

Principy automatizovaného obchodování na kryptoměnových burzách

Principles of automated trading on cryptocurrency exchanges

Bc. Lukáš Moravec

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Radoslav Fasuga, Ph.D.

Ostrava, 2023

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Lukáš Moravec

Studijní program:

N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor:

2612T025 Informatika a výpočetní technika

Téma:

Principy automatizovaného obchodování na kryptoměnových burzách
Principles of Automated Trading on Cryptocurrency Exchanges

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vytvoření nástroje, který bude provádět technickou analýzu obchodování kryptoměn na vybraných burzách a bude sloužit jako otevřená platforma pro implementaci nákupních a prodejních strategií. Uživatel pak bude moci definovat vlastní strategie, případně využít přednastavené šablony. Nástroj bude pracovat s dostupnými historickými statistikami obchodování (Coinbase Pro a Binance). Cílem je minimalizovat možné ztráty způsobené vysokou volatilitou kurzů kryptoměn.

1. Student provede analýzu dostupných nástrojů (kryptoměnových botů), řešení a metod technické analýzy historických obchodů na burze kryptoměn (Coinbase Pro nebo Binance) a definuje požadavky na univerzální systém, který by umožnil automatizovaný nákup a prodej kryptoměn na základě uživatelem definovaných strategií a pravidel.
2. Student se seznámí s API a testovacími rozhraními, které poskytují světové burzy (Binance, Coinbase Pro) a na jejich základě vystaví infrastrukturu pro automatizovaný nákup a prodej kryptoměn.
3. Student implementuje minimálně jeden algoritmus pro automatizovaný nákup a prodej kryptoměn a zdokumentuje vlastní řešení tak, aby zde šly jednoduše integrovat další rozšiřující algoritmy a strategie.
4. Rovněž se student zaměří na popis legislativního rámce v České Republice a EU ve vztahu k přijímání plateb za produkty a služby v kryptoměnách.
5. Na základě vybraných technologií a dostupných API student provede analýzu, návrh a implementaci vlastního řešení pro automatizované obchodování a technickou analýzu, na jejímž základě se definují a otestují pravidla pro nákup a prodej kryptoměn.
6. Výstupem práce bude metodická příručka zabývající se problematikou automatizovaného nákupu a prodeje kryptoměn na světových burzách.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Afzal, A., & Asif, A. (2019). Cryptocurrencies, Blockchain and Regulation: A Review. The Lahore Journal of Economics, 24(1), 103–130.
- [2] Flori, A. (2019). Cryptocurrencies In Finance: Review and Applications. International Journal of Theoretical and Applied Finance, 22(5), 1–22.
- [3] Duque, J. J. (2020). State Involvement in Cryptocurrencies. A Potential World Money? The Japanese Political Economy, 46(1), 65–82.
- [4] Layered Money - From Gold and Dollars to Bitcoin and Central Bank Digital Currencies - Nik Bhatia
- [5] Bitcoin and Cryptocurrency Trading & Investing Must Have Wallets, Trading Tools, Exchanges, Trading Bots, Candlestick Patterns and Trading Psychology | 4 Books In 1 - Boris Weiser

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Radoslav Fasuga, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2022

Datum odevzdání: 30.04.2023

Garant studijního oboru: prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.

V IS EDISON zadáno: 07.11.2022 11:59:22

Abstrakt

Diplomová práce cílí na vytvoření kryptoměnového bota. Popisuje kryptoměny a zmiňuje jakým způsobem se aktuálně kryptoměny obchodují. Součástí práce je krátký úvod do technické analýzy včetně popisu několika grafových vzorů a technických indikátorů jakožto možný způsob pro analýzu kryptoměnových párů a automatizování obchodování. Dále lze v práci přechist srovnání několika vybraných existujících kryptobotů a legislativní rámec týkající se kryptoměn. V praktické části je popsán implementovaný kryptobot, který na základě vytvořených obchodních příkazů uskutečňuje reálné obchody na burze. Výsledný kryptobot byl napsán v jazyce Python a pro persistenci dat využívá SŘBD MySQL.

Klíčová slova

kryptoměny; kopce a doliny; burza; technická analýza; Python; kryptobot

Abstract

The thesis aims to create a cryptocurrency trading bot. It describes cryptocurrencies and mentions how cryptocurrencies are currently traded. The thesis includes a brief introduction to technical analysis, including a description of several chart patterns and technical indicators as a possible way to analyze cryptocurrency pairs and automate trading. In addition, the thesis compares several selected existing crypto-bots and the legislative framework regarding cryptocurrencies. The practical part describes the implemented crypto-bot, which executes real trades on the exchange based on created trading orders. The resulting crypto-bot was written in Python and uses MySQL as a database management system for data persistence.

Keywords

cryptocurrency; peak and valley, exchange; technical analysis, Python; cryptobot

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl velice poděkovat všem, kteří mi pomohli při tvorbě této práce. Především patří můj vděk vedoucímu této diplomové práce, Ing. Radoslavovi Fasugovi, PhD., který věnoval mnoho času zodpovídáním otázek a konzultacemi. Poděkování patří taktéž mé přítelkyni a mé rodině za trpělivost a podporu.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
1 Úvod	11
2 Kryptoměny a obchodování na burzách	13
2.1 Coiny, chytré kontrakty a tokeny	13
2.2 Ověřování transakcí	14
2.3 Kryptoměnové burzy	17
3 Technická analýza	22
3.1 Historie	22
3.2 Principy	23
3.3 Grafové vzory	23
3.4 Support a resistance	28
3.5 Indikátory	28
4 Automatizované kryptoměnové obchodování	35
4.1 Kryptoboti	35
4.2 Analýza a srovnání existujících kryptobotů	37
4.3 Srovnání kryptobotů	38
5 Legislativa	40
6 Implementace kryptobota	44
6.1 Fungování kryptobota	44
6.2 Výběr párů a realizace obchodních příkazů	45
6.3 Komunikace s burzou	50

6.4	Možná budoucí vylepšení	62
7	Závěr	68
	Literatura	69

Seznam použitých zkratek a symbolů

GTC	– Good-Till-Cancel
FOK	– Fill-Or-Kill
IOC	– Immediate-Or-Cancel
OCO	– One-Cancels-the-Other
PoS	– Proof-of-Stake
PoA	– Proof-of-Authority
PoW	– Proof-of-Work
DPoS	– Delegated Proof-of-Stake
DeFi	– Decentralized Finance
MiCA	– Markets in Crypto-Assets

Seznam obrázků

2.1	Používané grafy a popis svíčky	18
2.2	Příkaz limit s hraniční cenou	20
3.1	Vzor „head and shoulders“	24
3.2	Vzor „cup and handle“	24
3.3	Vzor „double top“	25
3.4	Vzor „triple top“	26
3.5	Vzor „wedge“	27
3.6	Vzor „triangle“	27
3.7	Znázornění indikátoru OBV	29
3.8	Znázornění indikátoru SMA a EMA	30
3.9	Indikátoru RSI se signály překoupeného a přeprodaného trhu	31
3.10	Znázornění indikátoru MACD s popisem	33
3.11	Stochastický oscilátor	34
3.12	Bollingerova pásma s vizualizací kontrakce a roztažení	34
6.1	Dělení obchodního příkazu	47
6.2	Strategie opakování obchodu	48
6.3	Aktivitní diagram zasílání příkazu	59
6.4	Sekvenční diagram komponenty Stream listener	61

Seznam tabulek

4.1	Tabulka srovnání kryptobotů	39
6.1	Parametry pro zadání nového příkazu	52
6.2	Parametry pro zrušení příkazu	53
6.3	Parametry pro vytvoření nového OCO příkazu	54
6.4	Parametry pro zrušení OCO příkazu	55
6.5	Parametry pro získání průměrné ceny	56
6.6	Pravidla cenového filtru	56
6.7	Pravidla procentuálního cenového filtru	57
6.8	Pravidla velikosti lotu	57
6.9	Pravidla nominální hodnoty	58
6.11	Porovnání tabulky trade_order_template a trade_order	67

Kapitola 1

Úvod

Kryptoměnové trhy, obchodování a celková budoucnost tohoto fenoménu je zajímavým tématem dnešní doby. Vysoká volatilita, jakožto jedna z hlavních charakteristik tohoto trhu, s sebou přináší možnost interesantních strategií obchodování. Tato práce je zaměřena právě na téma nalezení vhodných příležitostí obchodování kryptoměnových párů na světových burzách. Hlavním cílem je vytvořit nástroj pro automatizované provádění technické analýzy a obchodování kryptoměn.

Teoretická část práce, která je zároveň první částí, se zaměřuje na obecný popis kryptoměn, co to je kryptoměna, blockchain a jakými způsoby probíhá ověřování validní transakce. Dále jsou přiblíženy kryptoměnové burzy, jejich historie a poskytované funkce. S burzami se pojí i obchodní příkazy. Rozdíly mezi jednotlivými obchodními příkazy a způsob, jak jsou vykonávány je taktéž součástí první části této práce.

Druhá kapitola se zabývá technickou analýzou, jež slouží jako základ pro automatizované obchodování kryptobota. Je zde uvedena historie technické analýzy a hlavní principy na které je postavena. Důležitou součástí této kapitoly jsou grafové vzory a technické indikátory. Pro názornost je součástí každého vzoru i indikátoru vizualizace.

Následující, třetí, kapitola analyzuje existující kryptoboty a jejich funkce. Vysvětluje, na jakých hlavních bodech kryptoboti staví respektive jak lze kryptoboty rozdělit do několika kategorií. Shrnují se zde výhody a nevýhody oproti tradičnímu obchodování.

Předposlední kapitola je věnována legislativě. Popisuje se převážně český legislativní rámec kryptoměn, jejich obchodování a danění. Důležitou částí je však taky popis chystané evropské regulace MiCA. Je zde uvedeno, jak MiCA kategorizuje kryptoaktiva a jednotlivé pravidla pro vydávání a zacházení s nimi.

Finální kapitola se zabývá praktické implementační částí. Popsán je hlavní princip kryptobota, využití metody technické analýzy a scénáře obchodování. Čtenáři je blíže přiblíženo jak kryptobot vybírá vhodné páry k obchodování. Součástí je i popis jednotlivých případů opakování obchodních příkazů a skutečné provedení. V rámci kapitoly je uvedeno, jak probíhá komunikace s burzou Binance. Poslední částí této kapitoly je shrnutí vykonaných obchodů a výdělečnosti kryptobota. Dále

je popsáno, jak lze bota rozšířit, jaké funkce lze přidat aby se stal ještě robustnějším nástrojem pro ziskové obchodování.

Kapitola 2

Kryptoměny a obchodování na burzách

Fenomén Bitcoinu, který jako první odstartoval kryptoměnový boom, způsobil várku mnoha nových kryptoměn, založených buďto na podobných principech a technologiích, nebo s novými inovativními myšlenkami. Spolu s kryptoměnami přišlo spousta nového názvosloví, byly nimi inspirovány NFT¹ a vzniklo nové odvětví digitálních financí, označováno jako DeFi (decentralizované finance). Tato kapitola postupně popíše co to jsou kryptoměny, s využitím jakých technologií fungují, jak jsou ověřovány a obchodovány na burzách.

2.1 Coiny, chytré kontrakty a tokeny

Často se lze setkat s pojmy „token“ nebo „coin“. Obojí se označuje za kryptoměnu a mnohdy se zaměňují za jednu a tu stejnou věc. Jak token, tak i coin žijí na blockchainu. Koncept blockchainu je vysvětlen v následující sekci. Co je to vlastně token nebo coin? Jak již bylo zmíněno, obojí využívá blockchain, avšak hlavní rozdíl spočívá v tom, co reprezentují. Coin označuje kryptoměnu používanou k uchovávaní nebo směny hodnoty. Jako příklad je možné považovat například známí Bitcoin. Token slouží k digitální reprezentaci aktiva, které se dá směnit pomocí blockchainu. Token může reprezentovat nejen fyzickou věc, jako například zlato, ale i duševní vlastnictví. Důvodem, proč se tyto pojmy často zaměňují je, že token může reprezentovat *coin* na jiném blockchainu.

Myšlenka chytrých kontraktů poprvé zazněla už v roce 1997. Chytrý kontrakt měl odstranit potřebu důvěry třetí strany při jednání nebo „sjednání smlouvy“ s někým druhým. Typickým problémem je skupinové financování (crowdfunding). Prostřednictvím nějakého poskytovatele si kdokoli může vytvořit svůj projekt a požádat veřejnost o pomoc k dosažení finančního cíle. Jestliže se najde dostatek jednotlivců, ochotných přispět na daný projekt a vysbírá se dostatek finančních prostředků, peníze poputují k zadavateli a ten s touto podporou svůj projekt uskuteční. V opačném případě, kdy se nepodaří dosáhnout minimální finanční podpory, se peníze musí vrátit zpět všem investorům.

¹Non-fungible tokens

Chytré kontrakty na blockchainu jsou v podstatě malé programy, napsány ve speciálním programovacím jazyce, plnící přesně tuto funkci prostředníka. Jakmile je jednou chytrý kontrakt publikován, je neměnný a distribuovaný sítí. Skutečnost, že je kontrakt distribuovaný taktéž znamená, že jeho platnost je ověřována všemi členy na dané síti. Jelikož se jedná o program, jakmile je dosaženo konkrétního cíle, okamžitě se vykoná finální akce. Z předchozího příkladu veřejného financování, by se dal chytrý kontrakt naprogramovat tak, aby držel všechny přijaté platby dokud není dosaženo minimální částky. Tento proces je však naprosto transparentní a automatizovaný.

2.2 Ověřování transakcí

Hlavní motivace kryptoměn je možnost platit pomocí Internetu bez toho, aniž by platba byla závislá na centrální autoritě, která by měla být ověřená a důvěryhodný prostředník. Může se však stát, že i tato centrální autorita nesplní své závazky vůči oběma stranám.

V roce 2008 zveřejnil neznámý autor, či skupina autorů, pod názvem Satoshi Nakamoto kryptoměnu Bitcoin a s ní i systém bezpečného ověřování plateb bez nutnosti centrální autority. Dva nejdůležitější faktory tohoto zabezpečení spočívají v počítačové kryptografii a distribuci dat. Co to tedy vlastně je blockchain a jak funguje je vysvětleno na následujícím příkladu.

Nechť existují 4 osoby, Alice, Bob, Ctirad a David. Tyto osoby, aby si nemusely pořád předávat peníze, si vedou jednotnou digitální účetní knihu, pro kohokoli z této čtveřice dostupnou. Pokud má Alice zaplatit Bobovi 20 Kč, zapíšu si údaj o této transakci do účetní knihy. Vždy na konci měsíce se všichni 4 sejdou a opravdové peníze mezi sebou vymění. V tento moment se naráží na první závažnou chybu v tomto systému. Účetní kniha je veřejně dostupná a každý do ní může zapsat jakoukoli transakci. Nic nebrání tomu, aby si David do účetní knihy zapsal, že mu mají všichni zaplatit 10 Kč. Tyto záznamy nejdou ověřit a jsou nedůvěryhodné. Řešení této situace spočívá v použití kryptografie, konkrétně digitálních podpisů. Ke každému záznamu bude muset být přiložen podpis o tom, že osoba předávající peníze tuto transakci předem viděla a schválila. Digitální podpisy se zakládají na dvojici privátního a veřejného klíče. Je nutné privátní klíč udržet v tajnosti, pouze pro sebe. Samotný podpis můžeme chápat jako funkci, která na základě vstupní zprávy a privátního klíče, vygeneruje číslo o pevné velikosti, nejčastěji 256 bitů. Výhodou digitálního podpisu je právě to, že je závislý na vstupu. Pokud se jakkoli změní, je vygenerovaný podpis naprosto odlišný. Aby šlo ověřit, že podpis je skutečně platně podepsán osobou vlastníci privátní klíč, existuje druhá funkce, schopná toto ověření provést. Ověření probíhá na základě původní vstupní zprávy, podpisu a veřejného klíče. Výstupem této funkce je pravdivostní hodnota říkající, zda-li podpis dané zprávy byl vygenerován za použití přidruženého privátního klíče. Tímto je skoro vyřešen problém ověření pravdivosti transakce v účetní knize. Aby se předešlo falšování pouhým kopírováním předešlého už podepsaného záznamu, přiřazuje se záznamu transakce taktéž její číselné pořadí.

Nyní nastává další problém. Co se stane, pokud Ctirad nasbírá na účetní knize obrovské dluhy a na konci měsíce se prostě neukáže a uteče? Pořád je nutná určitá část důvěry. Řešení je jednoduché.

Je potřeba mít na úplném začátku knihy záznamy o tom, že všichni 4 dostanou určitou část peněz, kterou nejdříve vloží do tajného trezoru. Dále už jen stačí jednoduše nedovolit nikomu přidávat nový záznam o transakci, pokud na to nemá prostředky.

Zbývá poslední překážka a to správa o samotnou digitální účetní knihu. Ta musí někde existovat a musí být všem poskytovaná. To ale pořád implikuje

centrální umístění. Ke zbavení se této obtíže a úplné decentralizace, dostane každý účastník svou kopii účetní knihy. V digitálním světě to znamená, že každý účastník bude mít nějaké zařízení, na kterém bude mít kompletní kopii digitální účetní knihy a bude zveřejněna všem ostatním účastníkům, na jakékoliv síti. Nyní, když všichni mají svou vlastní kopii, musí si umět navzájem vyměňovat informace o proběhlých transakcích a to formou zpráv posílaných po síti. Aby měli všichni účastníci jistotu, že přijímají stejné zprávy a ve stejném pořadí jako ostatní, vyvstává finální ověřovací krok. Účetní kniha se rozdělí do jednotlivých bloků, obsahující N transakcí. Na závěr každého bloku se přidá speciální číslo — *nonce*. Přidání *nonce* se řídí určitým pravidlem, které říká, že prvních M čísel hashe bloku budou samé nuly. Hash bloku je vypočten kryptografickou hashovací funkcí² ze všech záznamu na zapsaných na bloku a přidaného *nonce*. Kvůli vlastnostem hashovacích funkcí, nelze *nonce* nějak jednoduše vypočítat, ale je nutné jej uhádnout brutální výpočetní silou. Jakmile někdo z účastníků na této síti transakcí přijde na *nonce* nějakého bloku, rozešle tento blok s transakcemi a přidaným *nonce*. Ostatní účastníci ověří platnost bloku a uloží si ho. Navíc, aby nešlo pořadí bloků zaměňovat, každý nový blok musí v pomyslné hlavičce obsahovat hash předchozího bloku. Tímto dochází ke zřetězení bloků (odtud název blockchain).

