysoce volatilním období zaznamenala strategie ztrátu třikrát vyšší než benchmark, což může značit, že dlouhý interval pro vyhodnocení kupní pozice nemusí být v takových podmínkách vhodný.

Strategie **VWAP RSI Combined** v prvním období vykázala výsledky blízké benchmarku. Ve druhém období sice zaznamenala ztrátu, avšak ta byla výraznější oproti benchmarku. Ve třetím období se ukázala jako nejúspěšnější ze všech testovaných strategií ve využití potenciálu býčího trhu, přesto dosáhla pouze na zlomek zisků benchmarku. Ve čtvrtém období dokázala oproti benchmarku vykázat nižší ztráty. Charakteristickým rysem této strategie je její schopnost reflektovat obecnou tržní náladu. Její efektivita je nicméně omezena velkým počtem realizovaných obchodů a s nimi spojenými vysokými poplatky, které v průběhu testování dosáhly nejvyšších hodnot.

Strategie **Double Bottom** se osvědčila zejména v prvním medvědí období, kde zaznamenala nejvyšší zisk mezi všemi testovanými strategiemi. Její úspěch lze připsat schopnosti identifikovat moment po dlouhém poklesu, kdy dochází k mírné korekci trhu s následným krátkodobým vzestupem ceny, což tato strategie efektivně využila k dosažení zisku. V dalších obdobích však strategie vykazovala ztráty srovnatelné nebo vyšší než benchmark, přičemž ve třetím býčím období zaznamenala rekordní ztrátu. V druhém období bylo pozorováno zvýšené množství transakcí, což naznačuje potřebu korekce koeficientů používaných pro identifikaci technického indikátoru na volatilnějším trhu, aby se zvýšila celková výkonnost strategie.

Strategie **XGBoost** v prvním období zaznamenala poloviční ztrátu ve srovnání s benchmarkem. Ve druhém období však prokázala výraznou návratnost, což ji řadí na první místo mezi všemi testovanými strategiemi. Během třetího období, ačkoliv trh vykazoval býčí trend, strategie vykázala výrazně nejnižší obchodní aktivitu ze všech období a dosáhla desetiprocentní ztráty. V posledním, vysoce volatilním období, i přes efektivní identifikaci krátkodobých strmých býčích trendů, strategie skončila s mírně vyšší ztrátou než benchmark. Zdá se, že by pro zlepšení výsledků bylo vhodné strategii natrénovat na širším spektru dat a upravit kritéria pro uzavření pozic. Aktuálně strategie dobře identifikuje střednědobé nástupy býčích trendů, avšak opouští je příliš brzy, což omezuje její celkovou efektivitu.

Kapitola 6

Závěr

Bakalářská práce si kladla za cíl vytvořit Automatický Obchodní Systém (AOS), který by umožnil automatizované obchodování s kryptoměny na základě historických cenových dat. V rámci systému bylo implementováno několik obchodních strategií, od jednoduchých, řízených uživatelskými pokyny, až po složité, založené na algoritmech umělé inteligence. Dále bylo cílem otestovat tyto strategie na historických burzovních datech.

Vývoj systému probíhal v jazyce Python a zahrnoval dvě hlavní funkcionality: simulaci obchodování na historických datech a možnost reálného obchodování na testovacím účtu u brokera Binance. Systém umožňuje sběr jak historických, tak aktuálních dat z burzy a poskytuje nástroje pro statistické zpracování obchodních výsledků, jejich vizualizaci a uložení v souborovém systému. Grafické uživatelské rozhraní systému vytvořené pomocí frameworku PyQt umožňuje uživateli snadné zadávání obchodních parametrů a sledování výsledků obchodování. Pro zajištění plynulého chodu uživatelského prostředí byl do systému implementován procesový paralelismus. AOS je vybaven schopností spouštět až dva paralelní podprocesy: jeden je určen pro simulaci obchodování na historických datech, zatímco druhý slouží pro skutečné obchodování na účtu brokera.

Obchodní strategie v práci byly zaměřeny na obchodní styl scalping, který je oblíbený zejména u zkušenějších obchodníků pro jeho schopnost generovat zisk z krátkodobých cenových pohybů. Tento styl vyžaduje provedení velkého počtu obchodů v krátkém časovém intervalu, což s sebou nese vysoké poplatky za transakce. Obchodní data jsou analyzována na základě pětiminutových intervalů a rozhodnutí o koupi nebo prodeji jsou učiněna s využitím technické analýzy. Celkově bylo v systému implementováno pět obchodních strategií, které byly testovány na čtyřech půlročních obdobích dvou kryptoměn.

