

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. Své díky chci vyjádřit také mému kolegovi, Bc. Josefu Žáčkovi, jenž vytvořil systém pro stahování historických dat pro kryptobota. 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 Datová struktura	46
6.3 Výběr párů a realizace obchodních příkazů	47

6.4	Komunikace s burzou Binance	51
6.5	Webové rozhraní	63
6.6	Možná budoucí vylepšení	65
7	Závěr	70
	Literatura	71
	Přílohy	73

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
OHLC	– Open, High, Low, Close

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 [11]	29
3.8	Znázornění indikátoru SMA a EMA [11]	30
3.9	Indikátoru RSI se signály překoupeného a přeprodaného trhu [11]	31
3.10	Znázornění indikátoru MACD s popisem [11]	33
3.11	Stochastický oscilátor [11]	34
3.12	Bollingerova pásma s vizualizací kontrakce a roztažení [11]	34
6.1	Blokové schéma fungování kryptobota	45
6.2	ER diagram důležitých entit	46
6.3	Dělení obchodního příkazu	48
6.4	Strategie opakování obchodu	49
6.5	Aktivitní diagram zasílání příkazu	61
6.6	Sekvenční diagram komponenty Stream listener	64
6.7	Stránka zobrazující stav kryptoměn a navržených párů	66
6.8	Stránka zobrazující stav databáze a procesů	66
6.9	Stránka zobrazující stav obchodních příkazů	67
6.10	Formulář pro zadání nového obchodního příkazu kryptobota	67
6.11	Výsledky obchodního příkazu	68
6.12	Detaily stránky výsledků obchodního příkazu	69

Seznam tabulek

4.1	Tabulka srovnání kryptobotů	39
6.1	Parametry pro zadání nového příkazu	53
6.2	Parametry pro zrušení příkazu	54
6.3	Parametry pro vytvoření nového OCO příkazu	55
6.4	Parametry pro zrušení OCO příkazu	57
6.5	Parametry pro získání průměrné ceny	57
6.6	Pravidla cenového filtru	58
6.7	Pravidla procentuálního cenového filtru	58
6.8	Pravidla velikosti lotu	59
6.9	Pravidla nominální hodnoty	59

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 na 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 součástí první části 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 kterých 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 jednotlivá pravidla pro vydávání a zacházení s nimi.

Finální kapitola se zabývá praktickou 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 výtěžnosti kryptobota. Dále

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

Kapitola 2

Kryptoměny a obchodování na burzách

Fenomén Bitcoinu, který jako první odstartoval kryptoměnový boom, odstartoval sadu mnoha nových kryptoměn, založených buďto na podobných principech a technologiích, nebo s novými inovativními myšlenkami. Spolu s kryptoměnami přišlo spoustu 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 existuje 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 uchovávání nebo směně hodnoty. Jako příklad je možné považovat například 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 důvěryhodné 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 je 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 působit jako ověřený 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 byl podpis dané zprávy 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, obsahujících 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 záznamů zapsaných v 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 zaměňovat pořadí bloků, 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 kryptoměnové síti jsou počítače, zvané nody. Na nodech se ukládá blockchain a jak již bylo 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 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, na jehož základě těžba probíhá a těžaři jej respektují.

²Nejčastěji se jedná o funkci SHA-256

2.2.1 Alternativní ověřování — proof-of-stake

Ověřování na základě proof-of-work má dvě zásadní nevýhody. První z nich je ta, že odměny na základě těžby bloků nepřímo podněcují centralizaci. To způsobuje fakt, že 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 objemu, 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 Satoshi Nakamoto právě proto, aby se na 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 začaly 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.[3]

V současné době existuje více rozmanitých kryptoměnových burz. Tyto nové burzy už neplní pouze funkci směnárny, ale skutečně nabízejí možnosti kryptoměny obchodovat, podobně jako 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 aktivity 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 vyplatí část peněz zpět ve formě předem domluveného úroku. Staking je aktivní podílení se na ověřování transakcí na *proof-of-stake* blockchainu popsané 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 coinů 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, risku 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 graf nejvíce vyhovující jejich potřebám. Rozdíly mezi grafy nejsou pouze vizuální, ale liší se také množství 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 graf 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.

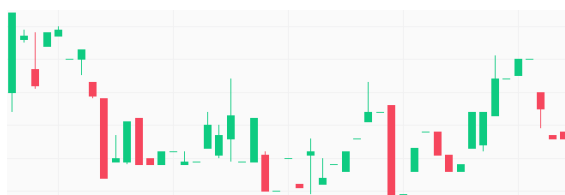
Dále v této práci mohou být tyto názvy použity i v jejich anglickém překladu.



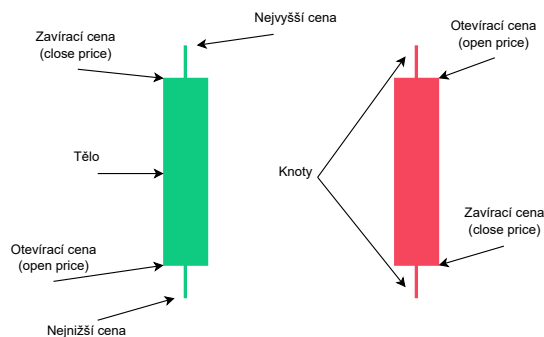
(a) Spojnicový graf



(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 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 spáruje obchodní příkazy a provede mezi nimi obchod. Ať už jeden obchod, kdy se vypořádávají shodné objemy pro nákup a prodej, nebo více obchodů v případě nerovnoměrného objemu pro nákup a prodej.

Moderní burzy poskytují 2 odlišné typy příkazů. Příkaz typu 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 fázi obchodování. Druhým příkazem, který nabízí 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.