Takto funguje princip ověřování transakcí na základě tzv. proof-of-work. Věří se vždy tomu blockchainu, do kterého bylo dáno nejvíce výpočetní síly, tzn. tomu nejdelšímu řetězu bloků. V reálném světě účastníkem v nějaké kryptoměnové síti jsou počítače, zvané nody. Na nodech se ukládá blockchain a jak již avizováno, věří se vždy tomu nejdelšímu řetězu bloků. Svůj vlastní node si může u sebe doma spustit téměř kdokoli. Pravidla pro přidávání *nonce* se mohou lišit v závislosti na kryptoměně.

Zde je také vhodné zodpovědět otázku, jak vlastně kryptoměna vzniká. V uvedené analogii si 4 osoby vložili peníze do společného banku. Ve světě blockchainu je to takzvaným Genesis blokem (někdy také nazýván „Block 0“). Jako Genesis blok se označuje úplně první vytěžený blok, na který všechny ostatní bloky v blockchainu navazují. Těžbou bloků se zde myslí právě nalezení *nonce*, který se přidává do patičky bloku. Těžař jako odměnu za vynaložené úsilí a výpočetní výkonu dostává kryptoměnu ve formě speciální transakce přidané na konci vytěženého bloku. Maximální velikost odměny je specifikována protokolem, kterým těžba probíhá a těžaři respektují.

²Nejčastěji se jedná o funkci SHA-256

2.2.1 Alternativní ověřování — proof-of-stake

Ověřování na základě proof-of-work má 2 zásadní nevýhody. První z nich je ta, že odměny na základě těžby bloků nepřímo podněcují centralizaci. Jelikož vyšší výpočetní výkon znamená vyšší šanci na úspěch při těžbě bloků, stává se, že těžaři se spojují do tzv. „mining pools“. V těchto poolech je odměna za vytěžení bloku rozdělena mezi jednotlivé účastníky. Jestliže však mining pool naroste do rozměru, kdy by tvořil alespoň 51 % výpočetního výkonu kryptoměnové sítě, teoreticky bude tento pool schopen tvořit nové bloky s falešnými transakcemi. Tato situace bývá označována jako „51% útok“ a při jeho úspěšném provedení dochází ke kolapsu kryptoměny. Nicméně k jeho úspěšnému dosažení je potřeba velké množství prostředků.

Druhým problémem proof-of-work je vysoká energetická náročnost. V době psaní této práce se odhaduje roční energetická náročnost těžby pouze Bitcoinu na 88,5 TWh [1]. Pro srovnání, celá Česká republika za rok 2021 spotřebovala okolo 466 TWh [2]. Tato spotřeba zatěžuje jak rozvodné elektrické sítě tak i těžaře.

Převážně z důvodu velké spotřeby elektřiny v roce 2012 byl představen alternativní přístup k ověřování transakcí, označovaný jako proof-of-stake (dále jen PoS). PoS upravuje tradiční terminologii, těžaře nahrazuje *validátory* a namísto „těžby“ jsou bloky „*raženy*“. PoS je postaven na konsenzu mezi účastníky v síti. Bloky jsou ověřovány náhodně vybranými validátory, kteří jednotlivé transakce ověří a označí za platné. Tento validovaný blok je následně přidán do blockchainu. Aby se z účastníka stal validátor, stačí se jednoduše do sítě nabídnout a vložit určitou „sázku“ (stake). Výše této sázky ovlivňuje pravděpodobnost výběru při selekci validátorů k ověření bloku. Pokud by validátor označil blok obsahující falešné transakce jako platný, je mu část nebo celá vložená sázka odebrána. Tento postih má být motivací, aby validátoři doopravdy odváděli svou práci správně. Kriticky důležitý krok při ověřování je výběr validátorů. I u této metody ověřování existuje možnost 51% útoku, avšak k dosažení je nutné nabídnout alespoň o něco víc než polovinu tržní kapitalizace kryptoměny, čehož není jednoduché dosáhnout. Na proof-of-stake již funguje celá řada kryptoměn, mezi největší se řadí například Ethereum, BNB a Cardano.

Nově vznikají další metody jak dosáhnout společného konsenzu na blockchainu. Jedním z těchto nových způsobů je proof-of-authority (PoA). I tato metoda využívá validátory, nicméně tito validátoři ručí svou vlastní reputací a důvěryhodností. Validátoři jsou předem vybráni autoritou a mají za úkol ověřovat a přidávat nové bloky do blockchainu. Tento algoritmus pro dosažení konsenzu je vhodnější spíše pro soukromé blockchainové sítě, jelikož v něm pracuje omezený počet validátorů a neumožňuje velkou decentralizaci.

Dalším algoritmem je delegovaný proof-of-stake (DPoS). Omezený počet validátorů bloků je volen účastníky sítě. Váha volebního hlasu je určena množstvím kryptoměny, kterou uživatel na blockchainu disponuje. Zvoleným validátorům se taktéž přezdívá delegáti. Zvolený delegát má pak na starosti validaci transakcí a přidávání nových bloků do blockchainu. Aby se více pojistila důvěryhodnost delegátů, musí se zaručit množstvím své vlastní kryptoměny, o kterou, v případě pochybení,

přijdou.

2.3 Kryptoměnové burzy

Dříve, když byly kryptoměny na svém počátku neexistovalo mnoho možností jak tuto digitální měnu získat. Volby byly buďto měnu vytěžit, nebo si na internetovém fóru dohodnout P2P obchod. Jedním z takových internetových fór byl Bitcointalk, který založil sám 123 Satoshi Nakamoto právě proto, aby se něm vedla diskuze ohledně Bitcoinu. P2P obchody mohly být riskantní, jelikož obchod byl domluvený s cizincem přes internetové fóru, kterému se uživatel rozhodl důvěřovat. V roce 2010 se začali objevovat první směnárny, největší z nich se stala Mt. Gox. Tato směnárna se starala o více jak polovinu všech světových bitcoinových transakcí, avšak kvůli častým bezpečnostním průlomům a vykrádání musela v roce 2014 ukončit činnost.

V současné době existuje větší rozmanitost kryptoměnových burz. Tyto nové burzy už neplní pouze funkci směnárny, ale skutečně nabízejí možnosti kryptoměny obchodovat, podobně jako například na akciovém trhu. Jako další metodou investice lze také využít *staking*. Na první pohled se staking může zdát jako jakýsi ekvivalent termínovaného vkladu v té podobě, že člověk zastaví svá aktiva na nějakou určitou dobu. Na konci tohoto období dostane odměnu v podobě coinů, nebo v případě termínovaných vkladů, peněz. V realitě se ale termínovaný vklad od stakingu ve své podstatě liší. U termínovaného vkladu dává zákazník bance určitou částku peněz k obchodu a investicím. Banka jako odměnu vyplátí část peněz zpět ve formě předem domluveného úroku. Staking je aktivní podílení se na ověřování transakcí na *proof-of-stake* blockchainu popsane v předchozí části 2.2.1. Tak jako u proof-of-work existují mining pooly, tak i u proof-of-stake vznikají staking pooly, ve kterých uživatelé blockchainu společně vloží své coiny a stanou se validátorem. Odměnu si pak rozdělí podle vložených coinů. Burzy v tomto ohledu velice zjednodušují celý princip stakingu, jelikož tyto pooly řídí na pozadí a uživatel si pouze vybírá, se kterým coinem chce stakovat a na jak dlouhou dobu. Navíc k tomu burza může uživateli poskytnout lepší odhady o získané odměně, riziku apod.

K vizualizaci trendů a aktuální tržní ceny využívají burzy grafické znázornění ve formě grafů. Typicky poskytují 3 typy grafů — spojnicový, sloupcový a svíčkový. Investoři si samozřejmě mohou vybrat nejvíce vyhovující jejich gestu. Rozdíly mezi grafy nejsou pouze vizuální, ale liší se také množstvím informací, jaké z nich lze vyčíst. Obvykle se v těchto grafech zobrazují ceny kryptoměn za určité časové okno (1 minuta, 1 hodina, . . .). Oproti spojnicovému grafu dokáže sloupcový a svíčkový zobrazit otevírací (open), nejvyšší (high), nejnižší (low) a závěrečnou (close) cenu kryptoměny v daném okně.

2.3.1 Obchodování kryptoměn

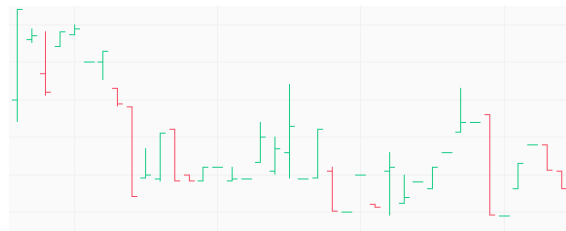
Obchodování kryptoměnových párů má vesměs stejný princip jako forexový trh. Obchodník směňuje jednu měnu za druhou a snaží se vydělat na rozdílu jejich tržních cen. Jednotlivé měny v páru jsou označovány jako podkladová (angl. base) a kotovaná (angl. quote) měna. Zapisují se ve formátu BBB/QQQ, tedy například při zápise EUR/USD je euro podkladová měna a dolar kotovaná. Podkladová měna je vždy rovna 1, tzn. pokud je kurz EUR/USD roven 1,2 znamená to, že za nákup 1 eura obchodník zaplatí 1,2 dolaru. Vždy tedy platí:

- během nakupování se platí kotovanou měnou za měnu podkladovou,
- při prodeji se prodává podkladová měna a získává měna kotovaná.

Dále v této práci mohou být tyto názvy použity i v jejich anglickém překladu.



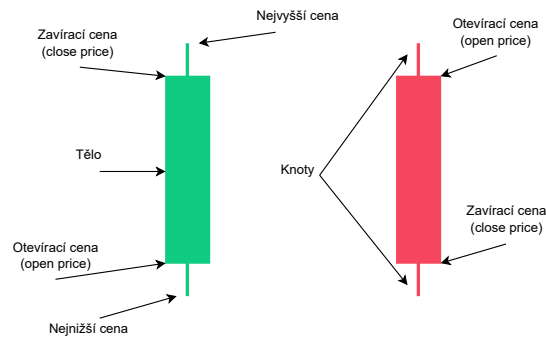
(a) Spojnicový graf



(b) Sloupcový graf



(c) Svíčkový graf



(d) Svíčka

Obrázek 2.1: Používané grafy a popis svíčky

2.3.2 Obchodní příkazy

Automatizovanou burzu tvoří 2 základní pilíře obchodování. První z nich je obchodní „kniha“ neboli *order book*. Order book není v podstatě nic jiného než jen seznam nákupních a prodejních příkazů nějakého aktiva (například kryptoměny). Tento seznam bývá zorganizovaný podle ceny v těchto příkazech. Druhý pilíř je systém, který se stará o párování těchto prodejních a nákupních příkazů,

označovaný jako *matching engine*. Ten tedy spáruje obchodní příkazy a provede mezi nimi obchod. Ať už jeden, nebo i vícero obchodů.

Moderní burzy poskytují 2 odlišné typy příkazů. Příkaz MARKET jde ihned na order book a otevírá pozici na momentální tržní ceně aktiva. Pokud uživatel pošle/zadá tento příkaz, je okamžitě vykonán a to jak v prodejní tak i případné nákupní podobě. Druhým příkazem, který už nabízí jakousi možnost automatizace je LIMIT. Limit se zadává s hraniční cenou, za kterou je uživatel aktivum ochotný nakoupit nebo prodat. Matching engine se snaží spárovat limit tak, aby byla splněna podmínka hraniční ceny se spárovaným příkazem. Tato situace je jak pro prodej tak i pro nákup zachycena na obrázcích 2.2a a 2.2b.

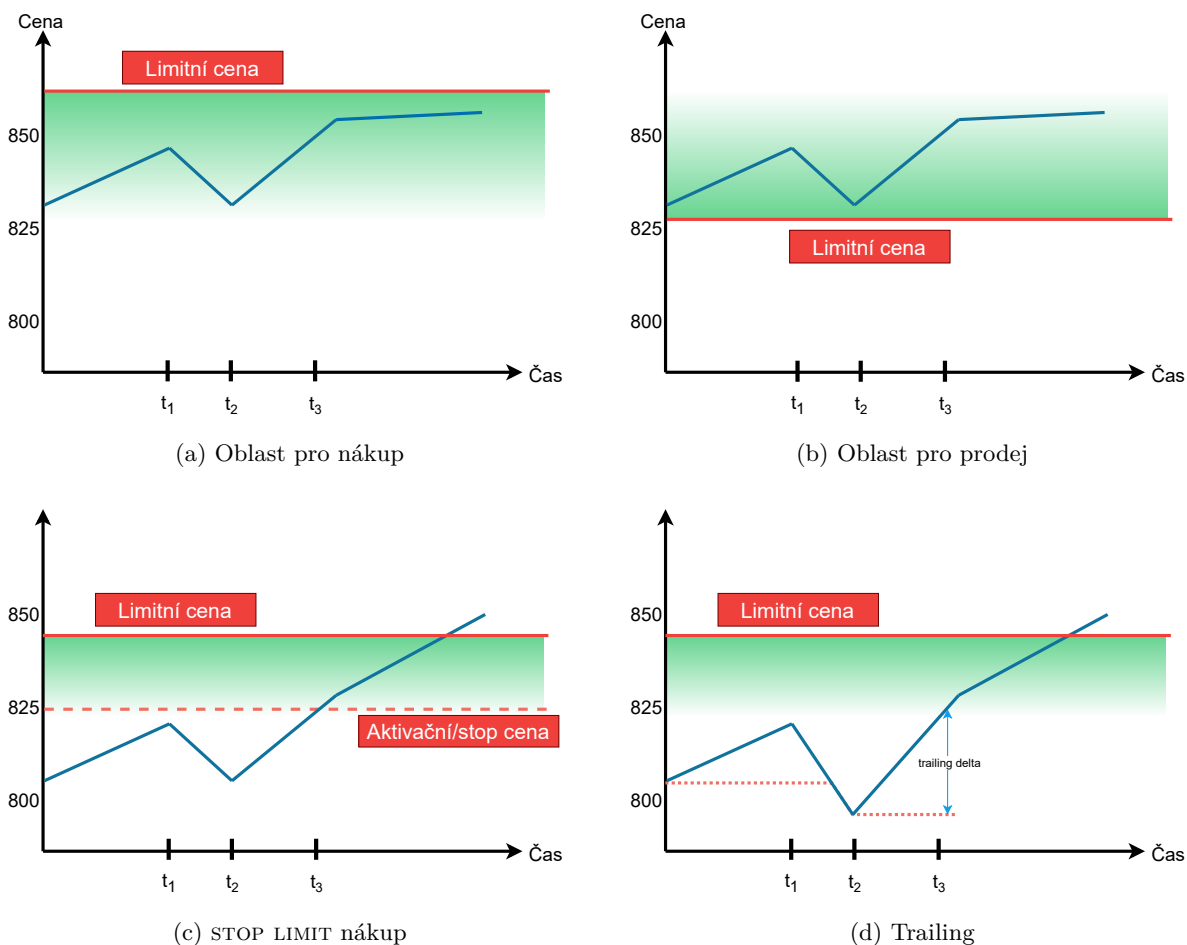
V kombinaci s limit příkazem lze využít další 2 možné příkazy, označované jako STOP-LIMIT a TRAILING STOP-LIMIT. Oba přidávají další možnosti, jak obchodování automatizovat. Stop-limit (2.2c) příkaz umožňuje přidat další cenový parametr, označovaný jako stop-cena neboli taky aktivní cena. Tato stop-cena se chová jako zábrana, jelikož nepustí příkaz na order book, dokud není překročena. Například, pokud je aktuální tržní cena aktiva na 100€, uživatel zadává na burzu stop-limit příkaz k prodeji se stop-cenou nastavenou na 110€ a limit cenou na 95€. I přestože je splněna podmínka pro prodej k je tržní cena vyšší než limitní a mohlo by dojít k zobchodování matching engine nemůže příkaz zobchodovat, jelikož stop-cena drží příkaz mimo order book. V momentě, kdy tržní cena vyšplhá na alespoň 110€, je příkaz puštěn na order book a matching engine může vykonat obchod. Trailing stop-limit (2.2d) bere tuto myšlenku ještě o krok dále a umožňuje lepší zachycení trendu tržní ceny. Tento příkaz počítá procentuální změnu ceny od lokálního extrému (minimum pro nákup, maximum pro prodej), jakmile rozdíl ceny překročí uživatelem nastavenou hranici, je příkaz zapsán do order booku. Trailing-stop-limit může taktéž mít nastavenou stop-cenu, tedy musí být splněna podmínka jak stop-ceny tak i procentuálního rozdílu. Správné nastavení těchto parametrů je důležitým aspektem pro úspěšné zobchodování zadávaného příkazu. Například, pokud při zadávání trailing stop-limit příkazu je zadáný rozdíl od extrému příliš malý, může být příkaz zobchodován dřív než by to doopravdy bylo výhodné nebo chtěné. Naopak, jestliže by rozdíl byl příliš velký nemusí k zobchodování dojít vůbec a příkaz bude na burze nebude nic dělat.