První z obchodních strategií je velmi jednoduchá a nevyužívá žádná historická data. Na začátku obchodního období strategie nakoupí kryptoměnu za předem stanovený obnos a na konci tohoto období ji prodá. Primárně slouží jako kontrolní strategie pro srovnání efektivity ostatních, komplexnějších strategií.

Druhá obchodní strategie využívá dva technické indikátory Exponential Moving Average pro posouzení, zda je kryptoměna podhodnocena nebo nadhodnocena vzhledem k její aktuální tržní ceně. Tato strategie překonala kontrolní strategii ve dvou ze čtyř testovaných období, což signalizuje její částečnou účinnost. Přesto celková efektivita této strategie není zcela přesvědčivá, zejména kvůli nižším ziskům a výrazné ztrátě zaznamenané během čtvrtého, vysoce volatilního období.

Třetí strategie využívá technické indikátory Volume-Weighted Average Price a Relative Strength Index k identifikaci momentů, kdy je kryptoměna podhodnocena či nadhodnocena. Přestože strategie překonala kontrolní strategii pouze v posledním testovaném období, v

ostatních obdobích za ní výrazně nezaostávala. Strategie prováděla velký objem obchodů, což mělo za následek vysoké poplatky spojené s těmito transakcemi. Tyto poplatky se výrazně promítly do celkových výsledků strategie, což vedlo k její celkové nižší výnosnosti.

Čtvrtá strategie využívá technickou analýzu pro identifikaci vzoru "Double Bottom", na jehož základě iniciuje nákup a následně nastavuje prodejní cíle. Tato strategie dokázala ve dvou testovacích obdobích překonat kontrolní strategii. Zejména ve volatilním období recese dosáhla výrazného zisku, naopak během býčího trhu se potýkala s většími ztrátami. Tato variabilita výsledků ukazuje na její citlivost na tržní podmínky a potenciální rizika.

Pátá strategie založená na prediktivním modelu XGBoost využila historická cenová a indikátorová data k odhadu budoucích cenových trendů. Tato strategie dosáhla lepších výsledků než kontrolní strategie v dvou testovacích obdobích, avšak zisku dosáhla pouze v druhém období.

Z výsledků testování lze vyvodit závěr, že žádná z implementovaných strategií se neprokázala jako stabilně profitabilní. Některé strategie ukázaly potenciál při specifických tržních podmínkách, avšak při zohlednění celkových výsledků musí být definovány jako vysoce rizikové.

Tato práce nabízí prostor pro rozšíření, například implementací mechanismů Stop Loss a Take Profit pro obchodování u brokera, což by mohlo přispět k lepšímu řízení rizik. Systém by také mohl být rozšířen o používání dalších typů obchodních objednávek, což by zvýšilo jeho flexibilitu a adaptabilitu na různé obchodní scénáře. Dále by mohl integrovat optimalizační nástroj, který by upravoval nastavení technických indikátorů podle historických dat konkrétního měnového páru. To by mohlo zlepšit přesnost a výkonnost obchodních strategií. Model XGBoost by se mohl speciálně trénovat na datech kryptoměnového páru, na kterém se následně používá, což by mohlo zvýšit jeho prediktivní schopnosti a celkovou efektivitu strategie.