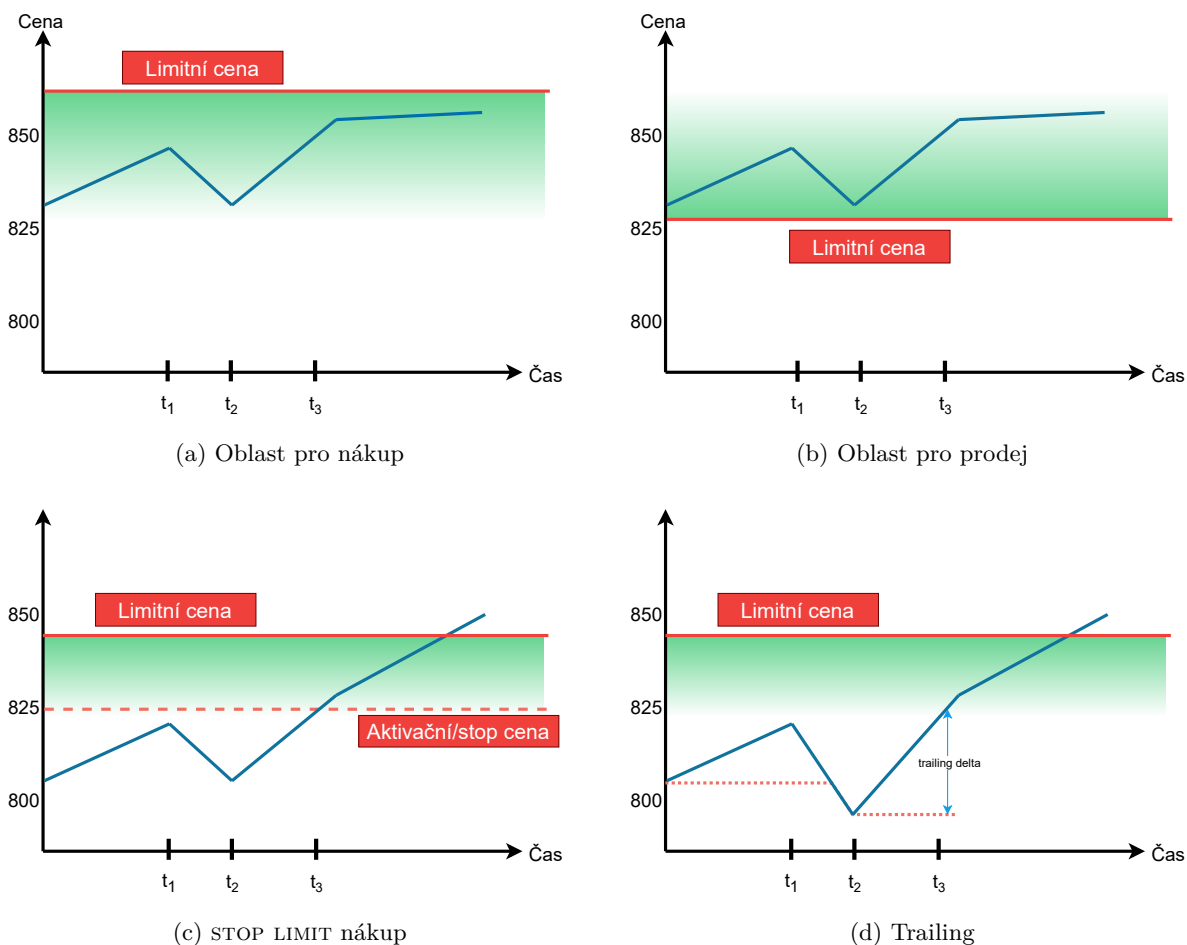
V kombinaci s limit příkazem lze využít další 2 možné příkazy, označované jako STOP-LIMIT a TRAILING STOP-LIMIT. Oba přidávají další možnosti, jak obchodování automatizovat. Stop-limit (2.2c) příkaz umožňuje přidat další cenový parametr, označovaný jako stop-cena neboli taky aktivní cena. Tato stop-cena 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 kde 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) posouvá 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 mít také 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 zadaný 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 na burze nebude nic dělat.

2.3.2.1 Obchodní pozice

Burzy umožňují obchodníkům otevírat dva typy pozic: *long* a *short*. Pokud obchodník otevírá long pozici, spekuluje na vzestup tržní ceny aktiva. Aktiva musí nejdříve nakoupit a následným uzavřením je prodá. Jestliže obchodník otevírá short pozici (tzv. shortování) spekuluje na pokles tržní ceny. Aktivum tedy nejdříve prodává a následně jej musí nakoupit zpět. Během shortování obchodník aktivum nikdy nevlastní, ale má je „vypůjčené“ od brokera.

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



Obrázek 2.2: Příkaz limit s hraniční cenou

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. [4]

2.3.3.1 Day trading

Denní obchodování nebo-li *day trading* se zaměřuje na obchody netrvajících déle než jeden den. Tito obchodníci se snaží najít co nejvýhodnější bod pro nákup a prodej aktiva v rámci jednoho dne a snaží se držet svou pozici nejdelší rozumnou dobu, aby mohli následně svou pozici uzavřít (prodat) se ziskem. Těchto pozic neotevívají mnoho, spíše jen pár v průběhu obchodního dne.

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.

2.3.3.3 Swing trading

Swing tradeři sporadicky otvírají a zavírají pozice na trhu, přičemž své pozice drží i v období několika dnů, nebo týdnů. Čekají na větší cenové výkyvy (doslova zhroupení 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 se 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 coinu u sebe.

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

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, nových produktů nebo různých ekonomických zpráv. Oproti tomu, technická analýza [5][6] se snaží odhadnout budoucí pohyb tržních cen aktiv (forex, akcie, kryptoměny) na základě dostupných historických dat, převážně z ceny a objemu minulých uzavřených obchodů. Tato kapitola se podrobněji věnuje technické analýze, její historii, z čeho technická analýza vychází. Zaobírá se několika metodami používanými při této metodě předpovědi vývoje 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 dekádách bylo vytvořeno mnoho dalších technických nástrojů a teorií, čím dál více využívající výpočetní algoritmy a postupy podpořené počítači.

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, též označováno 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.