2.3.3 Strategie obchodování

Způsobů, jakým lze obchodovat na burzách může být až nekonečně mnoho. Jelikož se kryptoměnové burzy velice podobají forexovým, mohou se uplatnit podobné obchodní strategie. Některé strategie mohou fungovat lépe nebo hůře v závislosti na obchodovaném aktivu. Každý uživatel si může zvolit svou vlastní strategii, tak aby mu vyhovovala a pár z nich popisuje tato podsekcce.

2.3.3.1 Day trading

Denní obchodování nebo-li *day trading* se zaměřuje, jak název napovídá, na obchody netrvalící déle než den. Tito obchodníci se snaží najít co nejvýhodnější bod pro nákup a prodej aktiva v rámci



Obrázek 2.2: Příkaz limit s hraniční cenou

jednoho dne a snaží se držet svou pozici nejdelší rozumnou dobu, aby mohli následně svou pozici uzavřít (prodat) se ziskem. Těchto pozic neotevívají hodně, spíš jen pár za celý obchodní den.

2.3.3.2 Scalping

Tito obchodníci, nazývaní „skalpeři“ se snaží vydělat na mnoha malých, ale profitabilních obchodech. Pozice drží otevřené krátkou dobu, většinou pár minut s nejdelší možnou dobou až pár hodin. Často využívají i *pákového efektu*³. Hlavní podstata této strategie je dosáhnout zisku i z malých změn tržní hodnoty aktiva. K rozhodování o otevření pozic se opírají o *technickou analýzu*, která bude detailněji popsána v kapitole 3.

³Pákový efekt umožňuje traderovi otevřít pozici s násobenou kupní silou a tím i možností jak vyššího zisku, tak i případné ztráty.

2.3.3.3 Swing trading

Swing tradeři sporadicky otevírají a zavírají pozice na trhu, přičemž své pozice drží i v období několika dnů, nebo týdnů. Čekají na větší cenové výkyvy (doslova zhoupnutí ceny, odtud název swing trading) a tomu odpovídá i delší doba trvání obchodu. Využívají technickou analýzu ale i fundament daného aktiva a snaží se odhadnout dlouhodobější trendy.

2.3.3.4 Buy-and-hold

Tato poslední metoda obchodování je čistě dlouhodobá a jedná se pouze o nákupy aktiv. Převážně oblíbená v krypto komunitě dostala tato strategie přezdívku HODL. Vyhýbáním prodeje se investoři snaží mířit na výhledový zisk z držení. Podle motivace a filozofie HODLerů je vždy skvělá příležitost nakoupit kryptoměnu a za žádných okolností neprodávat, ale držet své coinsy u sebe.

Kapitola 3

Technická analýza

Dělat informovaná rozhodnutí je podstata každého obchodníka. V akciových trzích se významně používá fundamentální analýza používaná pro budoucí odhad chování trendu trhu. Fundament se zabývá vnitřní hodnotou trhu, která je spjatá s obchodními výsledky podniků obchodovaných na burze. Tyto dvě faktory, tedy dlouhodobé obchodní výsledky podniků často korelují právě s hodnotou akcií. Vnitřní hodnota trhu je pak odhadována za momentální hodnotou jmění těchto firem. Odhady lze dělat z veřejně dostupných dat, například ze zveřejněných účetních uzávěrek, vyplacených dividend, nové produkty nebo různých ekonomických zpráv. Oproti tomu, technická analýza se snaží odhadnout budoucí pohyb tržních cen aktiv (forex, akcie, kryptoměny) na základě dostupných historických dat, převážně z ceny a objemu minulých uzavřených obchodů. Momentální kapitola se podrobněji věnuje technické analýze, její historii, z čeho technická analýza vychází a zabírá se několika prostředcích používané při této metodě předpovědi trhu.

3.1 Historie

První náznaky principů technické analýzy se začaly objevovat už v 17. století v práci Josepha de la Vegy o holandských trzích. O století později začíná rozvoj dalších metody v Asii, která se postupně vyvíjí v použití svíčkové techniky. Dnes se jedná o nejpoužívanější nástroj pro vytváření finančních grafů. V první půlce 20. století vznikají první knihy zaměřené na technickou analýzu trhu. V té době se jedná převážně o techniky zaměřené na analýzy trendu a grafové vzory, jelikož výpočetní síla počítačů pro statistickou analýzu nebyla dostupná. Některé z těchto knih, převážně práce Roberta D. Edwardse a Johna Mageeho *Technical Analysis of Stock Trends*, se považují za klíčové v tomto oboru a zůstávají platné dodnes. V posledních dekáдах bylo vytvořeno mnoho dalších technických nástrojů a teorií, čím dál více opírající se počítačové podpořené výpočetní techniky.

3.2 Principy

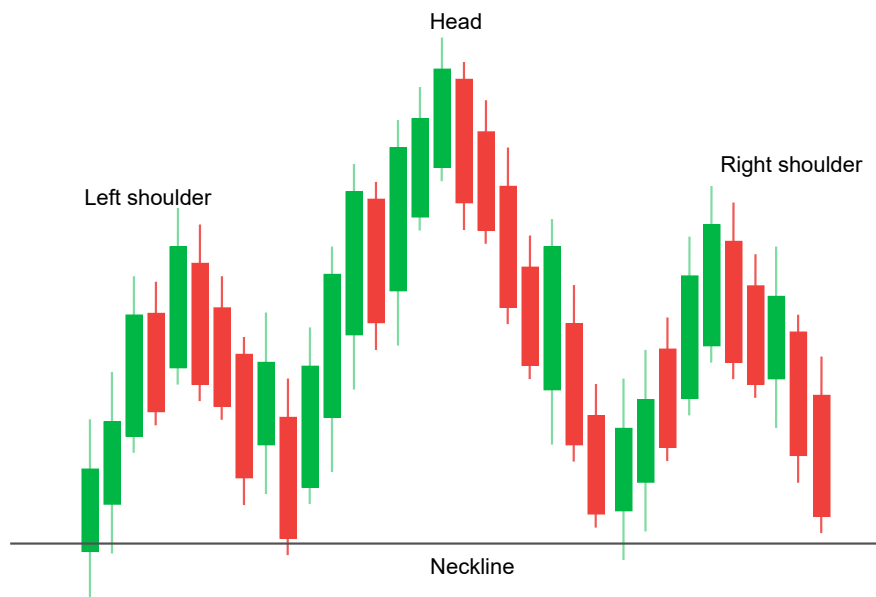
Techničtí analytici věří ve 3 hlavní principy. První z nich zní takto: *Ceny se pohybují v trendech*. Tedy, že tržní cena buďto roste, klesá, nebo se pohybuje pouze do strany přičemž poslední varianta je též označována jako stagnace. Druhý z těchto principů je: *Historie má tendenci se opakovat*. Pokud se historie opakuje, musí v grafech, které vizualizují vývoj trhu, existovat jisté vzory předpovídající nastávající trend. Posledním principem je tvrzení, že *tržní očekávání je reflektováno a započteno na hodnotě aktiva*. Pokud existují novinky, předpovídající, nebo naznačující vzestup například zemědělského trhu díky úrodné sezóně, je toto očekávání již pozitivně reflektováno na hodnotě akcií zemědělských firem a lze to tím pádem vyčíst i z grafů. Jelikož vzory hrají velkou roli v oboru technické analýzy je následující sekce zaměřená na popis, identifikaci a význam několika vzorů.

3.3 Grafové vzory

Grafové vzory jsou opakovaně formující se útvary a v technické analýze jsou využívány jako signály buďto přetrvávání nebo obratu momentálního trendu. Vzory se formují při vykreslení tržních cen na grafu. Typickým a nejčastěji používaným grafem, jak již bylo zmíněno, je graf svíčkový, vyobrazený na obrázku 2.1c. Vzory lze pak pozorovat na posloupnosti několika po sobě jdoucích svíček. Důležitým faktorem při rozpoznávání vzorů je zobrazené časové rozpětí, které investor pozoruje. Ne vždy mohou být vzory dobře rozpoznatelné lidským okem. Užitečnost vzoru časem klesá. Čím později je detekován, tím je méně použitelný. Existují pokusy [3] použít strojové učení pro detekci těchto vzorů, jako například práce autorů *Marc Velay a Fabrice Daniel* [4], kterým se podařilo dosáhnout 97% recallu, ale model uměl detekovat pouze 1 vzor.

3.3.1 Head and shoulders

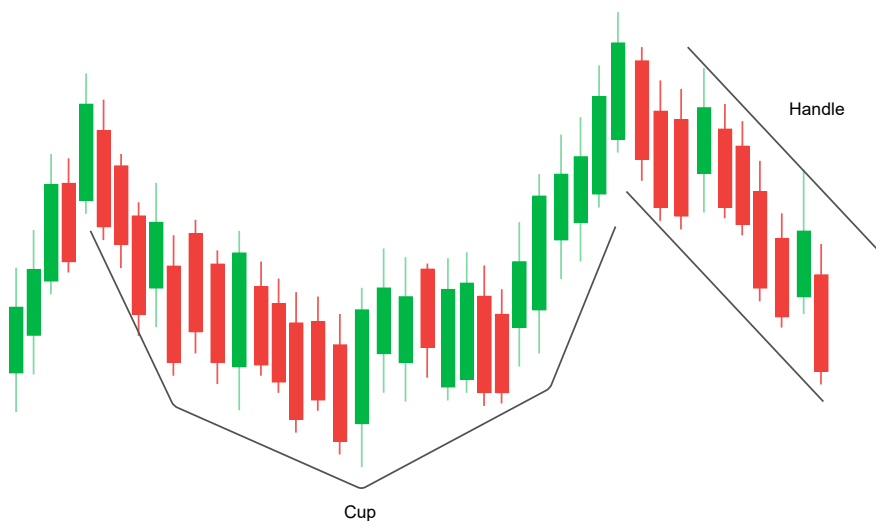
První a zároveň z jeden více známých obratových vzorů je „Head and shoulders“ (Hlava a ramena), viditelný na obrázku 3.1. Jak název napovídá, formace svíček tvoří podobu ramen a hlavy způsobem 3 kopci a 2 dolinami z čehož je prostřední kopec vyšší než zbývající krajní. V dolinách se cena zastaví na přibližně stejné hodnotě, tvořící tzv. „neckline“ neboli krk. Během formace levého ramene a hlavy se při stoupající ceně taktéž obchoduje ve vyšších objemech než při klesání. V průběhu tvorby pravého ramene objem obchodů začíná klesat společně s cenou. Jakmile cena prorazí *neckline* a začne padat pod její úroveň, je vzor jednoznačně dokončen a očekává se pokles ceny. Reálně nemusí formace vypadat naprosto ideálně. Často může být jedno rameno o něco nižší, případně i širší, než druhé a *neckline* nemusí být skvěle zarovnaná.



Obrázek 3.1: Vzor „head and shoulders“

3.3.2 Cup and handle

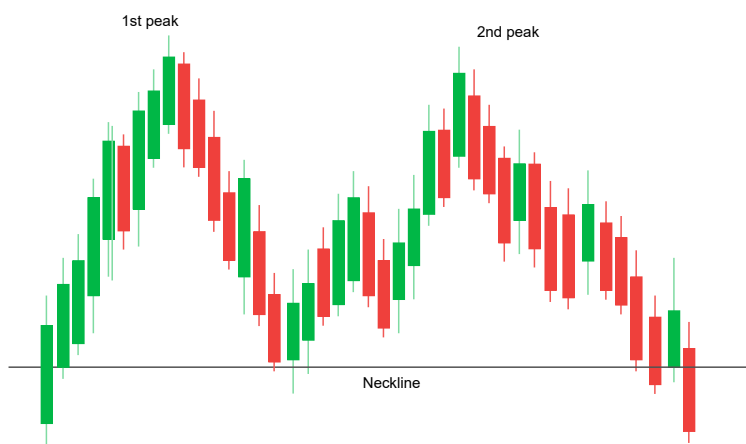
Formace připomínající šálek s rukojetí (obrázek 3.2) je symbolem pro rostoucí trend na trhu. Identifikovatelný je tvorbou široké, ale ne příliš hluboké doliny, přičemž na končící ceně této doliny dojde k dalšímu, již méně razantnímu poklesu v ceně. Tento menší pokles připomíná právě onu rukojeť a musí vždy následovat až po šálku. Toto pořadí je nezaměnitelné. Dolina by měla své dno zaoblené a připomínat například miskou. Šálek ve tvaru „V“ není platným ukazatelem nastávajícího vzoru. Objem obchodů je relativně nízký, ale v období tvorby rukojeti se rapidně zvyšuje.



Obrázek 3.2: Vzor „cup and handle“

3.3.3 Double top a Double bottom

Další obratový vzor je „Double top“, vyskytující se na konci býčího trhu.¹ Po jasném potvrzení vzoru lze předpokládat pokles hodnoty aktiva. Opačným vzorem je Double bottom, formující se právě na konci medvědího trhu s odhadem následně rostoucího cenového trendu. Double top je na grafu rozpoznatelný podle 2 kopců, zhruba ve stejné cenové úrovni, oddělené dolinou. Ona minimální cena v dolině tvoří neckline tohoto vzoru. Jakmile je neckline proražena při sestupu z druhého kopce, je formace dokončena potvrzující signál k prodeji nebo shortování. Časové rozmezí mezi kopci je taktéž rozhodující faktor při indikaci změny trendu. Jestliže se zformované kopce nacházejí v přibližně stejné cenové hladině, ale jsou časově příliš blízko sebe, může se jednat pouze o konsolidaci trendu a jeho následné pokračování. V případě Double bottom je formace překlopená, tedy se v ní vyskytují 2 doliny oddělené kopcem tvořící neckline. Oba útvary jsou znázorněná na obrázku 3.3



Obrázek 3.3: Vzor „double top“

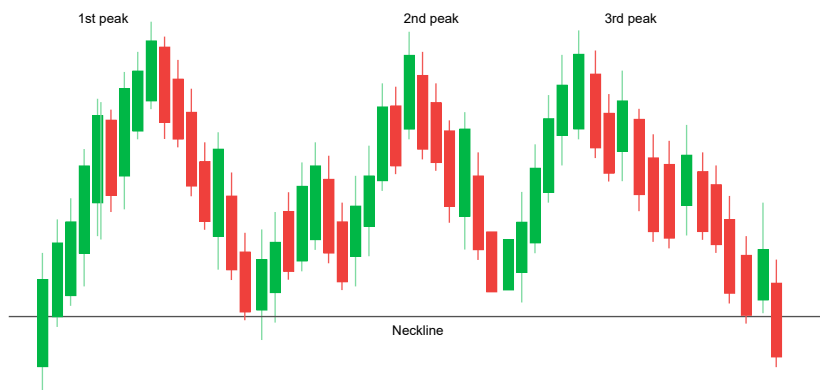
3.3.4 Triple top

Méně častý vzor Triple top, tvořený 3 kopci, slouží jako indikátor možné změny aktuálního tržního trendu. Pravidla potvrzení Triple topu jsou podobná jako u předchozího vzoru, tedy kopce jsou na stejné cenové hladině, oddělující doliny (tvořící neckline) taktéž. Jakmile dojde k proražení neckline, je formace dokončena. 3.4

3.3.5 Wedge

Wedge (klín) existuje ve dvou variantách, Falling wedge (padající klín) a Rising wedge (stoupající klín). Rozpoznatelný je tím, že se svíčky pohybují v rozmezí dvou sbíhajících přímk. Pokud je

¹ Označení popisující dlouhodobě stoupající cenový trend. Jeho opakem je medvědí trh pro označení dlouhodobě klesajícího trendu.



Obrázek 3.4: Vzor „triple top“

průsečík přímek pod momentální tržní cenovou hladinou, bude se jednat o padající klín. Naopak, jestliže je průsečík nad aktuální hodnotou aktiva, zformuje se stoupající klín. Význam, který tento vzor poskytuje se liší na základě trendu a utvořené variantě.

Padající klín v sestupném trendu signalizuje obrat, jelikož smršťování cenových rozsahů značí, že trend ztrácí sílu. Nalezení tohoto vzoru ve vzestupném trendu indikuje pouze dočasné pozastavení. Trh se trochu zkoriguje, a původní trend bude pokračovat. Velikost obchodů v tomto vzoru se společně s množstvím obchodů snižuje kvůli zmenšujícím se cenovým rozsahům. Jakmile dojde k průrazu, začnou se parametry obchodů opět odrážet aktuální trend. 3.5

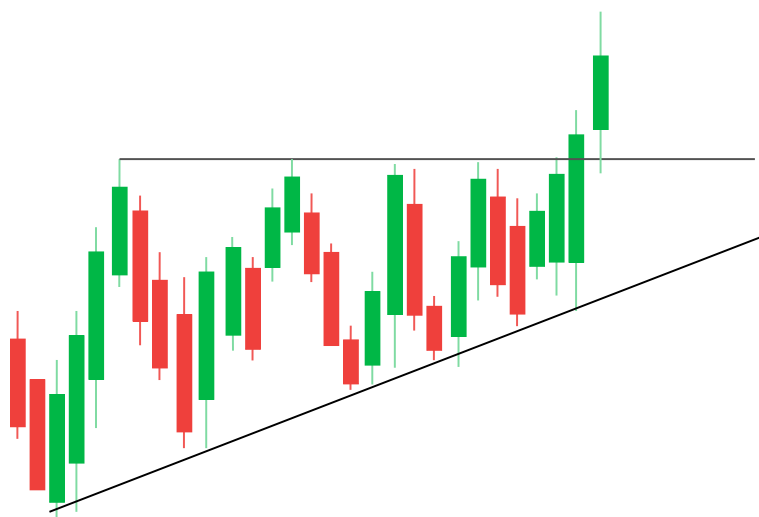
Stoupající klín indikuje podobné signály jako padající klín. Pokud je nalezen při vzestupném trendu, je velice pravděpodobné, že bude následovat obrat trendu. V případě, že jej nalezneme v klesajícím trhu, bude to náznak spíše korekce a klesání bude pokračovat.