Literatura

- [1] BINANCE. *Co to je Ethereum?* [online]. Binance, 2020. Dostupné z: <https://academy.binance.com/cs/articles/what-is-ethereum>.
- [2] BINANCE. *Market Makers and Market Takers Explained* [online]. 20. dubna 2023. [cit. 2023-12-20]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/en/articles/what-are-makers-and-takers>.
- [3] CHEN, J. *What Are Double Bottom Patterns?* [online]. 13. listopadu 2022. [cit. 2023-4-20]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/doublebottom.asp>.
- [4] CHOHAN, U. W. *A History of Bitcoin* [online]. 5. února 2022. [cit. 2023-1-20]. Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3047875.
- [5] FERNANDO, J. *Relative Strength Index (RSI) Indicator Explained With Formula* [online]. 1. února 2024. [cit. 2023-2-5]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/r/rsi.asp>.
- [6] FERNANDO, J. *Volume-Weighted Average Price (VWAP): Definition and Calculation* [online]. 26. ledna 2024. [cit. 2023-2-5]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/v/vwap.asp>.
- [7] GEEKSFORGEES. *Difference between Rest API and Web Socket API* [online]. 23. března 2023. [cit. 2024-1-20]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-rest-api-and-web-socket-api/>.
- [8] HAYES, A. *Simple Moving Average (SMA): What It Is and the Formula* [online]. 30. září 2023. [cit. 2023-2-5]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/s/sma.asp>.
- [9] INVESTOPEDIA. *Technická analýza* [online]. 26. listopadu 2020. [cit. 2023-1-5]. Dostupné z: <https://www.investopedia.sk/2020/11/26/technicka-analyza-technical-analysis/>.
- [10] JÍLEK, J. *Finance v globální ekonomice. I, Peníze a platební styk*. Finanční trhy a instituce. U Průhonů 22, Praha 7: Grada Publishing a.s., 2013. 17-29, 50-89 s. ISBN 978-80-247-3893-2.
- [11] JÍLEK, J. *Finance v globální ekonomice. II, Měnová a kurzová politika*. Finanční trhy a instituce. U Průhonů 22, Praha 7: Grada Publishing a.s., 2013. 16-22 s. ISBN 978-80-247-4516-9.
- [12] KRAFT, J., BEDNÁŘOVÁ, P. a KOCOUREK, A. *Ekonomie I*. 4. upravené. Technická univerzita v Liberci, 2009. 46-52 s. ISBN 978-80-7372-527-3.

- [13] KRANTZ, M. *Fundamental Analysis For Dummies*. 3rd edition. 111 River Street, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., květen 2023. 38-48 s. ISBN 978-1-394-15969-7.
- [14] LEWIS, A. *The basics of bitcoins and blockchains : an introduction to cryptocurrencies and the technology that powers them*. 1st edition. Coral Gables, FL: Mango Publishing Group, 2021. ISBN 978-1-64250-673-0.
- [15] NELMS, C. T. a PEDERSON, D. *A cultural history of money*. In the modern age. 50 Bedford Square, London, WC1B 3DP, UK: Bloomsbury Publishing Plc, 2019. 27-52 s. ISBN 978-1-47423-711-6.
- [16] PLAŇANSKÝ, M. *Technická analýza – Základní informace o technické analýze* [online]. 2023. [cit. 2023-1-5]. Dostupné z: <https://www.xtb.com/cz/vzdelavani/technicka-analyza-zakladni-informace>.
- [17] ROTHBARD, M. *Peníze v rukou státu: jak vláda zničila naše peníze*. 1. vydání. Fish&Rabbit, 2001. 88-101 s. ISBN 978-80-907962-4-9.
- [18] SEC. *Trading Basics: understanding the Different Ways to Buy and sell stock* [online]. 30. července 2023. [cit. 2023-12-20]. Dostupné z: <https://www.sec.gov/investor/alerts/trading101basics.pdf>.
- [19] SIEROŃ, A. *Money, inflation and business cycles: the Cantillon effect and the economy*. Routledge international studies in money and banking. London: Routledge, 2019. 15-29 s. ISBN 978-0-367-08665-7.
- [20] STROUKAL, D. *Bitcoin a jiné kryptopeníze budoucnosti : historie, ekonomie a technologie kryptoměn, stručná příručka pro úplné začátečníky*. 2. rozšířené vydání. Grada Publishing, 2018. 12-64, 75-87 s. ISBN 978-80-271-0742-1.
- [21] TĚTEK, J. *Bitcoin: odluka peněz od státu*. 1. vydání. Braiins Publishing, 2022. ISBN 978-80-907875-8-1.
- [22] *Tether: Fiat currencies on the Bitcoin blockchain* [online]. 10. června 2014. [cit. 2023-12-28],[White Paper]. Dostupné z: <https://assets.ctfassets.net/vyse88cgwfb1/5UWgHMvz071t2Cq5yTw5vi/c9798ea8db99311bf90ebe0810938b01/TetherWhitePaper.pdf>.
- [23] THOMPSON, C. *Bollinger Bands: What They Are, and What They Tell Investors* [online]. 15. ledna 2024. [cit. 2023-2-5]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/bollingerbands.asp>.
- [24] TITZE, M. *Japonská dlouhodobá stagnace a měnová politika*. První. Praha: Oeconomia, 2016. 107-123 s. ISBN 978-80-245-2148-0.
- [25] WADE, J. *How to Analyze Cryptocurrency: The Basics* [online]. 10. prosince 2023. [cit. 2023-1-10]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/analyze-crypto-6456223>.
- [26] ZUCHI, K. *Four Types of Active Traders* [online]. 29. března 2023. [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/articles/active-trading/11/four-types-of-active-traders.asp>.