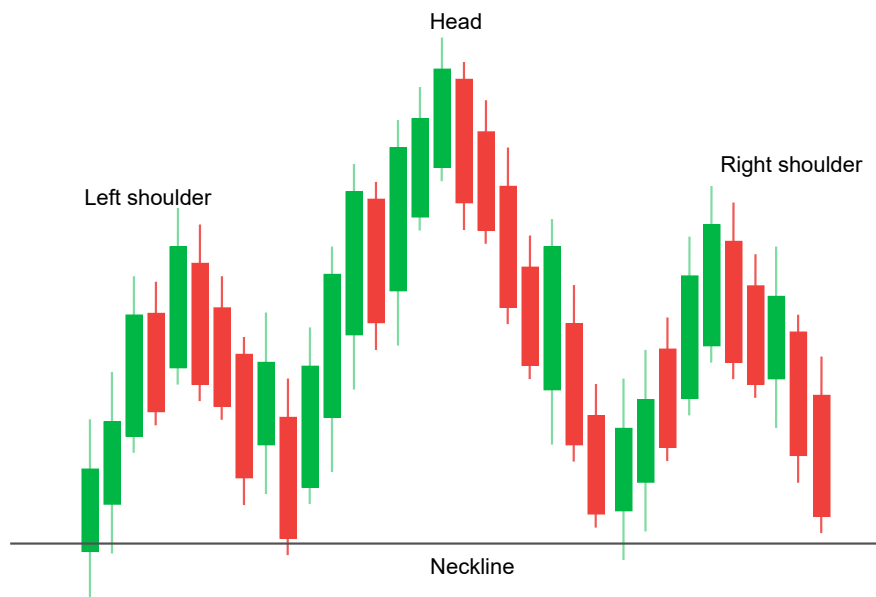
3.3 Grafové vzory

Grafové vzory [7] jsou opakovaně formující se útvary. 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, 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. Významnost vzoru časem klesá. Čím později je detekován, tím je méně použitelný. Existují pokusy [8] použít strojové učení pro detekci těchto vzorů, jako například práce autorů *Marc Velay a Fabrice Daniel* [9], kterým se podařilo dosáhnout 97% recallu¹, 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 způsobenou 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 ideálně zarovnaná.

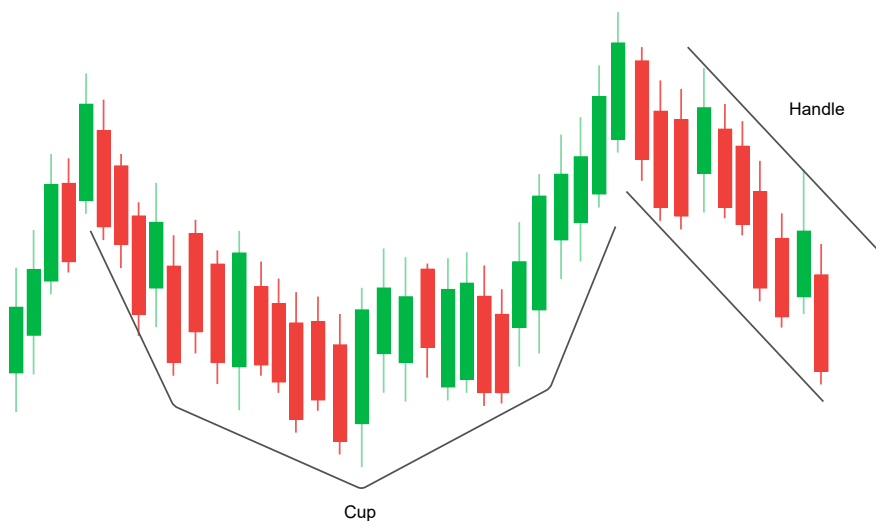
¹Recall je metrika, která kvantifikuje počet vybraných správných výsledků ze všech možných správných výsledků.



Obrázek 3.1: Vzor „head and shoulders“

3.3.2 Cup and handle

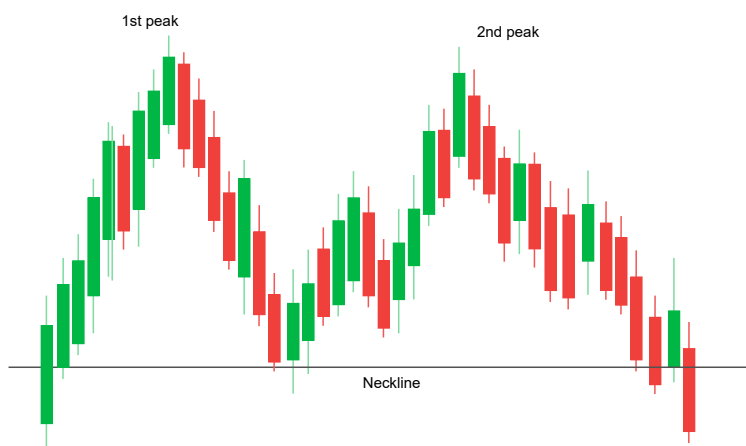
Formace připomínající šálek s rukojetí (obrázek 3.2) je symbolem pro rostoucí trend na trhu. Identifikovatelný je tvorbou široké, ale ne příliš hluboké doliny, přičemž na končící ceně této doliny dojde k dalšímu, již méně razantnímu poklesu v ceně. Tento menší pokles připomíná právě onu rukojeť a musí vždy následovat až po šálku. Toto pořadí je nezaměnitelné. Dolina by měla své dno zaoblené a připomínat například misku. 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.² 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 (viz 2.3.2.1). 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“

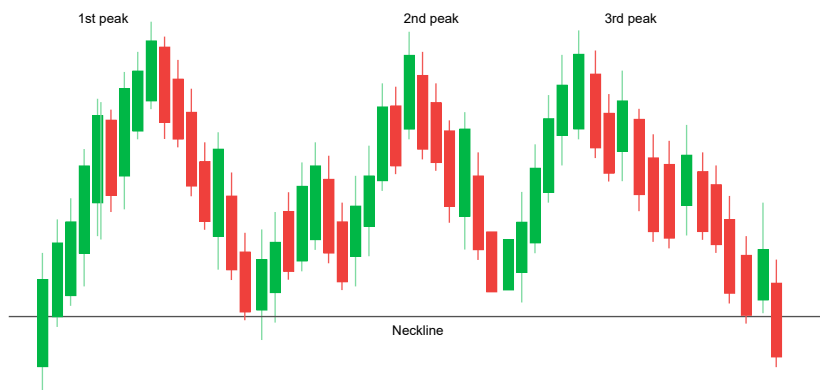
3.3.4 Triple top

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). 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). Rozeznatelný je tím, že se svíčky pohybují v rozmezí dvou sbíhajících přímk. Pokud je průsečík přímk pod momentální tržní cenovou hladinou, bude se jednat o padající klín. Naopak,

²Označení popisující dlouhodobě stoupající cenový trend. Jeho opakem je medvědí trh pro označení dlouhodobě klesajícího trendu.