3.3.6 Triangle

Posledním uvedeným vzorem je trojúhelník (3.6). Oproti klínu se liší v tom, že jedna z přímek je vždy zarovnaná a tvoří cenovou hladinu, od které se svíčky odráží zpět. Tento vzor, stejně jako klín, má stoupající a klesající variantu. Stoupající trojúhelník se formuje pokud trh v daném časovém okně zaznamenává postupně vyšší minima, ale maxima se zachovávají stejně vysoká. Pro klesající trojúhelník je situace opačná - maxima se krok za krokem snižují a minima zůstávají na stejné úrovni. Jestliže narazíme na stoupající trojúhelník při vzestupném trendu, můžeme očekávat pokračování tohoto trendu. Avšak nalezneme-li jej v trendu sestupném, může se jednat o silnou indikaci obratu tržní nálady.



Obrázek 3.5: Vzor „wedge“



Obrázek 3.6: Vzor „triangle“

3.4 Support a resistance

V předchozí sekci zabývající se grafovými vzory se několikrát objevily určité čáry, od kterých se tržní cena odrážela zpět nahoru nebo naopak dolů. Tyto čáry se též označují jako odporové úrovně *support* a *resistance*. Support je cenová úroveň, od které se ceny „odrážejí“ když klesají dolů. To znamená, pokud existuje posloupnost svíček, jejichž close cena klesá, jakmile se přiblíží k ceně supportu tak se spíše odrazí a cena aktiva začne opět stoupat. Naopak k tomu resistance je hranice, která tvoří „zábranu“ stoupajícím cenám. V momentě kdy se svíčky blíží úrovni resistance je velká pravděpodobnost že se odrazí a dojde ke klesání.

Existuje několik způsobů jak identifikovat tyto odporové úrovně. Nejčastější metoda je s pomocí trendových čar. Trendové linie se jednoduše zakreslí spojením spodních a horních stínů svíček. Čím více jsou tyto úrovně otestovány tím, že se cena od nich odráží, tím větší význam můžeme těmto úrovním skutečně připsat. Jakmile dojde k proražení resistance, stává se ona úroveň supportem. Pravdivý je i opačný případ, kdy dojde k proražení supportu a stává se z toho nová resistance. Pokud se cena aktiva pravidelně pohybuje v těchto úrovních, nejjednodušší využití tohoto cyklu je nakupovat, když se cena pohybuje v blízkosti supportu a prodávat v okolí resistance. Samozřejmě je důležité uvážit časové okno pro zakreslování těchto úrovní a doba obchodování.

3.5 Indikátory

Indikátory jsou signifikantní součástí technické analýzy. Technické indikátory se opírají o matematické výpočty a počítají se za nějaké období. Jako vstupem do výpočtu se nejčastěji bere tržní cena nebo objem obchodů. Na základě těchto informací jsou dané výstupy, které dodávají další informace k obchodování. Obecně se technické indikátory dělí na indikátory hybnosti (momentum indikátory), trendové indikátory a oscilátory. Momentum indikátory měří dynamiku ceny, tedy rychlost změny. Trendové indikátory se zaměřují na odhad aktuálního trendu a případnou predikci jeho otočení. Jako oscilátory se označují indikátory, které se pohybují v daném rozmezí (např. -1 až 1). Tato sekce se zabývá několika nejpoužívanějšími technickými indikátory, rozebírá způsob jejich výpočtu a dodanou informační hodnotu. Pro následující rovnice znázorňující výpočet indikátoru vždy platí, že C se značí *close* cena období.

3.5.1 Indikátor objemu (OBV, On-balance volume)

Jedná se o kumulativní indikátor objemu obchodů a tím měří nákupní a prodejní tlak a spojuje tržní cena v souvislosti na velikostech obchodů. Pokud se OBV zvyšuje, více obchodníků je ochotných zaplatit za aktivum v jeho momentální tržní ceně. Pokud je trh ve vzestupném trhu a navíc k tomu stoupá i hodnota tohoto indikátoru, potvrzuje se tímto onen trend. Jestliže cena stoupá ale hodnota OBV nijak neroste, je trh spíše zmatený. Výpočet OBV je znázorněn na 3.1 a vizualizace na obrázku 3.7.

$$OBV_t = OBV_{t-1} + \begin{cases} \text{objem}, & C_t \geq C_{t-1} \\ 0, & C_t = C_{t-1} \\ \text{objem}, & C_t \leq C_{t-1} \end{cases} \quad (3.1)$$



Obrázek 3.7: Znázornění indikátoru OBV

3.5.2 Klouzavý průměr (MA, Moving average)

Klouzavý průměr má hned několik variant výpočtu. Klouzavý se nazývá protože se jeho hodnota počítá pouze za určené období. Oblíbené časové úseky jsou 10, 40, nebo 200 dní zpětně. Navzdory představě tento indikátor není „pouze jedno číslo“, ale celá série, jelikož průměr je počítán pro každý datový bod, tedy pro každou svíčku zvlášť. Propojením vypočítaných hodnot vzniká na grafu linie představující plovoucí odporovou úroveň s výhodou jakési odolnosti proti krátkodobým fluktuacím v cenách aktiva. Tato odolnost usnadňuje predikci spíše dlouhodobějších trendů. Jestliže se trh nachází v sestupném trendu, MA se chová jako úroveň rezistance a jeho proražení dává signál k nákupu, předpovídající vzestupný trend. Opačný případ je taktéž pravdivý, kdy ve vzestupném trhu MA zastává roli supportu.

Dva nejpožívanější typy výpočtu MA jsou *Simple Moving Average (SMA)* a *Exponential Moving Average (EMA)* (viditelné na obrázku 3.8). SMA je jednoduchý pro výpočet a jedná se o obyčejný

průměr na období o velikosti n a způsob výpočtu je vyobrazena na rovnici 3.2. EMA využívá váženého průměru, ve kterém se váha starších datových bodů se exponenciálně snižuje, preferující spíše novější hodnoty. Při výpočtu tohoto váženého průměru se používá i takzvaný vyhlazovací koeficient α , přičemž nejčastější nastavení tohoto koeficientu je $\alpha = \frac{2}{n+1}$. Rekurzivní rovnice pro výpočet je vyobrazena 3.3. Pro časové pohyblivé časové okno lze taky využít druhou možnost výpočtu EMA viditelnou na 3.4. Výhodou exponenciálního klouzavého průměru je větší důraz na čerstvější data, čím může lépe reagovat na změny trhu.

$$SMA_t = \frac{C_t + C_{t-1} + \dots + C_{t-(n-1)}}{n} \quad (3.2)$$

$$EMA_t = \alpha * C_t + (1 - \alpha) * EMA_{t-1} \quad (3.3)$$

$$EMA_t = \frac{C_t + (1 - \alpha) * C_{t-1} + (1 - \alpha)^2 * C_{t-2} + \dots + (1 - \alpha)^t * C_0}{1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^t} \quad (3.4)$$



Obrázek 3.8: Znázornění indikátoru SMA a EMA

3.5.3 Index relativní síly (RSI, Relative strength index)

Index relativní síly patří mezi oscilující indikátory, pohybující se v rozmezí od 0 do 100. Jeho cílem je odhalit rychlost a velikost změny „close“ cen aktiv a tím identifikovat přeprodaný nebo překoupený trh. Důležité signály nastávají v momentě, kdy se hodnota tohoto indikátoru zvedne nad hladinu 70 nebo klesne pod hladinu 30 a interpretace je následující:

- Pokud hodnota $RSI > 70$ je trh překoupený a má vyšší hodnotu, než by měl mít; následuje korekce nebo otočení trendu.
- Pokud hodnota $RSI < 30$ je trh přeprodaný a má nižší hodnotu, než by měl mít; následuje korekce nebo otočení trendu.
- Při opětovném sestupu pod hranici 70 je identifikován sestupný sentiment.
- Při opětovném vzestupu nad hranici 30 je identifikován vzestupný sentiment.

Tyto situace lze vidět i na obrázku 3.9.



Obrázek 3.9: Indikátoru RSI se signály přeprodaného a přeprodaného trhu

Pro výpočet indexu relativní síly je nutné nejdříve spočítat relativní sílu. Pro zjištění relativní síly, se musí nejdříve zjistit horní (U) a dolní (D) změna:

$$U = \begin{cases} C_t - C_{t-1}, & C_t > C_{t-1} \\ 0, & C_t \leq C_{t-1} \end{cases}, D = \begin{cases} C_{t-1} - C_t, & C_t < C_{t-1} \\ 0, & C_t \geq C_{t-1} \end{cases} \quad (3.5)$$

Pak můžeme vypočíst relativní sílu RS za období délky n :

$$RS = \begin{cases} \frac{EMA(U,n)}{EMA(D,n)}, & EMA(D,n) > 0 \\ 100, & EMA(D,n) = 0 \end{cases} \quad (3.6)$$

A nakonec dopočítat index:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (3.7)$$

3.5.4 MACD indikátor (Moving average convergence-divergence indicator)

Indikátor sbíhavosti a rozbíhavosti klouzavých průměrů se skládá z několika komponent. První je samotný MACD (3.8), což je rozdíl dvou exponenciálních klouzavých průměrů, počítané za kratší a delší období. Další složkou je signální čára (3.9), vypočítaná jako EMA právě onoho MACD. Poslední složka je histogram (3.10) ukazující rozdíl mezi MACD a signální čarou. Vizualizace tohoto indikátoru je vidět na obrázku 3.10

$$MACD = EMA(n_1) - EMA(n_2), n_2 > n_1 \quad (3.8)$$

$$Sig_{MACD} = EMA(MACD, n_3) \quad (3.9)$$

$$Hist_{MACD} = MACD - Sig_{MACD} \quad (3.10)$$

Signál pro nákup nebo prodej aktiva nastává v momentě, kdy MACD protne signální čáru. Pro zachycení vzestupného trendu musí MACD protnout signální čáru zespodu. Pro zachycení trendu sestupného je situace opačná, kdy MACD musí protnout signální čáru shora.

3.5.5 Stochastický oscilátor

Další ze skupiny oscilátorů je hojně využívaný stochastický oscilátor, rovněž určený k zachycení rychlosti změny ceny a identifikace překoupeného nebo přeprodaného trhu. Jeho hodnoty se typicky pohybují v rozmezí 0 až 100 (případně 0 až 1). Myšlena tohoto oscilátoru spočívá v úvaze, že ceny, před obratem trendu, mají tendenci se uzavírat blízko extrémů nedávných obchodů. Jako klíčové hodnoty pro označení překoupeného respektive přeprodaného trhu se považují 80 a 20. Ruku v ruce s tímto oscilátorem se taktéž využívá vyhlazovací klouzavý průměr periody o velikosti 3. Pro výpočet hodnot stochastický oscilátoru se používá rovnice 3.11, kde L_{obd} a H_{obd} značí nejnížší a nejvyšší cenu za specifikované období.

$$STO = 100 * \frac{C - L_{obd}}{H_{obd} - L_{obd}} \quad (3.11)$$



Obrázek 3.10: Znázornění indikátoru MACD s popisem

3.5.6 Bollingerova pásma (BB, Bollinger Bands)

Poslední z indikátorů jsou Bollingerova pásma, měřící volatilitu trhu. Skládá se celkem ze 3 pásem - horní, střední a spodní pásmo. Tato pásma nejsou nic jiného než klouzavé průměry s drobnou změnou. Jako klouzavý průměr se nejčastěji využívá jednoduchý SMA, ale lze využít i jakýkoli jiný typ, například EMA. Horní a spodní pásmo se získá připočtením a odečtením (obvykle 2) násobku standardní odchylky σ 3.12. Se snižující nebo zvyšující se volatilitou dochází k tzv. kontrakci nebo roztažení pásem (viditelné na obrázku 3.12). Pokud je volatilita poněkud nízká, budou mít pásma tendenci přibližovat se k sobě a dochází ke kontrakci. Opačným případem je roztažení. Signál překoupení aktiva nastává pokud se tržní cena přiblíží hornímu pásmu. Naopak přeprodání jestliže se cena nachází v blízkosti spodního pásma. Může dojít i k proražení těchto pásem, což může naznačovat extrémní tržní podmínky.

$$Band_{up+down} = MA \pm K\sigma \quad (3.12)$$



Obrázek 3.11: Stochastický oscilátor



Obrázek 3.12: Bollingerova pásma s vizualizací kontrakce a roztahení

Kapitola 4

Automatizované kryptoměnové obchodování

Obchodování na akciových trzích na základě algoritmicky založených botů není žádnou novinkou. Podle zprávy o algoritmickém obchodování na kapitálových trzích v USA z roku 2020 [5] se 78 % obchodů provedlo skrze „obchodní centra využívají automatizované systémy a algoritmy“ (Překlad autora). Není tedy divu, že podobný osud potkal i burzy kryptoměnové. Ostatně, poskytováním otevřeného přístupu k aplikačním rozhraní se burzy (Binance, Coinbase, ...) tomuto zacházení nijak nebrání. Boti se snaží z historických dat získat cenné informace a s aktuální situací na trhu pracovat ve způsobu, který bude pro jeho uživatele co nejvýnosnější. Oproti člověku, bot nikdy nespí a pracuje nepřetržitě. Existuje celá řada těchto botů a tato kapitola se zaměřuje právě na boty pracující na kryptoměnových burzách. Nejprve se představí možné výhody, zanalyzuje jejich způsob fungování, funkce a tvorbu pravidel. V poslední části kapitoly se nachází srovnání několika vybraných kryptobotů.

4.1 Kryptoboti

Kryptoměnových botů za období existence tohoto typu trhu již vznikla celá řada. Lze vybírat jak z placených cloudových služeb, tak zdarma dostupných. Dokonce existují i open source boti, které je možné si provozovat na svém vlastním zařízení. Boti z velké části spoléhají na technickou analýzu a technické indikátory popsané v kapitole 3. Tyto indikátory vzájemně kombinují, případně si uživatel může sám nakonfigurovat aby bot zaslal na burzu prodejní a nákupní příkazy v momentě, kdy vybrané indikátory prorazí zadané hranice. Pokročilejší boti umí taky využít sílu strojového učení k predikci tržní ceny. Pro zjišťování optimálních parametrů, případně přeučování modelu určeného k predikci se využívá *backtesting*. Backtesting spočívá v odhadování úspěšnosti obchodní strategie na základě historických dat. Hlavním cílem celého procesu je zjistit, jak dobře vybraná

strategie funguje v časech, kdy se trh hýbe mezi sestupným a vzestupným trendem, případně když stagnuje.

Automatizované obchodování v sobě skrývá několik výhod. Člověk musí spát. Ovšem Země je velká, když se na jedné části spí, na druhé trh může stále neomezeně obchodovat. Obchodník se tím nevědomě může ochudit o zisk, nebo dokonce v nejhorším případě celé aktivum se rapidně propadne. Avšak bot nikdy nespí a sleduje trh nepřetržitě. Na změny dokáže rychle reagovat. V situace kdy vyhodnotí velký propad může se nakoupených aktiv zbavit. Stačí mu pouze předat dostatečnou konfiguraci.

Program se chová systematicky. Má přesně dané pravidla, kterými se řídí. V závislosti na těchto pravidlech se může jednat o velký úspěch nebo naopak ztrátu. Zde lze najít další výhodu. Každý obchod je reakce na aktuální situaci na trhu a to podle nastavených pravidel. Pravidla se dají zpětně ověřovat a měnit. Tento proces je již dříve zmiňovaný „backtesting“. Navíc systematickostí eliminuje lidské emoce. Emoce jsou faktor, který obchodníka význačně ovlivňuje. Technická analýza je pouhá statistika a na fundament nijak nereaguje. To co člověk může považovat za špatné tržní podmínky může ve skutečnosti znamenat šanci zisku.

Poslední zmíněnou výhodou je obrovská diverzifikace portfolia. Schopnost zvládat obchodovat více aktiv najednou není pro jednotlivce jednoduchý úkol. Zrakový vjem na to prostě nestačí. Boti mají opět velkou výhodu, jelikož je zajímají jen konkrétní data. A sledovat více různých streamů dat najednou není složité. Jeho uživatelé to pak přináší výhodu ve větší rozmanitosti obchodovaných aktiv, což může v dlouhém měřítku snižovat ztrátu a chránit zisk.

Kryptoboty lze dělit do 3 kategorií:

1. trend sledující boti,
2. DCA (Dollar cost averaging),
3. skalpovací boti.

4.1.1 Trend sledující boti

První z typu botů je zaměřen na charakteristické chování kryptoměn, které se nese ve znamení vysoké volatility. Trh často zažívá velké jak propady, ale i rychlé zvyšování cen. Právě tohoto střídání trendů se snaží využít trend sledující boti, kteří nakupují v období bull marketu a měnu drží dokud se nezačne trend otáčet. Až v momentě, kdy se objevují náznaky otočení tržního sentimentu dochází k prodeji a výběru zisku.

4.1.2 DCA boti

Dollar cost averaging je dlouhodobou strategií používající víceméně pouze nákupy. Tyto nákupy se dějí v pravidelných intervalech a s pravidelně investovanou částkou. Hlavní motivace spočívá v důvěře dlouhodobého výnosu ze získaných kryptoměn, přičemž nákupy se mohou dít v období kdy se

trh nachází v cenách jak podprůměrných tak nadprůměrných. Tím by se měla hodnota zprůměrovat a snížit riziko výrazné finanční ztráty.