Obrázek 3.4: Vzor „triple top“

jestliže je průsečík nad aktuální hodnotou aktiva, zformuje se stoupající klín. Význam, který tento vzor poskytuje se liší na základě trendu a utvořené varianty.

Padaající 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

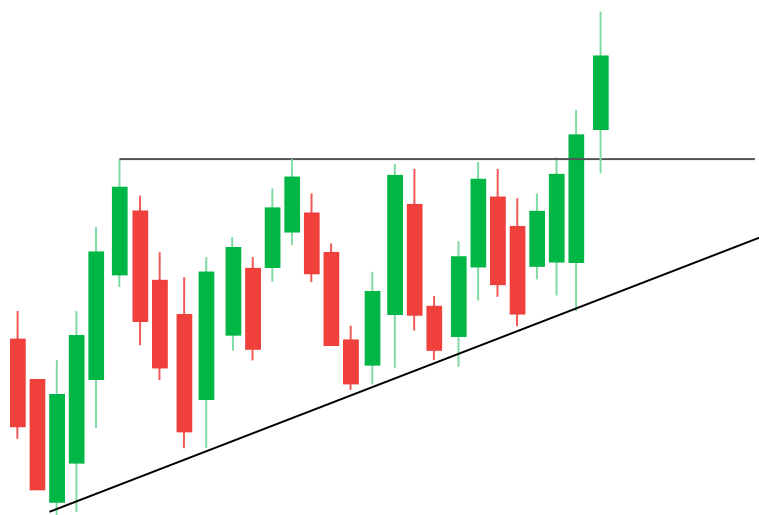
Stoupající klín indikuje podobné signály jako padaající klín. Pokud je nalezen při vzestupném trendu, je velice pravděpodobné, že bude následovat obrat trendu. V případě, že jej nalezneme v klesajícím trhu, bude to náznak spíše korekce a klesání bude pokračovat.

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 ve chvíli kdy trh v daném časovém okně zaznamenává 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 rezistence 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 rezistance, stává se ona úroveň supportem. Pravdivý je i opačný případ, kdy dojde k proražení supportu a stává se z toho nová rezistance. 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 rezistance. Samozřejmě je důležité uvážit časové okno pro zakreslování těchto úrovní a doba obchodování.

3.5 Indikátory

Indikátory jsou signifikantní součástí technické analýzy [10]. 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 nepoužívanějšími 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. Měří nákupní a prodejní tlak a spojuje tržní cenu v závislosti 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 ve vzorci 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 [11]

3.5.2 Klouzavý průměr (MA, Moving average)

Klouzavý průměr má hned několik variant výpočtu. Klouzavý průměr se 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 rezistence a její proražení dává signál k nákupu, předpovídající vzestupný trend. Opačný případ je taktéž pravdivý, kdy ve vzestupném trhu MA zastává roli supportu.

Dva nejpoužívanější 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 ve vzorci 3.2. EMA využívá váženého průměru, ve kterém se váha starších datových bodů exponenciálně snižuje, a tím se preferují spíše novější hodnoty hladiny kurzu. Při výpočtu tohoto váženého průměru se používá i takzvaný vyhlazovací koeficient α , přičemž nejčastější nastavení tohoto koeficientu je $\alpha = \frac{2}{n+1}$. Rekursivní metoda výpočtu lze vidět na vzorci 3.3. Pro pohyblivé časové okno lze využít druhou možnost výpočtu EMA viditelnou ve vzorci 3.4. Výhodou exponenciálního klouzavého průměru je větší důraz na novější 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 [11]

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 překoupeného a přeprodaného trhu [11]

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 (vzorec 3.8), což je rozdíl dvou exponenciálních klouzavých průměrů, počítané za kratší a delší období. Další složkou je signální čára (vzorec 3.9), vypočítaná jako EMA právě onoho MACD. Poslední složka je histogram (vzorec 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. Souběžně s tímto oscilátorem se využívá vyhlazovací klouzavý průměr periody o velikosti 3. Pro výpočet hodnot stochastický oscilátoru se používá vzorec 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 [11]

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 (vzorec 3.12). Se snižující nebo zvyšující se volatilitou dochází k tzv. kontrakci nebo roztažení pásem (viditelné na obrázku 3.12). Pokud je volatilita 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 nastane pokud 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 [11]



Obrázek 3.12: Bollingerova pásma s vizualizací kontrakce a roztahení [11]

Kapitola 4

Automatizované kryptoměnové obchodování

Obchodování na akciových trzích na základě algoritmicky založených automatů (dále jen botů) není žádnou novinkou. Podle zprávy o algoritmickém obchodování na kapitálových trzích v USA z roku 2020 [12] 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 způsobem, 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 jsou představeny 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 služeb dostupných zdarma. Dokonce existují i open source boti, které je možné si zprovoznit 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 bota tak, 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 se 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 výhodu, jelikož je zajímají konkrétní data. A sledovat více různých streamů dat najednou není složité. Uživatelé to přináší výhodu ve větší rozmanitosti obchodovaných aktiv, což může v dlouhodobém 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 jak velké propady, tak 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

Skalповací 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. Výnos z tohoto typu obchodování je obvykle snížen o vyšší poplatky, jelikož je vyšší i četnost samotných obchodů.

4.2 Analýza a srovnání existujících kryptobotů

Za dobu existence funkčních kryptoměnových burz se taktéž hodně rozšířili kryptoboti. Avšak dost 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. V opačném případě, kdy cena stoupá nad střední hodnotu, znamená každé proražení cenové úrovně prodej. Pionex není jediná platforma poskytující grid bota. Tohoto bota nabízí i Binance s možností zkopírování konfigurace ostatních uživatelů burzy.

Společně s tímto botem obsahuje Pionex dalších 15 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. [13]

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 je například jednoduchá notifikace, prodej, nákup nebo opuštění veškerých pozic.

Pro své uživatele nabízí Cryptohopper několik balíčků, kde 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. [14]

4.2.3 Coinrule

Coinrule poskytuje jednoduché a přehledné webové uživatelské rozhraní. Uživatel si propojí účet s některou 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 předdefinované šablony.

Podobně jako Cryptohopper i Coinrule nabízí několik uživatelských balíčků. Je zde rozdíl v tom, že nabízí neplacený balíček, zpřístupňující sice omezené funkce, ale vše nezbytné k automatizaci obchodování kryptoměn. [15]

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. [16]

4.3 Srovnání kryptobotů

Následující tabulka 4.1 zobrazuje srovnání vybraných charakteristik kryptobotů. Obecně lze říci, že většina 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 stanovenou 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 povinnosti vykazování zisků a ztrát jako u jakéhokoli jiného obchodování. Oproti tradičním akciovým a dluhopisovým trzích nespádají kryptoměny pod žádnou regulaci nebo centrální autoritu. Tato skutečnost je tak podstatou kryptoměn, 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 ke kryptoměnám vydala v roce 2018 stanovisko v následujícím znění:

Převodní tokeny nejsou penězi v ekonomickém ani právním smyslu. [17] 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. [18] Tudíž, z právního hlediska, je kryptoměna *nehmotná, zastupitelná, movitá věc*. Tato definice je postačující na daň z příjmu, která

je stanovena již na úrovni Evropské unie. Zde se situace 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 regulace Markets in Crypto-Assets (MiCA)

Chystaná evropská regulace MiCA [19] byla poprvé představena v září roku 2020 Evropskou komisí a měla by vstoupit v platnost 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 regulace docílit zvýšením transparentnosti kryptoaktiv a burz, zavedení větší kontroly na burzami a poskytovatelů 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).¹ 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 vazba 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 Evropské 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 také průběžné zveřejňování transparentních informací o množství tokenů v oběhu na webových stránkách, a to alespoň jednou za měsíc. Specifikuje se více povinností, jako jsou držení 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.

¹Whitepaper je autoritativní dokument seznamující čtenáře s projektem nebo problémem. Popisuje vlastnosti, služby, technologie a další nutné informace k dostatečnému informování o projektu.

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 podmínky podléhající regulaci a zákonům stejně jako fiat měny.

Kapitola 6

Implementace kryptobota

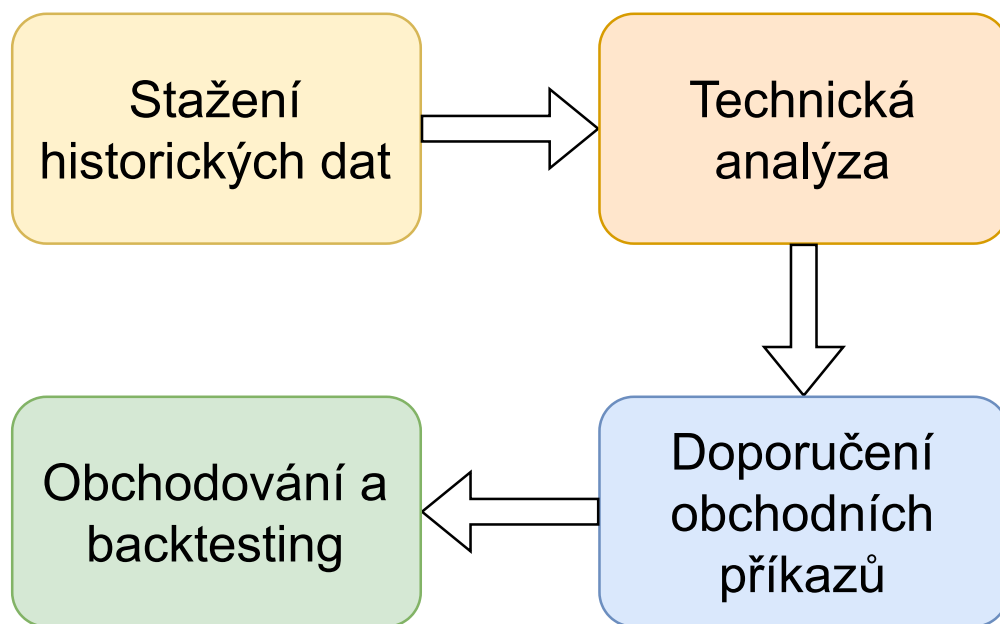
Hlavní cíl této diplomové práce spočívá v implementaci kryptobota. Tento kryptobot má vytvořená pravidla vycházející z předem provedené technické analýzy. Pravidla se následně aplikují na reálný trh a bot provádí obchody. Jeho postup a stav lze uživatelský přívětivě pozorovat skrze webové stránky, případně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

6.1 Fungování kryptobota

Pro kompletní fungování je zapotřebí několika kroků. Každý z těchto kroků (znázorněné na obrázku 6.1) je vysoce důležitý a výpadek jakékoli části může mít kritické dopady na fungování a potenciální ziskovost obchodování. Proto je každá část systému navržena a implementována co nejrobustněji a počítá s možností nedostupných služeb, případně databáze. Prvním krokem, který bude popsán podrobněji je stahování dat, následuje technická analýza. Z analýzy vycházejí příkazy k obchodování. Ty budou taktěž podrobněji popsány. Poslední krok je následná realizace příkazů, komunikace s burzou a vyhodnocování výsledků obchodování (backtesting).