4.1.3 Skalповací boti

Skalpovací boti obchodují v krátkodobých intervalech, jak bylo popsáno v předchozí části 2.3.3.2. Zadávají více příkazů na burzy a výdělek se snaží získat na mnoha úspěšných obchodech. Provedené obchody nemusí být extra velké ani extrémně výdělečné, postačí i menší zisk. Obchody vznikají především jako důsledek malých fluktuací tržní ceny. Tyto fluktuace se boti snaží zachytit především použitím technických indikátorů.

4.2 Analýza a srovnání existujících kryptobotů

Za dobu existence funkčních kryptoměnových burz se taktéž hodně rozšířili i kryptoboti. Avšak dost těchto botů je zpoplatněno a nabízí vícero možných plánů, poskytující pokročilejší funkce. Tato část se více zaměří právě na analýzu a srovnání těchto existujících řešení.

4.2.1 Pionex

Pionex je burza se zabudovanými kryptoboty. Jedním z hlavních lákadel je takzvaný „grid bot“. Grid bot se dá dobře představit na grafu kryptoměny. Tento bot vytvoří několik cenových úrovní podle zadaných parametrů nad i pod aktuální tržní cenou. Kdyby se tyto úrovně vykreslily, na grafu by vznikla jakási mřížka, odtud název grid. Jakmile se cena pohybuje pod střední hodnotou, každé proražení nižší cenové úrovně způsobí nákup kryptoměny. Při opačném případě, kdy cena stoupá nad střední hodnotu, znamená každé proražení cenové úrovně prodej.

Společně s tímto botem obsahuje Pionex dalších 15 ostatních zabudovaných botů. Jejich používání není zpoplatněno, ale Pionex si ukrojí z každého obchodu 0,05 % jako poplatek. S touto monetizační politikou může být vhodný pro začátečníky.

4.2.2 Cryptohopper

Tato cloudová služba nabízí napojení na 17 burz, ze kterých si uživatel může vybírat. Obchodní platforma nabízí možnost takzvaného sociálního obchodování. Uživatel si nemusí vytvářet vlastní signály pro tvorbu pravidel, ale jednoduše po kliknutí „okopíruje“ signál jiného uživatele, který jej dal k dispozici. Bot reaguje na tyto signály a podle konkrétní konfigurace může kryptoměnu nakoupit nebo prodat. Mimo signály lze také kopírovat kompletní obchodní strategie. K těmto strategiím existuje obchod nabízející zpoplatněné i neplacené strategie. Strategie je v podstatě kolekce technických indikátorů určující kdy nakoupit a kdy prodat kryptoměnu.

Další možnost automatizace, kterou tato služba nabízí jsou takzvané triggery. Triggery reagují na manuální konfiguraci (kombinace burzy, kryptoměny, indikátoru) a vykonají přidělené akce. Na výběr z akcí je například jednoduchá notifikace, prodej, nákup nebo opuštění veškerých pozic.

Pro své uživatele nabízí Cryptohopper několik balíčků, z čehož odemyká možnosti kryptobota až od placené verze. Disponuje možností backtestingu a obchodování „nanečisto“. V tomto módu si i nezkušení uživatelé mohou testovat svého bota bez jakéhokoliv ohrožení reálných financí.

4.2.3 Coinrule

Coinrule poskytuje jednoduché a přehledné webové uživatelské rozhraní. Uživatel si propojí účet s nějakou z 11 dostupných burz a začne si tvořit pravidla. Pravidla se tvoří formou zjednodušeného vizuálního programování. Lze přidávat události, podmínky a akce. Události a podmínky reagují na signály vysílané technickými indikátory. Indikátory si uživatel volí sám, včetně jejich hraničních hodnot. Pokud se zákazník této cloudové služby necítí na tvoření vlastních pravidel, může využít předdefinovaných šablon.

Podobně jako Cryptohopper i Coinrule nabízí několik uživatelských balíčků. Je zde však rozdíl v tom, že nabízí neplacený balíček, zpřístupňující sice omezené funkce, ale všechny nezbytné k automatizaci obchodování kryptoměn.

4.2.4 Shrimpy

Obchodování na Shrimpy probíhá za pomoci portfolií. Kryptoměny lze do portfolia předat z vlastní kryptoměnové peněženky nebo propojením na nějakou z burz. Shrimpy není navržen jako skalpovací bot, který reaguje na indikátory. Je zaměřený na dlouhodobý management portfolia, rebalancing¹, DCA a stop loss. Nabízí taky možnost sociální automatizace ve formě kopírování portfolií.

4.3 Srovnání kryptobotů

Následující tabulka 4.1 zobrazuje srovnání vybraných charakteristik kryptobotů. Obecně vzato lze říci, že většina těchto platforem se uživateli snaží co nejvíce zjednodušit přístup ke kryptoměnovému obchodování. Nabízí například šablony nebo předdefinované strategie, které si uživatel buďto zakoupí nebo jednoduše zkopíruje a začne obchodovat. Boti poskytované platformou Pionex se jednoduše konfigurují a postačí i málo znalostí k tomu, aby uživatel věděl, co jeho bot bude provádět.

¹Rebalancing je jedna z obchodních strategií, ve které se aktiva obsažené v portfoliu pravidelně balancují tak, aby hodnotou zabírala stanovou část procenta. Pokud jedno z aktiv nebude zisku, následně se distribuuje mezi ostatní aktiva v portfoliu.

Kryptobot	Nejlevnější plán	Více burz	Obchodní strategie	Další schopnosti
Cryptohopper	Zdarma	Ano	Trailing, DCA, Market-place strategií	Sociální obchodování, AI obchodování, Backtesting
Shrimpy	Zdarma	Ano	Rebalancing, stop-loss	Backtesting, predikce cen
Coinrule	Zdarma	Ano	Pravidlové obchodování	Šablony indikátorů
Pionex	Zdarma (s poplatkem)	—	Grid trading, různé typy grid botů	DCA bot, Futures bot, Pákový bot, ...

Tabulka 4.1: Tabulka srovnání kryptobotů

Kapitola 5

Legislativa

Obchodování na kryptoměnových burzách s sebou nese i tradiční povinnosti jako u jakéhokoliv dalšího zisku. Oproti tradičním akciovým a dluhopisovým trzích nespádají kryptoměny pod žádnou regulaci nebo centrální autoritu. Tato skutečnost je jak podstatnou kryptoměnou, ale pro denní obchodníky, kteří chtějí udržovat dobré vztahy se svým státem představuje určitou překážku. Jelikož neexistuje regulace, tak neexistují ani zákony, které dávají jasný směr jak se ziskem utrženým na kryptoměnách zacházet. Následující kapitola se zaměřuje na legislativní problematiku kryptoměn, chystané zákony a regulace (zejména ČR a EU), případně jejich dopady.

Česká legislativa

Česká národní banka v souvislosti ke kryptoměnám vydala v roce 2018 stanovisko v následujícím znění:

Převodní tokeny nejsou penězi v ekonomickém ani právním smyslu. [6] Dále se v tom vyjádření objevuje, že tokeny nevykazují znaky investičních nástrojů. Tímto se ČNB od kryptoměnového světa dostatečně distancovala. Její povolení k určité činnosti je vyžadováno pouze ve 3 případech:

- obchodování s deriváty na určitý převodní token,
- správa majetku investorů, který je investován do převodních tokenů,
- provádění převodů peněžních prostředků v souvislosti s organizací obchodů s převodními tokeny.

Žádné ostatní činnosti, jako například obchodování, směna, i výměna kryptoměny za zboží nepodléhá regulaci ČNB.

Ministerstvo financí ČR potvrdilo, že neexistuje žádná legislativa upravující způsob vykazování a účtování digitálních měn. [7] Tudíž, z právního hlediska, je kryptoměna *ne-*

hmotná, zastupitelná, movitá věc. Tato definice je postačující na daň z příjmu, která je stanovena již na úrovni Evropské unie. Zde se situace trochu komplikuje. Generální finanční ředitelství již rozlišuje i jakým způsobem byla kryptoměna získána (těžbou, převodem) a kdo ji získal, zda právnická či fyzická osoba. Při vykazování transakcí a nabytí kryptoměny je nutné uvést její získanou hodnotu v Kč. Protože pro kryptoměny neexistuje jasný převodní kurz na českou korunu, povoluje se použití přepočtu přes třetí měnu (nejčastěji např. USD, EUR). V těchto fiat měnách burzy už uvádějí kurz, ke kterým je jednoznačný převod na Kč. Pro účely obchodování je potřeba kryptoměnu nakoupit nebo prodat za fiat měnu. Jelikož kryptoměna není považována za měnu, není ani směna kryptoměny za fiat měnu z pohledu daní z příjmu směnářskou činností a tím pádem se směna daní jako příjem (v případě nákupu jako výdaj) z prodeje nehmotné movité věci.

Evropská MiCA

Chystaná evropská regulace MiCA [8] byla poprvé představena v září roku 2020 Evropskou komisí a měla by vstoupit v planost v roce 2024. Důležitou skutečností je to, že se jedná o regulaci a měla by tedy předčít zákony členských států EU, zabývající se stejnou problematikou. Dosud si každý členský stát EU mohl vytvořit vlastní zákony a regulace pro obchodování, danění a práci s kryptoaktivy. Tato volnost přinášela možné mezinárodní podnikatele v branži kryptoaktiv do složitých situací, jelikož pro fungování ve více státech se museli řídit odlišnými zákony. Hlavní cíle regulace MiCA je posílit regulaci kryptoměnového trhu a poskytnout právní jistotu tohoto trhu v EU. Tohoto chce docílit zvýšením transparentnosti kryptoaktiv a burz, zavedení větší kontroly na burzami a poskytovateli digitálních peněženek a v neposlední radě také pojištění investorů. MiCA rozděluje kryptoaktiva do 3 kategorií, kterými se zabývá:

- „užitný token“,
- „token vázaný na aktiva“,
- „elektronický peněžní token (e-token)“.

Každé z těchto kategorií se věnují následující podsekcce.

5.0.1 Užitné tokeny

Užitné tokeny (angl. „utility tokens“) jsou definovány jako druh kryptoaktiva, který je dostupný pouze na DLT (nejčastěji tedy blockchain), je přijímán pouze vydavatelem tohoto tokenu a slouží k poskytování digitálního přístupu ke zboží nebo službě. Jejich

hlavní účel tedy není obchodování a placení. Součástí této kategorie jsou tzv. „governance tokeny“, které umožňují jejich držitelům podílet se na aktivním řízení a hlasování o dalším směru nějakého decentralizovaného/blockchainového projektu (dApps). Hlasování probíhá typicky použitím chytrých kontraktů popisovaných v předešlé sekci 2.1. Hodně těchto tokenů je implementovaných použitím standardu ERC-20 na blockchainu Ethereum. ERC-20 usnadňuje právě tvůrcům tokenů, chytrých kontraktů, peněženek a burzám implementovat nové projekty. Příkladem těchto tokenů je například BAT, využívaný prohlížečem Brave. BAT je token, který uživatel dostane jako odměnu, když si nechá zobrazit reklamu. Druhým příkladem je token MANA (Decentraland) sloužící k nakupování služeb a pozemků ve VR aplikaci Decentraland.

Podle regulace MiCA mají emitenti těchto tokenů povinnost vydat a zveřejnit „bílý papír“ (whitepaper). Zajímavá je nová povinnost, kterou MiCA ukládá. Pokud emitent vydá whitepaper, musí autor zahájit svůj projekt do 12 měsíců od jeho zveřejnění. Součástí regulace je spousta dalších povinností, která jsou nad rámec této práce a proto se autor rozhodl je zde dále nevypisovat. Pro čtenáře lze originální materiál dohledat dle citace.

5.0.2 Tokeny vázané na aktiva

Token vázaný na aktivum kvůli snaze udržet si stabilní hodnotu. Váže se buďto na několik fiat měn, které jsou zákonným platidlem, případně jednu nebo více komodit (plyn, uhlí, ropa, ...) nebo na další kryptoaktiva. Součástí definice je také hodnota kombinace aktiv, tedy vázání hodnoty na určitý fond složený z uvedených možností. Tato kategorie již dostává regulací přísnější podmínky než předešlá; vydavatel:

1. musí mít povolení příslušného orgánu svého domovského členského státu,
2. musí být právnická osoba usazena v Unii,
3. vypracuje a zveřejní bílou knihu schválenou příslušným orgánem,
4. má zodpovědnost za újmu způsobenou uvedením špatných informací.

Jelikož je emitent tohoto tokenu plně zodpovědný za jeho korektní a legální vedení, může držitel těchto kryptoaktiv požadovat odškodné za případnou újmu. Povinností je taktéž průběžné zveřejňování transparentních informací o množství tokenů v oběhu na webových stránkách a to alespoň jednou za měsíc. Celkově se specifikuje daleko více věcí, jako povinnost finančních rezerv, řízení rizik a tím zvýšit důvěryhodnost u potenciálních investorů. Bílý papír musí obsahovat varovná sdělení, upozorňující na možná rizika spojená s těmito tokeny.

5.0.3 Elektronické peněžní tokeny

Tento druh token je definován jako druh kryptoaktiva s hlavním účelem směny a udržení si stabilní hodnoty navázání na fiat měnu, která je zákonným platidlem. Jedná se především o stablecoiny jako USDC, USDT, BUSD, Vydavatel těchto tokenů musí být registrován jako úvěrová nebo instituce „elektronických peněz“. Tady vydavatel musí splňovat striktní podmínky podléhající regulaci a zákonům jako fiat měny.

Kapitola 6

Implementace kryptobota

Hlavní cíl této diplomové práce spočívá v implementaci kryptobota. Tento kryptobot má vytvořené pravidla vycházející z předem provedené technické analýzy. Pravidla se následně aplikují na reálný trh a bot provádí obchody. Jeho postup a stav lze uživatelský přívětivě pozorovat z webové stránky, případně jeho akce zastavit, nebo dokonce kompletně opustit tržní pozici. Implementovaný kryptobot je schopen obchodovat na burze Binance, která je jedna z největších a nejpopulárnějších světových burz.

6.1 Fungování kryptobota

Pro kompletní fungování je zapotřebí několika kroků. Každý z těchto kroků je vysoce důležitý a výpadek jakékoli části může mít kritické dopady. Proto je každá část systému navržena a implementována co nejrobustněji a počítá s možností nedostupných služeb, případně databáze. Prvním krokem, který bude vzápětí popsán podrobněji se stahování dat. Navazující je technická analýza. Z analýzy vycházejí příkazy k obchodování. Ty budou taktéž podrobněji popsány. Poslední krok je následná realizace příkazů, komunikace s burzou a vyhodnocování výsledků obchodování.

6.1.1 Historická data

Úplným základem bota jsou historická data. Naštěstí burza Binance tato data poskytuje bezplatně a volně ke stažení, prakticky komukoli. Lze si stáhnout svíčky, jednotlivé obchody nebo agregované obchody. Svíčky jsou poskytovány v granularitách od 1 vteřiny až po celý den. Z tohoto zdroje Binance zpřístupňuje data s jednodenním zpožděním. Pro potřebu bota v rámci této práce se stahují minutové svíčky se zmiňovaným jednodenním zpožděním. Důvod proč je toto dostačující je uveden dále v této práci. Náležitě se musí

ošetřit situace, kdy není server Binance dostupný nebo chybí data svícek kryptoměnového páru. Pokud k tomuto dojde, systém si zařadí do fronty svých úloh opětovnou akci stažení potřebných dat. Jakmile jsou svíčky na lokálním serveru, provádí se importování do databáze. Po úspěšném zapsání do databáze následuje technická analýza.

6.1.2 Technická analýza

Fundamentální krok kryptobota je samotné provedení technické analýzy ve spolupráci s backtestingem. Z tohoto vyplývají nastavení obchodních příkazů se prokazuje výhodné a má cenu je obchodovat. Řešení vytvořené v rámci je založené na rozboru kopců a dolin vytvořených závíracími cenami svíček. Kolísání cen nahoru a dolů by ve spojitém grafu tvořilo čáru, ve kterých lze identifikovat lokální minima a maxima. Právě tyto lokální extrémy tvoří kopce a doliny. Cílem analýzy je pak odhalit kryptoměnové páry s dostatečně velkým počtem těchto extrémů včetně jejich rozpětí. Jestliže by rozpětí bylo příliš malé, nemusely by být obchody ziskové. Z důvodu, že se takto snaží odhalit dlouhodobě ziskové páry nevadí, že se stahují a analyzují data s denní zpožděním. Toto řešení není založené na okamžité reakci, nýbrž na vidině dlouhodobé ziskovosti.

Scénář obchodování pro strategii kopců a dolin je následující: v momentě, kdy se dosáhlo minima, cena se odráží a začíná stoupat. Tím je započata nákupní fáze se snahou uzavřít obchod s co nejnižší cenou. Další stoupání ceny je příznivou situací, během které se zhodnocuje investice. Dosáhnutím lokálního maxima se trend láme a začíná klesat – nastává prodejní fáze opět se snahou prodat, tentokrát za co nejvyšší cenu. Konkrétní realizace je pak popsána v sekci 6.3.

6.2 Výběr párů a realizace obchodních příkazů

Vytvoření obchodních příkazů je starostí předchozího kroku, zabývající se technickou analýzou. Ovšem počet způsobů, jak tyto příkazy vytvořit není pouze jeden a je závislý právě na nastavení. Pro analýzu kopců a dolin jsou nezbytně důležité 2 parametry: velikost vzestupu a sestupu. Ty zastávají procentuální změnu, o kterou se musí aktuální cena zvednout nebo klesnout, aby se situace v časovém okně označily jako dolina, respektive kopec. Díky těmto dvěma jednoduchým parametrům lze získat důležité informace o kryptoměnovém páru, konkrétně:

- délka kopce,
- délka doliny,
- ziskovost.