6.1.1 Historická data

Úplným základem bota jsou historická data a jejich získávání je projektem jiného studenta. 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



Obrázek 6.1: Blokové schéma fungování kryptobota

zpřístupňuje data s jednodenním zpožděním. Často však svíčky nejsou dostupné i několik dní, což zkresluje výsledky doporučení pro obchodování. 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 svíček 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

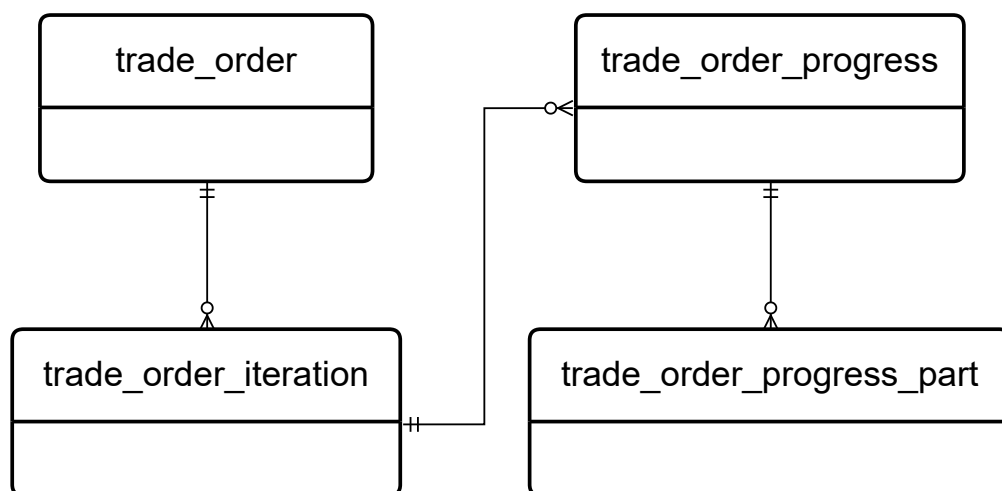
Fundamentální krok kryptobota je samotné provedení technické analýzy ve spolupráci s backtestingem. Z tohoto postupu vznikají nastavení obchodních příkazů, které jsou výhodné a má smysl je obchodovat. Řešení vytvořené v rámci je založené na rozboru kopců a dolin generovanými zavíracími cenami svíček. Kolísání cen nahoru a dolů by ve spojitěm 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 velikosti jejich rozpětí. Jestliže by rozpětí růstu kopců bylo příliš malé, nemusely by být obchody dostatečně ziskové. Analýza kopců a dolin se takto snaží odhalit dlouhodobě ziskové páry. Proto nevádí, že

se stahují a analyzují data s denní zpožděním. Toto řešení není založené na okamžité reakci, nýbrž na předpokladu 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 nákupní 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 6.4.

6.2 Datová struktura

Fungování kryptobota je nejvíce závislé na 4 relacích. Jejich ER diagram lze vidět na obrázku 6.2. Jednotlivé popisy sloupců těchto tabulek se nacházejí v příloze této práce (1, 2, 3, 4).



Obrázek 6.2: ER diagram důležitých entit

Většina abstraktnější logiky rozhodování je obsažena 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* trigger. 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*.

6.3 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 na konkrétním nastavení. Pro analýzu kopců a dolin jsou nezbytně důležité dva parametry: velikosti 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:

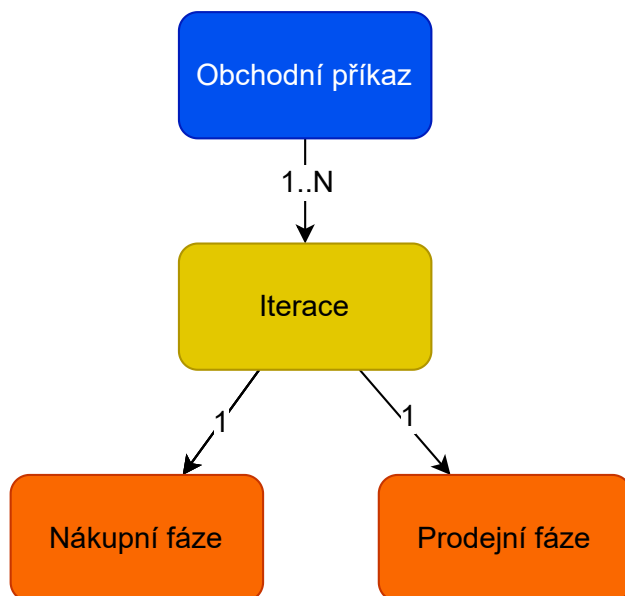
- délka kopce,
- délka doliny,
- ziskovost jednotlivých stoupání.

Společně z dat získaných ze svíček (počet obchodů, objemy obchodů, ...) a statisticky dopočetných 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 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 vypořádány, 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, které je doporučeno obchodovat. Ovšem ziskovost záleží na vybraném stylu obchodování a opakování příkazu, které si zaslouží podrobnější popis.

6.3.1 Opakování příkazu

Samotný příkaz se skládá z několika opakování, neboli iterací (obrázek 6.3). 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:



Obrázek 6.3: Dělení obchodního příkazu

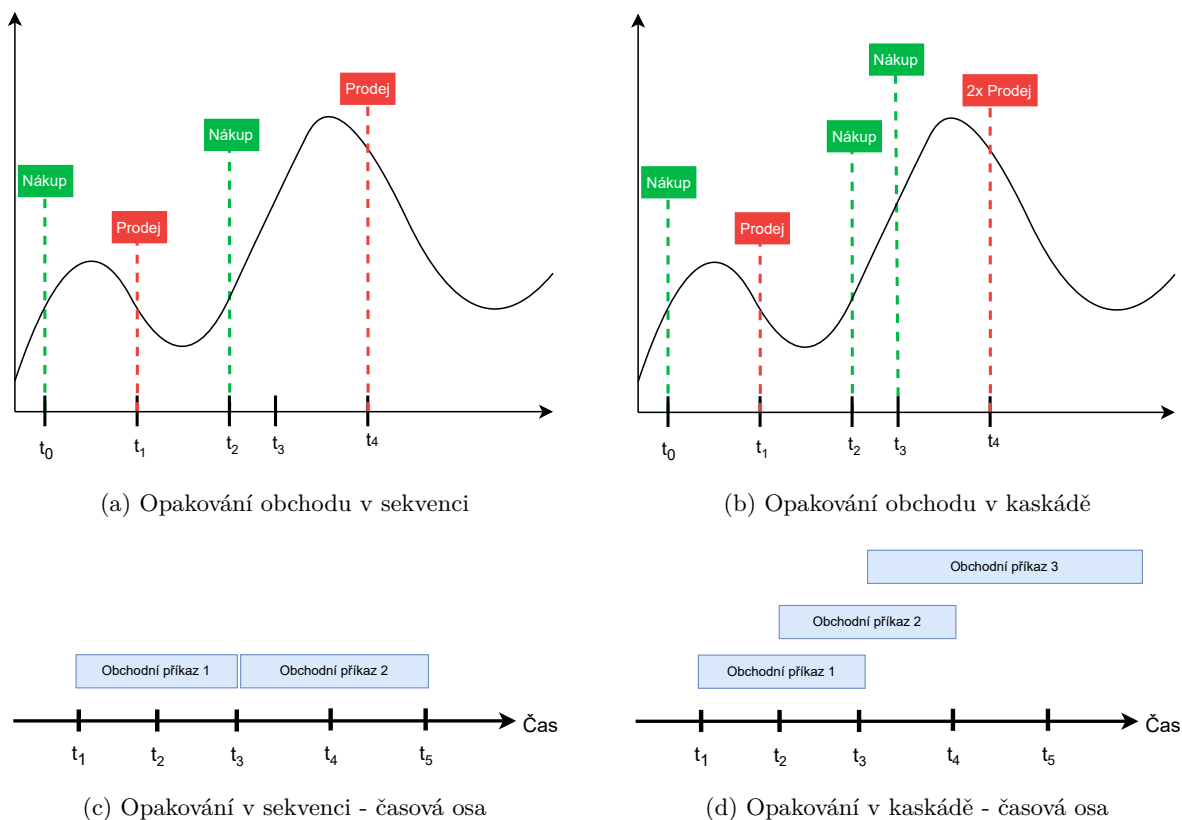
1. nepovedla se nákupní fáze (tj. nic se nekoupilo),
2. ukončila se prodejní fáze.

Prodejní fáze je uzavřena opět ve 2 situacích:

1. úspěšný prodej,
2. překročením maximální doby prodeje a prodej zbývajících aktiv příkazem typu MARKET.

Existují 2 řešené postupy pro opakování příkazů. Prvních z nich je opakování v sekvenci (obrázek 6.4a), 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 obchodovat iterace v kaskádě (6.4b) s sebou přináší řešení na dlouhé kopce, ve kterých cena roste delší dobu. Kaskáda se oproti sekvenci liší v možnosti spuštění následujícího opakování příkazu už v momentě, kdy je úspěšně ukončena nákupní fáze



Obrázek 6.4: Strategie opakování obchodu

iterace předchozí. V rámci tohoto postupu 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 otevírání nových pozic a musí se stanovit limit buďto časově nebo maximálním počtem otevřených pozic v kaskádě. Bot v tomto případě podporuje obě možnosti.

6.3.2 Způsoby obchodování

Implementovaný kryptobot rozlišuje 2 způsoby obchodování, a to fixní a složené úročení. Fixní způsob otevírá pozice vždy na stejnou obchodovanou částku. Ve své podstatě se jedná o jakýsi DCA. Pokud se povede utržit zisk, je již „odložen mimo“. V případě ztráty v obchodě je nutné ji kompenzovat, ať už ze získaných zisků nebo ze zásob. Složené úročení, jak již název napovídá, reinvestuje vše, hodnotu původního vkladu zvýšenou o zisk nebo sniženou o ztrátu z předchozí iterace. Účelem je takto maximalizovat zisk. Ovšem tento styl obchodování s sebou přináší riziko ovlivňování trhu. Jestliže by investovaná

částka narostla do velkých objemů může obchod způsobit ovlivnění tržní ceny a snížit likviditu trhu. Proto je nutné tento složené úročení limitovat maximální investovanou částkou.

6.3.3 Skutečné obchodní příkazy

Obchodování na základě kopců a dolin je pro burzy naprosto irelevantní. Burzy přijímají pouze příkazy popsané v části 2.3.2. Nezbytností je tedy napárovat scénáře obchodování na kombinaci 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 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 jevu 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 by nákup trval dlouhou dobu, ale výrazná část kopce by se „ignorovala“ a to rozhodně není žádoucí. Přestože bot poskytuje možnost nakoupit příkazy typu 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 předčasnému prodeji, 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 (vyplněním nebo zrušením), automaticky je zrušen i příkaz související. 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*.

6.3.3.1 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 (nakoupen nebo prodán celý požadovaný objem aktiv) nebo zrušena uživatelem. Oproti tomu v režimu IOC se matching engine pokusí ihned alespoň částečně 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. Odkoušeny byly režimy GTC a IOC, ale nepřinesly žádné velké rozdíly. Avšak to může být způsobeno malým objemem obchodovaného aktiva. 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.

6.4 Komunikace s burzou Binance

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 akivační ceny. Komunikace s burzou probíhá s pomocí dvou samostatných komponent. Obě mají trochu jiný účel a zaslouží si vlastní krátkou sekci. Předtím, než se popíšu tyto komponenty, bude čtenáři přiblíženo API burzy Binance. [20]

6.4.1 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.

6.4.1.1 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 té, která je zadáné v systému, nebude Binance takovýto požadavek registrovat a odpoví chybovým hlášením. Navíc si Binance chrání své rozhraní omezením počtu 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.

6.4.1.2 Popis koncových bodů

Koncové body mohou občas podporovat více parametrů, než jaké kryptobot reálně používá. Pro lepší přehlednost budou uvedeny a popsány parametry, které jsou reálně 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	×	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 v kódu 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
"cummulativeQuoteQty": "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": "TX0vglzXuaubXAaENpaRCB" // 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 měny
        "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 v kódu 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

6.4.1.3 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.

¹ WMA_{cena} označuje vážený klouzavý průměr ceny

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 nezadáva 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	

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.

6.4.2 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.

6.4.2.1 Zaslání příkazu na burzu

Kontrola zaslání příkazu se provádí periodicky, každých pár vteřin. Celý cyklus je znázorněn na aktivitním diagramu 6.5. Z databáze (tabulka *trade_order_progress*) se načtou potřebné parametry příkazů. Následuje kontrola dostatku volných prostředků (podkladová 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.