Společně z dat získaných ze svíček (počet obchodů, objemy obchodů, ...) a statisticky získaných dat (medián a průměr objemu obchodů) se vydolují další rozhodující informace. Těmi je poměr počtu obchodů, poměr velikost objemu obchodů a počet obchodů vykonaných za den. Během backtestingu se simuluje obchodování o velikosti o mediánu obchodů. Jestliže algoritmus odhalí například 200 kopců během jednoho dne, znamenalo by to vykonání 200 obchodů. Toto číslo se dá do poměru s celkovým počtem vykonaných obchodů na kryptoměnovém páru. Obdobně se získá poměr velikosti objemů jednotlivých obchodů. Tyto poměry, společně s celkovým počtem obchodů, jsou důležité z pohledu ovlivňování trhu a zachování likvidity. Pokud by velikost těchto poměrů byla příliš velká, bylo by obchodování daného kryptoměnového páru riskantní, jelikož každý obchod kryptobota by mohl výrazně ovlivnit situaci na trhu a způsobovat výkyvy ceny. Zároveň by obchody nemusely být vypořádané, jednoduše protože by se trh stával nelikvidním a rozpětí mezi poptávkou a nabídkou by se rozšířilo.

Informace o délce kopců a dolin slouží jako pomocník pro nastavení maximální doby, po kterou se má bot pokoušet nakoupit. A samozřejmě, ziskovost slouží jako hlavní indikátor pro výběr páru. Ovšem ziskovost záleží na vybraném stylu obchodování a opakování příkazu, které si zaslouží podrobnější popis.

6.2.1 Opakování příkazu

Samotný příkaz se skládá z několika opakování, neboli iterací (6.1). Každá iterace má 2 fáze – nákupní a prodejní. Pro úplnost je ještě nutné definovat, co znamená ukončení jedné iterace. Ukončení iterace nastává ve 2 případech:

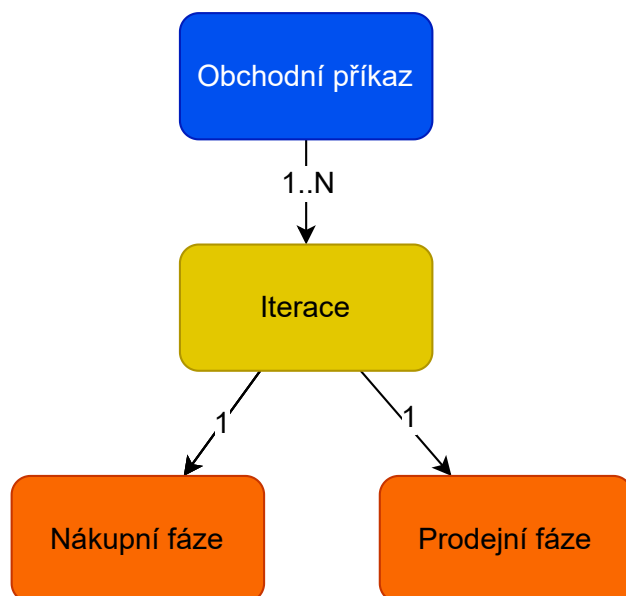
1. nepovedla se nákupní fáze (tj. nic se nekoupilo),
2. ukončila se prodejní fáze.

Prodejní fáze je uzavřena opět ve 2 situacích:

1. úspěšný prodej,
2. překročením maximální doby a prodej příkazem MARKET.

Existují 2 řešené postupy pro opakování příkazů. Prvních z nich je jednoduše v sekvenci (6.2a), kdy se před začátkem iterace n_i čeká na ukončení iterace n_{i-1} , přičemž i je pořadové číslo iterace. Výhodou tohoto přístupu je jednoduché sledování aktuálního stavu otevřené pozici na trhu. Avšak nevýhoda je šance na zanedbání dlouhého kopce a nevyužití případné ziskové situace. Proto byla vymyšlena druhá metoda opakování.

Schopnost iterace v kaskádě (6.2b) s sebou přináší řešení na dlouhé kopce, ve kterých cena roste delší dobu. Kaskáda se oproti sekvenci liší v možnosti spuštění následujícího

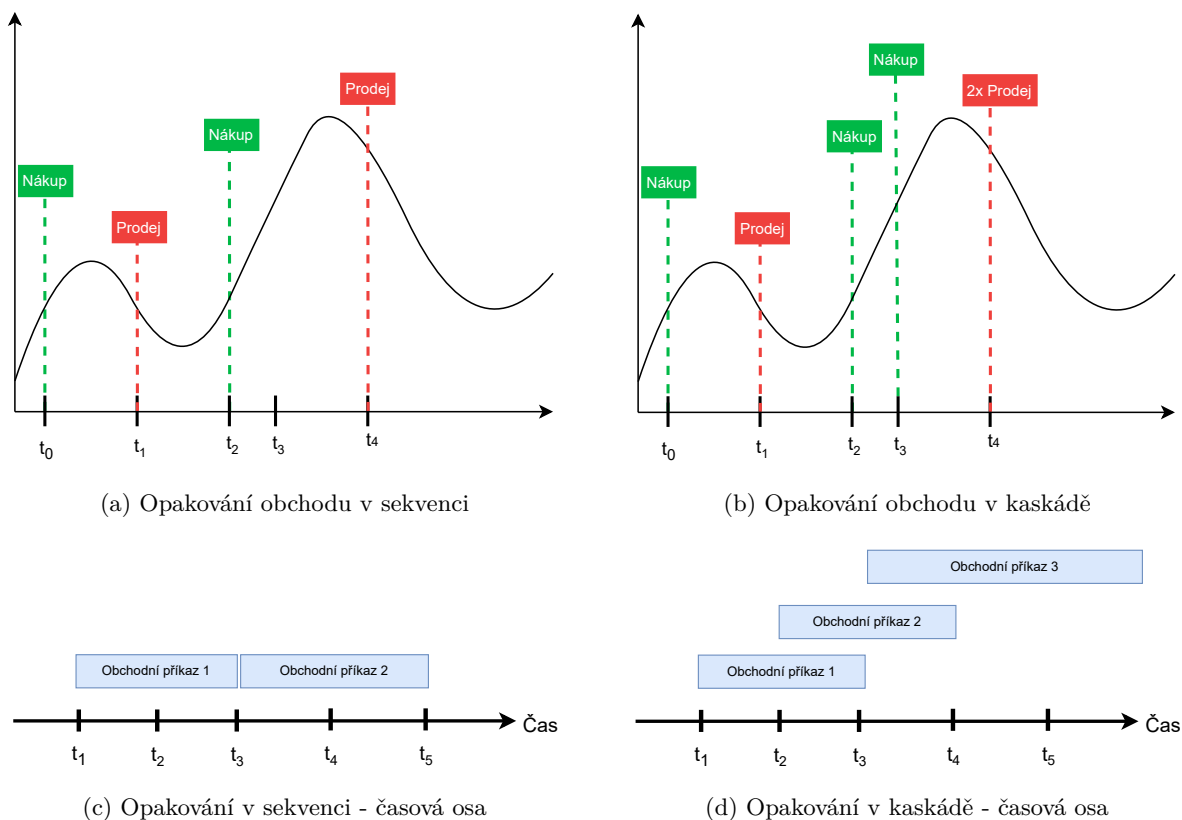


Obrázek 6.1: Dělení obchodního příkazu

opakování příkazu už v momentě, kdy je úspěšně ukončena nákupní fáze. V rámci tohoto může docházet k více otevřeným pozicím na trhu. Nevýhodou je opět eventuální otevření pozice těsně před koncem stoupání kopce. Jelikož se následně čeká na procentuální „propad“ ceny dolů, je vysoká pravděpodobnost, že tato pozice bude prodělečná. Další nežádoucí situací je příliš rychlé otvírání nových pozic a musí se limit buďto časově nebo maximálním počtem otevřených pozic v kaskádě. Bot v tomto případě podporuje obě možnosti.

6.2.2 Způsoby obchodování

Implementovaný kryptobot rozlišuje 2 způsoby obchodování, fixní a složené úročení. Fixní způsob otvírá pozice na vždy stejnou obchodovanou částku. Ve své podstatě se jedná o jakýsi DCA. Pokud se povede utržit zisk, je již „odložen mimo“. V případě ztráty na obchodě je nutné ji kompenzovat, ať už ze získaných zisků nebo ze zásob. Složené úročení, jak již název napovídá, reinvestuje vše co bylo získáno nebo ztraceno. Účelem je takto maximalizovat zisk. Ovšem tento styl obchodování s sebou přináší riziko ovlivňování trhu. Jestliže by investovaná částka narostla do velkých rozměrů může obchod způsobit ovlivnění tržní ceny a snížit likviditu trhu. Proto je nutné tento složené úročení limitovat maximální investovanou částkou.



Obrázek 6.2: Strategie opakování obchodu

6.2.3 Skutečné obchodní příkazy

Obchodování na základě kopců a dolin je pro burzy naprosto irrelevantní. Burzy přijímají pouze příkazy popsané v části 2.3.2. Nezbytností je tedy napasovat scénáře obchodování do kombinací s těmito příkazy.

Zachycení začátku vzestupného trendu a tedy i začínajícího kopce se dá realizovat jednoduše s použitím příkazu TRAILING STOP-LIMIT. Důležitý je právě onen *trailing*, který na počítá procentuální změnu tržní ceny. Problémové může být krátkodobé zachvění ceny, které by způsobilo zařazení příkazu do orderbooku, ale ve skutečnosti by trh pokračoval v klesajícím trendu. Možnost, jak se tomuto vyvarovat nabízí nepovinná *stop* neboli „aktivační“ cena. Teprve v momentě, kdy je proražena stop cena se začíná počítat trailing delta. Avšak v této situaci nastává komplikace s reálnou burzou: stop cena a limitní cena nelze zadat jako procento aktuálního kurzu, ale musí to být konkrétní hodnoty. Pokud by v nákupní fázi byla použita stop cena, může dojít k okolnostem, během kterých tržní cena výrazně klesne. Jakmile se odrazí a tržní cena opět stoupne, nedojde k nákupu, neboť se čeká, dokud se neprotne hranice aktivační ceny. Nejenže tedy by nákup trval

dlouhou dobu, ale výrazná část kopce by se „zaspala“ a to rozhodně není žádoucí. Přestože bot poskytuje možnost nakoupit příkazy MARKET, LIMIT, TRAILING STOP-LIMIT, skutečně se používá pouze TRAILING STOP-LIMIT bez použití aktivační ceny.

Realizace prodejní fáze se potýká s podobnými problémy. Při použití příkazu TRAILING STOP-LIMIT bez aktivační ceny může dojít k drobnému záchvěvu ceny a předčasným prodejem, což může vést ke ztrátovému obchodu. Naopak pokud se použije aktivační cena, může dojít k rychlému skoku do klesajícího trendu, aktivační cena nebude nikdy proražena a prodejní fáze bude ukončena na základě časového limitu s obrovskou ztrátou. Existuje ještě jedna střední cesta a tím je příkaz OCO („One Cancels the Other“). Jedná se vlastně o kombinaci dvou příkazů, LIMIT a STOP LIMIT. OCO příkaz je speciální v tom, že pokud je 1 příkaz jakkoli ukončen, automaticky je zrušen i ten druhý. V tomto případě LIMIT zastřešuje horní hranici, nad kterou dojde k prodeji a STOP LIMIT spodní hranici v případě pádu tržní ceny. Vytvořený bot umí využít těchto OCO příkazů v maximální prospěch periodickým kontrolováním tržní ceny a vlastním přepočtem procentuální změny. Pokud se cena dostatečně zvýší, zruší momentálně nastavený OCO příkaz a zadá nový s cenami posunutými nahoru. K prodeji pak dojde pouze v případě poklesu tržní ceny na hranici příkazu STOP LIMIT nebo pokud by kryptobot zasáhl výpadek. Teto metodě využití OCO příkazů přezdívá autor zajištěné obchodování, neboli taky *peaking*.

6.2.3.1 Platnost příkazu

Binance neposkytuje maximální dobu platnosti příkazu ve smyslu předání časového razítka vypršení platnosti nebo maximální doby trvání. Jelikož příkazy mohou být vyplněny jen částečně, existují 3 nastavení času platnosti:

1. Good-Till-Cancel (GTC),
2. Immediate-Or-Cancel (IOC),
3. Fill-Or-Kill (FOK).

Tyto nastavení se nevztahují na příkazy typu MARKET. Příkaz s platností GTC bude platný tak dlouho, dokud nebude objednávka kompletně vyplněna nebo zrušena uživatelem. Oproti tomu v režimu IOC se matching engine pokusí ihned alespoň částečně vypořádat vypořádat objednávku na limitní cenové hladině s obchodovaným množstvím. Pokud se vyplní kompletní obchod, nic dalšího se neděje. V případě částečného vypořádání je zbytek příkazu zrušen. Pokud na zadané cenové hladině není dostupné žádné obchodovatelné množství, je příkaz ihned zrušen. Poslední a zároveň nejprísnejší doba vypršení FOK vyžaduje okamžité plné zobchodování příkazu. Jestliže tomuto nemůže trh vyhovět, je příkaz stornován.

Režim FOK je pro implementovaného kryptobota zbytečně přísný. Odzkoušeny byly režimy GTC a IOC, ale nepřinesly žádné velké rozdíly. Avšak to může být způsobeno malou obchodovanou kvantitou. V případě, kdy by bot obchodoval značně vyšší částky, byly by rozdíly v režimech platnosti příkazů znatelnější. V tomto případě se nabízí upřednostnit spíše platnost IOC, aby byly příkazy vypořádány dostatečně rychle.

6.3 Komunikace s burzou

Přestože většina logiky kryptobota je realizovaná v databázi pomocí uložených procedur a funkcí, nelze všechno takto provést. Obchodní příkazy kryptobota obsahují abstrakci, kterou je nutné převést na reálné hodnoty, především limitní a aktivační ceny. Komunikace s burzou probíhá s pomocí 2 samostatných komponent. Obě mají trochu jiný účel a zaslouží si vlastní krátkou sekci. Předtím, než se popíšou tyto 2 komponenty, bude čtenáři přiblíženo API burzy Binance.

6.3.1 Binance API

Binance poskytuje aplikační rozhraní přes protokol HTTPS a do budoucna se chystá i rozhraní založené na websocketech. Pro komunikace si uživatel musí zajistit dvojici klíčů, *API* klíč a *secret* klíč. Základní URL pro zasílání požadavků je `https://api.binance.com`. Všechny potřebné informace ke koncovým bodům rozhraní jsou popsány v dokumentaci, avšak pro potřeby kryptobota bude zde přiblíženo jak rozhraní obecně, tak i pár konkrétních koncových bodů.

6.3.1.1 Zabezpečení

API klíčů může mít uživatel klidně více a skrze webové rozhraní lze na každý klíč nastavit jiná práva a omezení na konkrétní IP adresy. Tedy pokud uživatel zašle požadavek z jiné IP adresy než-li zadané v systému, nebude Binance takovýto požadavek registrovat a odpoví chybovou hláškou. Navíc si Binance chrání své rozhraní omezením počtem volání koncových bodů (rate limiting). Tato omezení jsou platná buďto na IP adresy nebo na identifikátor účtu uživatele.

Pro citlivé koncové body, které vykonávají akce na burze (vytváření příkazů, detail zůstatku, výběry, ...) vyžaduje API 2 zabezpečující prvky:

1. HTTP požadavek musí obsahovat hlavičku `X-MBX-APIKEY`,
2. Součástí požadavku musí být parametr `signature`

. Obsahem hlavičky **X-MBX-APIKEY** je uživatelův API klíč. Druhé je nutnost přiložení parametru **signature**, což je zpráva zajišťující kryptografickou autentizaci na základě algoritmu **HMAC-SHA256**. Jako klíč této do tohoto algoritmu vstupuje uživatelův *secret* klíč, hodnotou je pak počet zasílaných parametrů. Poslední ochranou je ochrana časová. Dalším parametrem, nazvaný **recvWindow**, uživatel určuje jak dlouho (v milisekundách) je požadavek platný. V každém požadavku na API je přiloženo časové razítko. Pokud server Binance nestihne vykonat požadavek v zadaném časovém okně, je celý požadavek zamítnut.

6.3.1.2 Popis koncových bodů

Koncové mohou občas podporují více parametrů, než jaké kryptobot reálně používá. Pro lepší přehlednost budou uvedeny a popsány parametry, které jsou doopravdy využity. Návrátové zprávy získávané při odpovědích budou taktéž popsány v potřebné míře.

Nový příkaz Nejzákladnější a nejčastěji volaný koncový bod rozhraní slouží k vytvoření nového příkazu na burze. Botem využívané parametry jsou popsány v tabulce 6.1.

POST /api/v3/order

Parametr	Povinný	Typ	Popis
symbol	✓	Řetězec	Název páru
side	✓	ENUM(buy, sell)	Nákup, prodej
type	✓	ENUM(LIMIT, MARKET, STOP LOSS LIMIT)	Typ příkazu
timeInForce	LIMIT, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT LIMIT	ENUM(gtc, ioc, fok)	Platnost příkazu
quantity	LIMIT, MARKET, STOP LOSS, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT, TAKE PROFIT LIMIT, LIMIT MAKER	Desetinný	Množství base měny k nakoupení/prodeji
price	LIMIT, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT LIMIT, LIMIT MAKER	Desetinný	Cena

stopPrice	STOP LOSS, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT, TAKE PROFIT LIMIT	Desetinný	Aktivační cena
trailingDelta	STOP LOSS, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT, TAKE PROFIT LIMIT	Celočíselný	Změna od extrému
newOrderRespType	X	ENUM(ack, result, full)	Velikost odpovědi

Tabulka 6.1: Parametry pro zadání nového příkazu

Velikost odpovědi serveru burzy se dá nastavit ve 3 režimech v tomto pořadí od nejmenší po největší: ACK, RESULT, FULL. Implementovaný kryptobot konkrétně využívá režim odpovědi RESULT. Odpověď tedy přichází ve formátu znázorněn na 6.1.

```

{
  "symbol": "BTCUSDT", // kryptoměnový pár
  "orderId": 28, // ID příkazu
  "orderListId": -1, // ID OCO příkazu, vždy -1 pokud není součástí
    OCO
  "clientOrderId": "6gCrw2kRUAF9CvJDGP16IP", // Klientské ID příkazu
  "transactTime": 1507725176595, // čas zavedení příkazu na burzu
  "price": "0.00000000", // nastavená cena
  "origQty": "10.00000000", // množství base měny k obchodu
  "executedQty": "10.00000000", // zobchodované množství base měny
  "cumulativeQuoteQty": "10.00000000", // zobchodované množství quote
    měny
  "status": "FILLED", // stav příkazu
  "timeInForce": "GTC", // doba vypršení
  "type": "MARKET", // typ příkazu
  "side": "SELL", // strana obchodu
  "workingTime": 1507725176595, // čas, kdy byl příkaz zpracován
    matching enginem
}
```

Listing 6.1: Odpovědi založení nového příkazu

Zrušení příkazu Další často využívaný koncový bod. Zrušení nastává pokud příkaz přesáhne svou maximální dobu trvání na straně bota. Parametry pro ukončení příkazu jsou v tabulce 6.2

DELETE /api/v3/order

Parametr	Povinný	Typ	Popis
symbol	✓	Řetězec	Název páru
orderId	orderId nebo origClientOrderId	Celočíselný	ID příkazu
origClientOrderId	orderId nebo origClientOrderId	Řetězec	Klientské ID příkazu

Tabulka 6.2: Parametry pro zrušení příkazu

Odpověď na požadavky zrušení příkazu kopírují formát při zadávání nových příkazů a je viditelný na 6.1.

Nový OCO příkaz Metoda zajištěného obchodování, nazvaná taky *peaking*, využívá právě OCO příkazů pro kontrolu spodní i horní hranice při změně kurzu kryptoměnového páru. Parametry které kryptobot nastavuje jsou v tabulce 6.3.

POST /api/v3/order/oco

Parametr	Povinný	Typ	Popis
symbol	✓	Řetězec	Název páru
side	✓	ENUM(buy, sell)	Nákup, prodej
quantity	✓	Desetinný	Množství base měny k nakoupení/prodeji
price	✓	Desetinný	Cena
stopPrice	✓	Desetinný	Aktivační cena STOP LOSS příkazu
stopLimitPrice	×	Desetinný	Limitní cena STOP LOSS příkazu
stopLimitTimeInForce	Pokud je stopLimitPrice	ENUM(gtc, ioc, fok)	Platnost příkazu STOP LOSS

trailingDelta	×	Celočíselný	Změna od posledního extrému
---------------	---	-------------	-----------------------------

Tabulka 6.3: Parametry pro vytvoření nového OCO příkazu

Odpověď na zaslaný příkaz je ve formátu JSON zobrazen na 6.2.

```
{
  "orderListId": 0,
  "contingencyType": "OCO",
  "listStatusType": "ALL_DONE",
  "listOrderStatus": "ALL_DONE", // stav OCO příkazu
  "listClientOrderId": "C3wyj4WVEktd7u9aVBRXcN", // Klientské ID
  "transactionTime": 1574040868128, // čas transakce
  "symbol": "LTCBTC", // název kryptoměnového páru
  "orders": [
    {
      "symbol": "LTCBTC",
      "orderId": 2, // ID příkazu STOP_LOSS
      "clientOrderId": "p09ufTiFGg3nw2f0dge0Xa" // Klientské ID příkazu STOP_LOSS
    },
    {
      "symbol": "LTCBTC",
      "orderId": 3, // ID příkazu LIMIT_MAKER
      "clientOrderId": "TXOvglzXuaubXAaENpaRCB" // Klientské ID příkazu LIMIT_MAKER
    }
  ],
  "orderReports": [ // Reporty jednotlivých příkazů
    {
      "symbol": "LTCBTC",
      "origClientOrderId": "p09ufTiFGg3nw2f0dge0Xa",
      "orderId": 2,
      "orderListId": 0, // odkaz na ID OCO příkazu
      "clientOrderId": "unfWT8ig8i0uj6lPuYLez6",
      "price": "1.00000000", // cenová hodnota příkazu
    }
  ]
}
```

```

    "origQty": "10.00000000", // požadované množství base měny
    "executedQty": "0.00000000", // zobchodované množství base mě
    ny
    "cumulativeQuoteQty": "0.00000000", // množství quote měny
    "status": "CANCELED", // stav příkazu
    "timeInForce": "GTC", // vypršení příkazu
    "type": "STOP_LOSS_LIMIT", // typ příkazu
    "side": "BUY", // obchodní strana
    "stopPrice": "1.00000000", // aktivací cena příkazu
  },
  {
    "symbol": "LTCBTC",
    "origClientOrderId": "TX0vglzXuaubXAaENpaRCB",
    ...
  }
]
}

```

Listing 6.2: Obsah odpovědi na zrušení OCO příkazu

Zrušení OCO příkazu Pokud při použití zajištěného obchodování se cena posouvá pozitivně pro aktuální stranu obchodu (myšleno nákup nebo prodej), kryptobot zruší platný OCO příkaz na burze a nahradí ho novým. Pro zrušení OCO příkazu je poslán HTTP požadavek na následující koncový bod s parametry uvedenými v tabulce 6.4.

DELETE /api/v3/orderList

Parametr	Povinný	Typ	Popis
symbol	✓	Řetězec	Název páru
orderListId	orderListId nebo listClientOrderId	Celočíselný	ID příkazu
listClientOrderId	orderListId nebo listClientOrderId	Řetězec	Klientské ID příkazu

Tabulka 6.4: Parametry pro zrušení OCO příkazu

Získaná odpověď strukturou odpovídá stejné zprávě jako při zaslání nového OCO příkazu, lze ji tedy vidět výše na 6.2.

Průměrná cena Získávání průměrné tržní ceny se využívá pro zajištěné a nezajištěné obchodování. Vyžaduje pouze jediný parametr, jak lze vidět na tabulce 6.5.

GET /api/v3/avgPrice

Parametr	Povinný	Typ	Popis
symbol	✓	Řetězec	Název páru

Tabulka 6.5: Parametry pro získání průměrné ceny

Odpověď lze vidět na 6.3.

```
{  
  "mins": 5, // počet minut, za které je průměr počítán  
  "price": "9.35751834" // průměrná cena  
}
```

Listing 6.3: Odpověď na požadavek průměrné ceny

6.3.1.3 Tržní pravidla

Každý kryptoměnový pár na burze Binance má svou vlastní sadu obchodních pravidel sdružených do tzv. *filtrů*. Celkem může existovat až 13 filtrů pro každý pár, nicméně kryptobot na některé pravidla nemůže nikdy narazit, jelikož nevyužívá například tzv. iceberg příkazy. V této práci tedy budou zahrnuta jen pravidla, na která bot musí reagovat.

PRICE_FILTER Definuje základní cenová pravidla při zadávání příkazů. Pokud hodnota pravidla (6.6) je rovna 0, tak se toto pravidlo bere jako neaktivní a nemusí se na něj brát ohled.

Název pravidla	Význam	Splnění pravidla
minPrice	Minimální povolená cena	$cena \geq minPrice$
maxPrice	Maximální povolená cena	$cena \leq maxPrice$
tickSize	Interval, o který lze měnit zadávanou cenu	$price \bmod tickSize = 0$

Tabulka 6.6: Pravidla cenového filtru

PERCENT_PRICE I tento filtr, jako předchozí, upravuje příkazové cenové rozpětí, nicméně tento rozsah zakládá na průměrné ceně předchozích obchodů. Pravidla lze vidět v tabulce 6.7 ¹.

Název pravidla	Význam	Splnění pravidla
multiplierUp	Násobitel horní hranice	$cena \leq multiplierUp * WMA_{cena}$
multiplierDown	Násobitel spodní hranice	$cena \geq multiplierDown * WMA_{cena}$
avgPriceMins	Počet minut, za které je počítán WMA	

Tabulka 6.7: Pravidla procentuálního cenového filtru

LOT_SIZE Zadává platný rozsah obchodované kvantity, neboli lotu. Jak projít tímto filtrem je vidět v tabulce 6.8.

Název pravidla	Význam	Splnění pravidla
minQty	Minimální povolený lot	$lot \geq minQty$
maxQty	Maximální povolený lot	$lot \leq maxQty$
stepSize	Velikost, o kterou se smí lot měnit	$lot \bmod stepSize = 0$

Tabulka 6.8: Pravidla velikosti lotu

MIN_NOTIONAL Definuje minimální obchodovanou nominální hodnotu. Nominální hodnotou se rozumí součin ceny a lotu. Tento filtr je přednostně kontrolován vůči příkazům typu LIMIT, nicméně může být použit i na typ MARKET. Jelikož při použití příkazu MARKET se nezadává požadovaná cena, počítá se nominální hodnota s průměrnou cenou za posledních X minut specifikovaných přesněji v pravidle (6.9).

Název pravidla	Význam	Splnění pravidla
minNotional	Minimální nominální hodnota	$cena * lot \geq minNotional$
applyToMarket	Platí i pro MARKET příkazy	
avgPriceMins	Počet minut, za které je počítán MA	

¹ WMA_{cena} označuje vážený klouzavý průměr ceny

Tabulka 6.9: Pravidla nominální hodnoty

MAX_NUM_ALGO_ORDERS Tento filtr upřesňuje maximální povolený počet aktivních „algo“ příkazů na daný kryptoměnový pár. Algo příkazem se myslí konkrétně příkazy typu STOP LOSS, STOP LOSS LIMIT, TAKE PROFIT, TAKE PROFIT LIMIT. OCO příkazy taktéž snižují uživatelskou kvótu na maximální počet algo příkazů.

6.3.2 Executioner

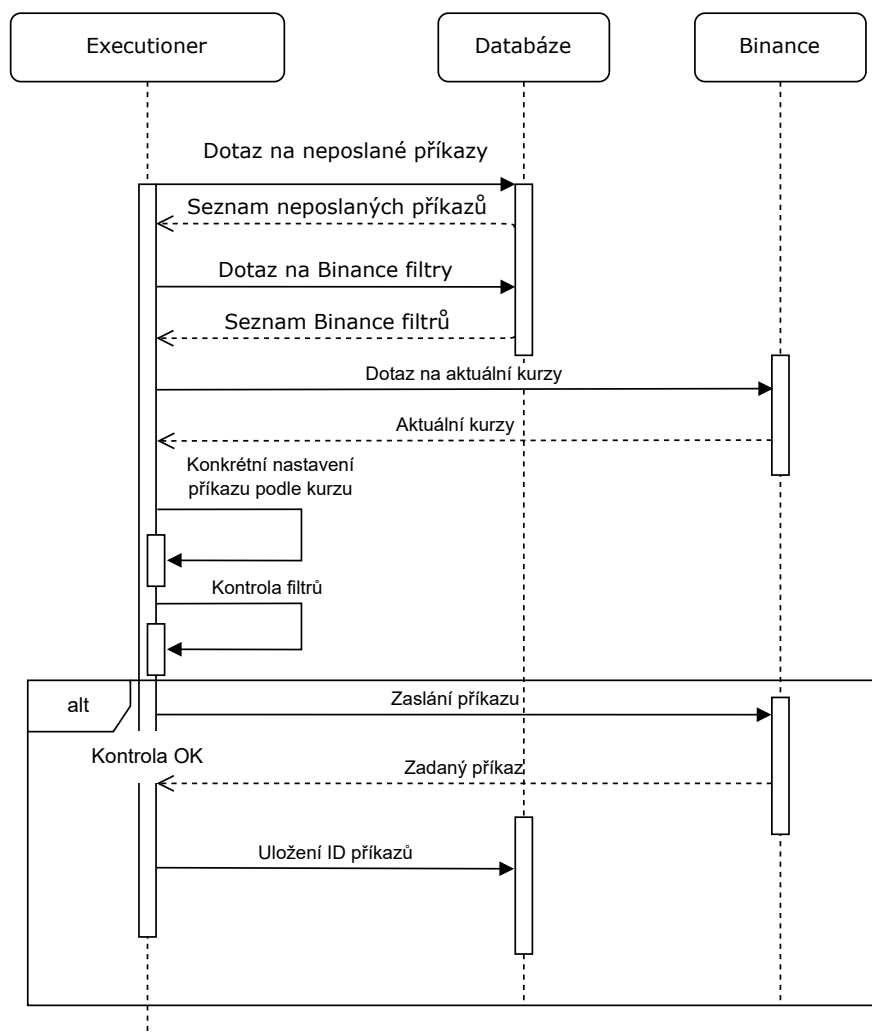
Komponenta executioner má na starosti obchodní příkazy. Konkrétně jejich zaslání na burzu a jejich zrušení a dohled na vlastní přepočty při použití metod zajištěného a nezajištěného obchodování. Komponenta využívá asynchronní úlohy. Přepínání mezi těmito úlohami řídí modul `asyncio` vytvoření právě pro asynchronní programování.

6.3.2.1 Zaslání příkazu na burzu

Kontrola zaslání příkazu se provádí periodicky, každých pár vteřin. Celý cyklus je znázorněn na aktivním diagramu 6.3. Z databáze (tabulka *trade_order_progress*) se načtou potřebné parametry příkazů. Následuje kontrola dostatku volných prostředků (podkládá měna kryptoměnového páru). Jestliže není dostatek podkladové měny, konkrétní příkaz se neprovede a do databáze se zapíše chybný stav. V případě úspěchu se pokračuje převedením procentuálních hodnot na reálné částky. Z burzy se skrze API stáhne aktuální kurz kryptoměnového páru, na jehož základě se dopočtou ony reálné částky, které se chtějí obchodovat. Před závěrečným zasláním příkazu na burzu dochází k poslední kontrole a to na pravidla samotného trhu (minimální nominální hodnota, minimální kvantita, ...). Konečně je příkaz odeslán pomocí REST API ke zpracování na Binance. Součástí odpovědi je pak jednoznačný identifikátor daného příkazu na Binance, ten se uloží do databáze. Tím končí jedna iterace zasílání příkazu.

6.3.2.2 Rušení příkazu

Po zaslání příkazu na Binance je současně uloženo časové razítko, kdy byl příkaz odeslán. Opět, periodicky, se kontroluje překročení maximální doby trvání příkazu. Pokud se tato doba přesáhne, je na Binance, přes API, zaslána žádost o zrušení toho příkazu. Pokud se



Obrázek 6.3: Aktivitní diagram zasílání příkazu

jedná o prodejní příkaz, bot navíc reaguje vznikem nového příkazu pro okamžitý prodej přes MARKET.

6.3.2.3 Peaking

Zvládnutí peakingu s sebou nese starost a vlastní přepočty změny kurzu. Tato změna se počítá od kurzu v momentě zasílání posledního příkazu. Peaking běží v rámci komponenty jako samostatná úloha. Cyklicky co chvíli si stahuje z Binance momentální kurz kryptoměnového páru a spočítá procentuální přírůstek kurzu. Pouze v případě, že se jedná o pozitivní změnu vyšší než zadaná hranice, je aktuální OCO příkaz zrušen a vytvořen nový s posunutými cenami nahoru. I v rámci této rychlé výměny příkazů se provádí stejné kontroly jako při normálním zasílání příkazu.

6.3.2.4 Nezajištěné obchodování

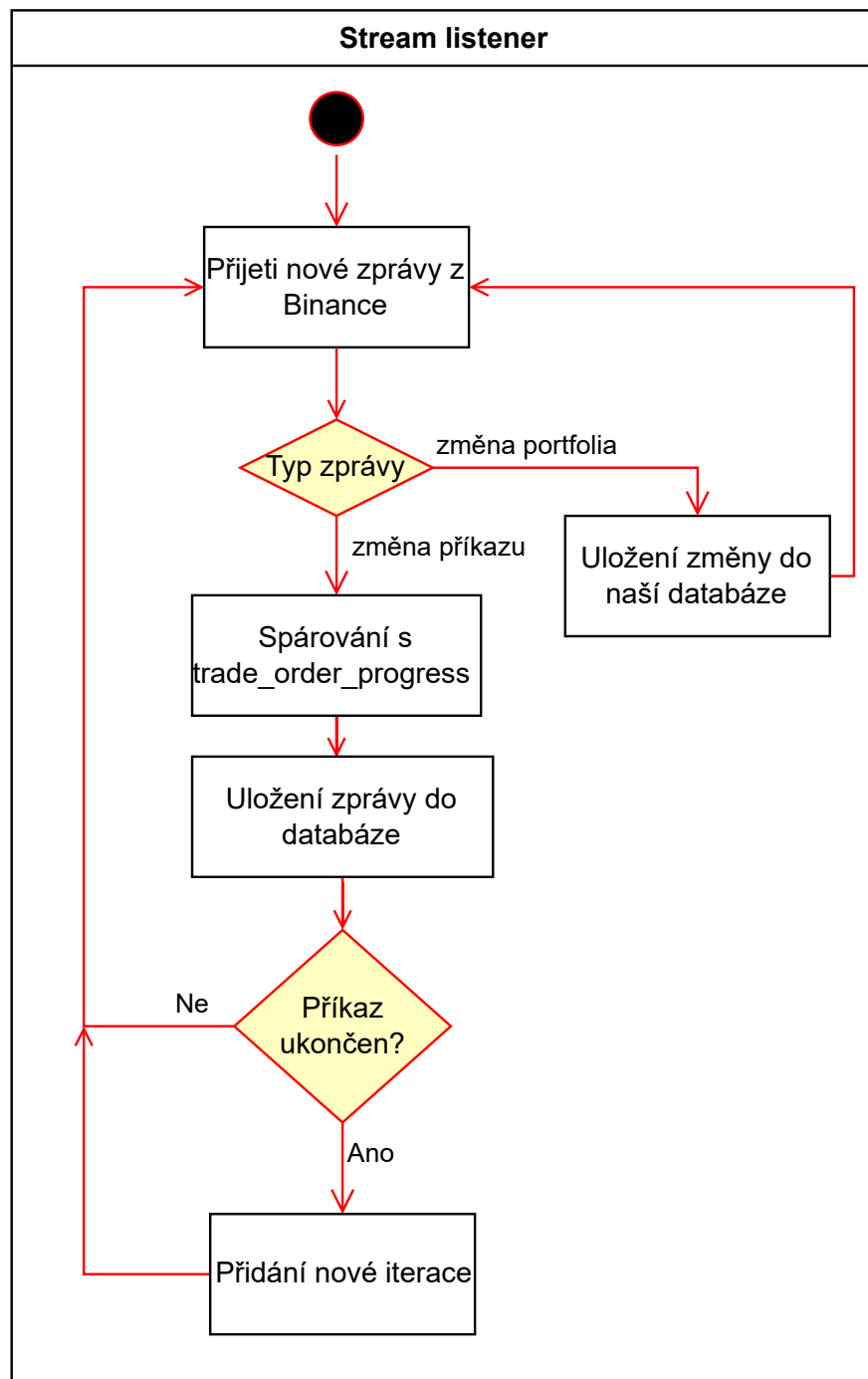
6.3.3 Stream listener

Úkolem stream listeneru je nepřetržité získávání zpráv o událostech od Binance. Vizuálně je proces naznačen na sekvenčním diagramu 6.4. Spojení s burzou se navazuje pomocí technologie *websocketů*. Ačkoli websockety nabízí možnost plně duplexní komunikace, Binance neumožňuje zasílání příkazů přes tento komunikační kanál. Jedná se tedy pouze o pasivní naslouchání. Aby bylo spojení dovoleno, je zapotřebí si vyžádat spojení se speciálním klíčem v URL parametru. Tento klíč lze získat voláním REST API a je nutné ho nadále označovat za aktivní (taktéž voláním REST API). Z přicházejí zprávy o 3 událostech:

1. aktualizace účtu,
2. aktualizace zůstatku,
3. aktualizace příkazu.

Aktualizace účtu nastává v momentě, kdy se jakkoli změní zůstatek na účtu, např. za-blokováním aktiv v rámci obchodování. Aktualizace zůstatku je zaslána jakmile nastane vklad, výběr nebo převod z účtu. Aktualizace příkazu, jak již název napovídá, je přijat při změně stavu příkazu způsobeným třeba zrušením příkazu, vypršením nebo vyplněním. Kryptobot reaguje na události týkající se aktualizací příkazů a aktualizace účtu. Každá aktualizace příkazu je ihned uložena do databáze.

Aby bot měl dostupné vždy korektní informace provádí stream listener při svém spuštění kontrolu příkazů z databáze vůči burze. Pokud detekuje, že v databázi chybí nějaké informace z důvodu nějakého výpadku, stáhne potřebné data skrze API a uloží je. Druhým



Obrázek 6.4: Sekvenční diagram komponenty Stream listener

opatřením, kterým stream listener disponuje, je ukládání zpráv do vyrovnávací paměti, pokud by došlo k výpadku databáze.

6.3.4 Databázové procedury

Většina abstraktnější logiky rozhodování je schována v databázových procedurách. Tyto procedury jsou navíc volány taktéž triggerem, případně periodicky v rámci databázové události (event), které databázový systém MySQL nabízí. Na tabulky *trade_order_iteration* a *trade_order_progress* jsou navázány *after insert* a *after update* triggerem. V momentě, kdy je vložen nový záznam iterace, automaticky je skrze trigger zavolána procedura, která vytvoří nový záznam do tabulky *trade_order_progress*. S touto tabulkou už pak pracuje *Executioner*, který příkaz zašle na burzu.

Jednotlivé části obchodu získávané *Stream listenerem* se vkládají do tabulky *trade_order_progress_part*. I pro tuto tabulku existuje *after insert* trigger. Jakmile je detekován záznam ohledně ukončení obchodu, korektně se zaktualizuje související záznam z *trade_order_progress*, spojený cizím klíčem. Po provedení aktualizace je opětovně volána procedura aktualizující *trade_order_iteration* a následně i samotná *trade_order*.

6.4 Možná budoucí vylepšení

Potenciál možných rozšíření je veliký. Implementace technické analýzy se může nadále rozšiřovat o další indikátory, jako je například MACD. Tyto indikátory lze počítat na aktuálních datech získávané z burzy. Kryptobot by tak mohl být rozšířen a dělat chytřejší rozhodnutí o tom, zda-li je opravdu nejlepší chvíle zaslání obchodního příkazu nebo se jedná o falešný trend.

Dalším nabízejícím se rozšířením je napojení na více kryptoměnových burz. Aktuálně je kryptobot schopen obchodovat pouze na jedné burze. Nicméně na ni není plně vázaný a což proces napojení na další burzy značně zjednoduše.

Fundamentální analýza má taktéž potenciál na vylepšení kryptobota. Jak pozitivní tak i negativní zprávy ohledně kryptoměn mohou ovlivňovat jejich tržní hodnotu. Kolísání této hodnoty nabízí možnost výdělku.

Z důvodu problematiky je množina vylepšení velká. Využít by šlo i technik strojového učení k detekci trendů nebo grafových vzorů. Takto pokročilá vylepšení by už ale vyžadovala mnohem delší expertizu

Sloupec TOT	View	Příklad	Poznámka
-------------	------	---------	----------

pairname	pairname	JOEBUSD	
source	X	peak_valley	
rank_trading	X	9999	
rank_fundamental	X	9999	
rank_total	X	9999	
rank_winning_order	X	1	
market	X	spot	Vždy „spot“
type	X	both	Vždy „both“
repeat	X	sequence	Vždy „sequence“
investment_strategy	X	fixed	„fixed“ nebo „compound“
reference_currency	X	base	Vždy „base“
start_limit	all_vol_no_trades_med	3000	$0,6 * all_vol_no_trades_med$ pro „compound“
compound_interest_max_limit	all_vol_no_trades_med	3000	
status	X	active	Vždy „active“
repeat_count	peak_count	first_add	$0,5 * peak_count$
cascade_max_parallel_count	X	1	
cascade_max_parallel_limit	X	9000	
label	X	JOEBUSD 20 USD	
description	X	JOEBUSD 20 USD	
datetime_begin	X	2023-03-28 12:00:00	
datetime_end	X	2023-04-10 12:00:00	
duration_buy	valley_interval_med	60	
duration_hold	X	NULL	
duration_sell	peak_interval_med	60	
duration_unit	X	minute	„minute, hour, day“
delay_before	X	NULL	
delay_after	X	NULL	
delay_id	X	NULL	
buy_trigger	X	last	„last“
buy_type	X	trailing	„market, limit, trailing, peaking, unsecured“
buy_price_value	X	NULL	
buy_price_percent	change_up	1.01	$1 + change_up$
buy_trailing_value	X	NULL	
buy_trailing_percent	change_up		$change_up$
buy_stop_price_value	X	NULL	
buy_stop_price_percent			
buy_time_in_force	X	ioc	
sell_trigger	X	last	„last“

sell_type	X	trailing	„market, limit, trailing, peaking, unsecured“
peaking_period	X	30	
sell_price_value	X	NULL	
sell_price_percent	change_down		$1 + change_down$ nebo $1 - change_down$
sell_trailing_value	X	NULL	
sell_trailing_percent	change_down		$change_down$
sell_stop_price_value	X	NULL	
sell_stop_price_percent	X		
sell_stoploss_value	X	NULL	
sell_stoploss_percent	X		
sell_stoploss_stop_price_value	X	NULL	
sell_stoploss_stop_price	X		
sell_time_in_force	X	gtc+market	
max_loss_unrealized_until_suspend	X	5	

Sloupec	TOT	TO	Typ	Popis
id	✓	✓	int	primární klíč
pairname	✓	✓	varchar	název kryptoměnového páru
source	✓	✓	enum	Odkud se vzala doporučení (manual, peak_valley)
rank_trading	✓	✓	int	Hodnocení obchodování
rank_fundamental	✓	✓	int	Hodnocení fundamentu
rank_total	✓	✓	int	Celkové hodnocení pravidla pro obchodování,
rank_winning_order	✓	✓	int	Vítězné pořadí pro doporučení (1 = nejlepší)
market	✓	✓	enum	Trh k obchodování (spot, futures)
type	✓	✓	enum	Strana obchodu (buy, sell, both)
repeat	✓	✓	enum	Opakování obchodu (once, sequence, cascade)
investment_strategy	✓	✓	enum	Investiční strategie (fixed, compound)
reference_currency	✓	✓	enum	Referenční měna (base, quote)
start_limit	✓	✓	double	Investovaná částka (pro fixed, pro compound pouze první investice)
compound_interest_max_limit	✓	✓	double	Maximální investovaná částka pro strategii compound (medián)
status	✓	✓	enum	Status doporučení (active, suspended, cancelled, blocked)

substatus	×	✓	enum	Podrobnější status pro trade_order (first_add, progress, finish_last, pause)
repeat_count	✓	✓	int	Maximální počet iterací pro trade_order
cascade_max_parallel_count	✓	✓	int	Maximální počet aktivních iterací v kaskádě
cascade_max_parallel_limit	✓	✓	double	Maximální investovaná částka aktivních iterací v kaskádě
label	✓	✓	varchar	Označení
description	✓	✓	varchar	Popis
datetime_begin	✓	✓	datetime	Začáteční datum obchodování
datetime_end	✓	✓	datetime	Konečné datum obchodování
duration_buy	✓	✓	int	Maximální doba pro nákup
duration_hold	✓	✓	int	Doba pro držení pozice
duration_sell	✓	✓	int	Maximální doba pro prodej
duration_unit	✓	✓	enum	Jednotka pro dobu prodeje/nákupu (minute, hour, day)
delay_before	✓	✓	int	Prodleva před zahájením iterace (ve vteřinách)
delay_after	✓	✓	int	Prodleva po ukončení iterace (ve vteřinách)
delay_id	✓	✓	int	Odkaz na pokročilejší pravidla prodlev
buy_trigger	✓	✓	enum	Typ určující cenu nákupu pro spot/futures trh
buy_type	✓	✓	enum	Typ nákupního příkazu (market, limit, trailing, peaking, unsecured)
buy_price_value	✓	✓	double	Cenová hodnota pro nákupní příkaz
buy_price_percent	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu páru pro nákupní příkaz (tzn. 1.01 je 1 % nahoru od kurzu)
buy_trailing_value	✓	✓	double	Cena, na kterou musí trailing vystoupat
buy_trailing_percent	✓	✓	double	Procento trailing změny
buy_stop_price_value	✓	✓	double	Aktivační cena
buy_stop_price_percent	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu páru pro aktivizační příkaz při nákupu
buy_time_in_force	✓	✓	enum	Parametr pro expiraci nákupního příkazu (gtc, ioc, fok)
sell_trigger	✓	✓	enum	Typ určující cenu prodeje pro spot/futures trh
sell_type	✓	✓	enum	Typ prodejního příkazu (market, limit, trailing, peaking, unsecured)
peaking_period	✓	✓	int	Jak často má probíhat kontrola pro peaking (ve vteřinách)
sell_price_value	✓	✓	double	Cenová hodnota pro prodejní příkaz

sell_price_percent	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu páru pro prodejní příkaz
sell_trailing_value	✓	✓	double	Cena, na kterou musí trailing vystoupat
sell_trailing_percent	✓	✓	double	Procento trailing změny
sell_stop_price_value	✓	✓	double	Aktivační cena
sell_stop_price_percent	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu páru pro aktivizační příkaz při prodeji
sell_stoploss_value	✓	✓	double	Limitní stoploss cena, pokud je zadána, použije se OCO příkaz
sell_stoploss_percent	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu pro stoploss cenu, pokud je zadána, použije se OCO příkaz
sell_stoploss_stop_price_value	✓	✓	double	Aktivační cena pro stoploss
sell_stoploss_stop_price	✓	✓	double	Procento od aktuálního kurzu pro aktivizační cenu pro stoploss
sell_time_in_force	✓	✓	enum	Parametr pro expiraci nákupního příkazu (gtc, ioc, fok, gtc+market)
current_volume	✗	✓	double	Aktuálně obchodované množství (investiční strategie „compound“)
profit_volume_last	✓	✓	double	Kolik vydělal (prodělal) poslední obchod
profit_volume_total	✓	✓	double	Kolik celkem bylo vyděláno dané měny
profit_percent_last	✓	✓	double	Procento zisku (ztráty) za poslední obchod
profit_percent_total	✓	✓	double	Celkové procento zisku (ztráty)
profit_count_continuous	✓	✓	int	Počet po sobě provedených ziskových iterací
profit_count_total	✓	✓	int	Celkový počet provedených ziskových iterací
loss_count_continuous	✓	✓	int	Počet po sobě provedených prodělečných iterací
loss_count_total	✓	✓	int	Celkový počet provedených prodělečných iterací
unrealized_count_continuous	✓	✓	int	Počet po sobě provedených neprovedených iterací
unrealized_count_total	✓	✓	int	Celkový počet provedených neprovedených iterací
max_loss_unrealized_until	✓	✓	int	Maximální počet po sobě jdoucích neprovedených + prodělečných iterací pro zastavení trade_orderu
profit_percent_last_5	✓	✓	double	Procento zisku (ztráty) za posledních 5 obchodů
suspend_resumed_total	✓	✗	int	Počet kolikrát byl TOT aktivován ze stavu „suspended“ do stavu „active“
created	✓	✓	datetime	Kdy byl záznam vytvořen

changed	✓	✓	datetime	Kdy byl naposled záznam změněn.
---------	---	---	----------	---------------------------------

Tabulka 6.11: Porovnání tabulky trade_order_template a trade_order

Kapitola 7

Závěr

Tato práce čtenáře postupně provádí základními informacemi o kryptoměnách, kryptoměnových burzách a popisuje jak se dají kryptoměnové páry obchodovat. Zmiňuje několik typů obchodních příkazů, rozdíly mezi nimi a zjednodušeně vysvětluje fungování obchodních burz. Dále jsou porovnány 3 strategie obchodování a to scalping, swing trading a buy-and-hold. Následně práce seznamuje čtenáře s technickou analýzou o kterou se opírají automatizované obchodní strategie. Součástí technické analýzy jsou grafové vzory včetně jejich vyobrazení, popisu a vysvětlení významu. Podobně jsou vysvětleny taktéž technické indikátory s metodami jejich výpočtu.

Další kapitola se zaměřuje na konstrukci kryptobota. Definuje kategorie, do jakých lze kryptoboty řadit podle jejich obchodní strategie. Vysvětluje základní motivaci a principy, na kterých jsou kryptoboti budováni. V poslední části této kapitoly se nachází srovnání nejpopulárnějších vybraných kryptobotů.

Předposlední kapitola líčí finanční legislativní rámec z kryptoměn a to jak z pohledu České republiky tak i Evropské unie. V této části práce je detailněji rozebrána regulace MiCA, která bude postihovat evropský trh.

Hlavní kapitolou popisující cíl této práce je realizace a implementace kryptobota. Čtenář je zde seznámen jak kryptobot funguje, jaké různé strategie může využívat a funkce, které kryptobot poskytuje. Mezi tyto funkce patří například obchodování v sekvenci nebo kaskádě, respektive fixní nebo složený úročení. Na zadané abstraktně zadaných obchodních příkazů získaných z technické analýzy kryptobot posílá na API reálné burzy požadavky na vytvoření obchodních příkazů. Je tedy schopný obchodovat na burze, což splňuje hlavní cíl této práce. Navíc je vytvořený bot schopný sledování aktuálních cen a dokáže simulovat tzv. trailingové příkazy nebo zmiňovanou strategii zajištěného obchodování.

Literatura

1. UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. *Bitcoin network power demand* [online]. University of Oxford, 2023 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://ccaf.io/cbeci/index>.
2. HANNAH RITCHIE AND MAX ROSER. *Czechia: Energy Country Profile* [online]. 2023 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://admiralmarkets.com/education/articles/forex-strategy/scalping-vs-day-trading-vs-swing-trading>.
3. SI, Qizhou Sun & Yain-Whar. Customized Decision Tree for Fast Multi-resolution Chart Patterns Classification [online]. 2020 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/1808.00418.pdf>.
4. VELAY, Marc; DANIEL, Fabrice. Stock Chart Pattern recognition with Deep Learning [online]. 2019 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://arxiv.org/pdf/1808.00418.pdf>.
5. STAFF OF THE U.S. SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. *Staff Report on Algorithmic Trading in U.S. Capital Markets* [online]. 2020 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: https://www.sec.gov/files/Algo_Trading_Report_2020.pdf.
6. ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Je k obchodování s tzv. převodními tokeny nebo k jejich směně vyžadováno oprávnění ČNB?* [Online]. 2018-11-19 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/dohled-financni-trh/legislativni-zakladna/stanoviska-k-regulaci-financniho-trhu/RS2018-13/>.
7. MINISTERSTVO FINANCÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Sdělení Ministerstva financí k účtování a vykazování digitálních měn* [online]. 2018-05-15 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://www.financnisprava.cz/assets/cs/prilohy/d-seznam-dani/Info-kryptomeny_priloha1-Sdeleni-MF-k-uctovani-a-vykazovani.pdf.
8. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Markets in Crypto-assets, and amending Directive* [online]. 2022 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13198-2022-INIT/en/pdf>.