6.4.2.2 Rušení příkazu

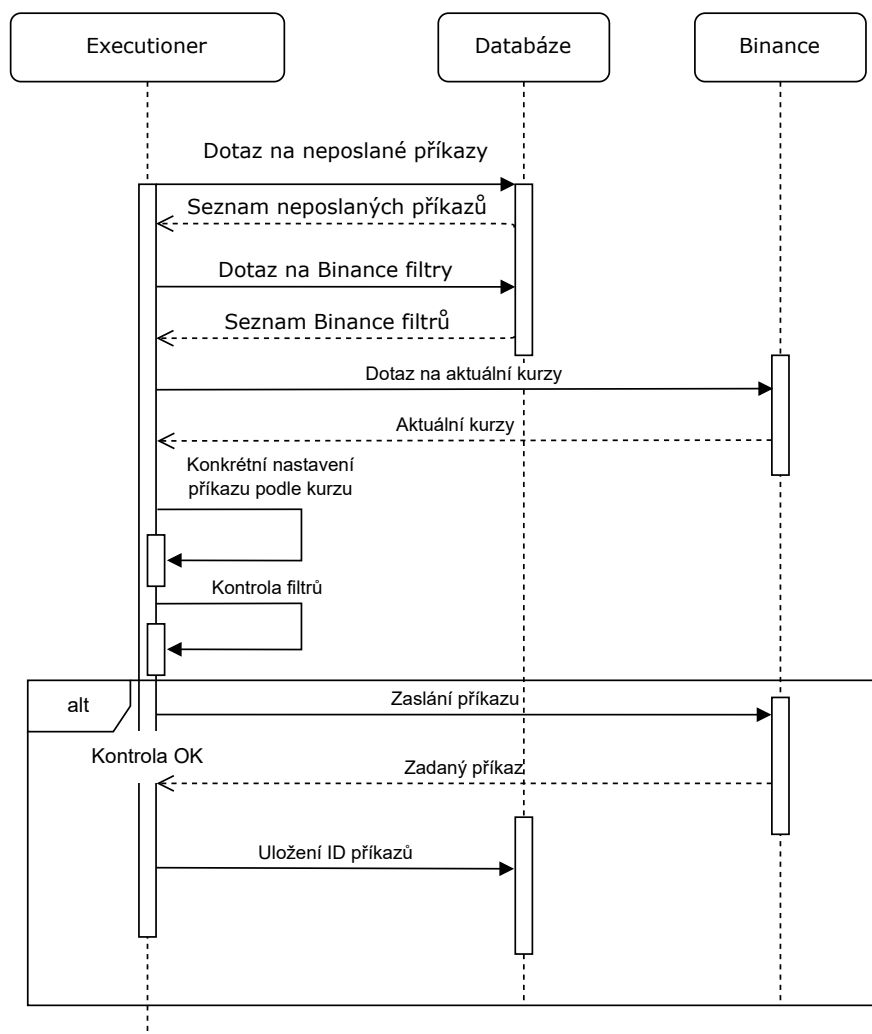
Po zaslání příkazu na Binance je současně uloženo časové razítko, kdy byl příkaz odeslán. Opět, periodicky, se kontroluje překročení maximální doba trvání příkazu. Pokud se tato doba přesáhne, je na Binance, přes API, zaslána žádost o zrušení toho příkazu. Pokud se jedná o prodejní příkaz, bot navíc reaguje vznikem nového příkazu pro okamžitý prodej přes MARKET.

6.4.2.3 Peaking

Zvládnutí peakingu s sebou nese starost a vlastní přepočítání změny kurzu. Tato změna se počítá od kurzu v momentě zaslání posledního příkazu. Peaking běží v rámci komponenty jako samostatná úloha. Cyklicky v krátkých časových intervalech 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.

6.4.2.4 Nezajištěné obchodování

Metoda nezajištěného obchodování se snaží simulovat trailingové obchodování na straně kryptobota. Vlastní implementaci trailingu bot podporuje, jelikož ne všechny kryptoměnové burzy podporují tento typ příkazu. Nevýhoda tohoto je vyšší náchylnost vůči



Obrázek 6.5: Aktivitní diagram zaslání příkazu

selhání systému a to jak ze strany burzy tak i samotného kryptobota. Nicméně trailin-gové obchodování je důležitým nástrojem ziskového obchodování.

Samotná simulace trailingu je založená na počítání změny průměrného kurzu kryptomě-nového páru. Byly vyzkoušeny dva přístupy:

1. získání průměrné ceny skrze API Binance,
2. vlastní průměrování kurzu.

Důvodem průměrování je vyhlazování náhlých změn, které mohou být způsobeny ob-chody s velkým objemem. V rámci prvního pokusu se bot periodicky dotazoval API Binance o získával informaci a průměrném kurzu daného páru. Pro většinu párů je tento průměr počítán za 5 minutové období. Tato skutečnost má za následek, že je průměr příliš „pomalý“, tedy pomaleji reaguje na změny v aktuální tržní hodnotě. V důsledku má toto i dopad na ziskovost obchodů prováděných kryptobotem, jelikož ob-chodní příkaz je na burzu zadán pozdě. Z tohoto důvodu bylo implementováno vlastní průměrování. Pomocí websocketů je kryptobot schopen se napojit na stream posílající zprávy o změně kurzu. Jakmile je obdrženo maximum zpráv (aktuálně nastaveno na 12) je poslední zpráva zahozena a nová je přidána. Následně jsou přijaté kurzy zprůmě-rovány. Výsledný průměr je porovnán vůči poslednímu extrému. Překročí-li nastavenou procentuální změnu, je na burzu zaslán příkaz typu LIMIT, po jehož ukončení je fáze iterace ukončena.

Během testování a obchodování se druhý přístup vlastního průměrování ukázal jako ziskovější. To může být způsobeno právě rychlejší reakcí na změny tržní ceny kryptomě-nového páru.

6.4.3 Stream listener

Úkolem stream listeneru je nepřetržité získávání zpráv o událostech od Binance. Vizualně je proces naznačen na sekvenčním diagramu 6.6. 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 povoleno, 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.

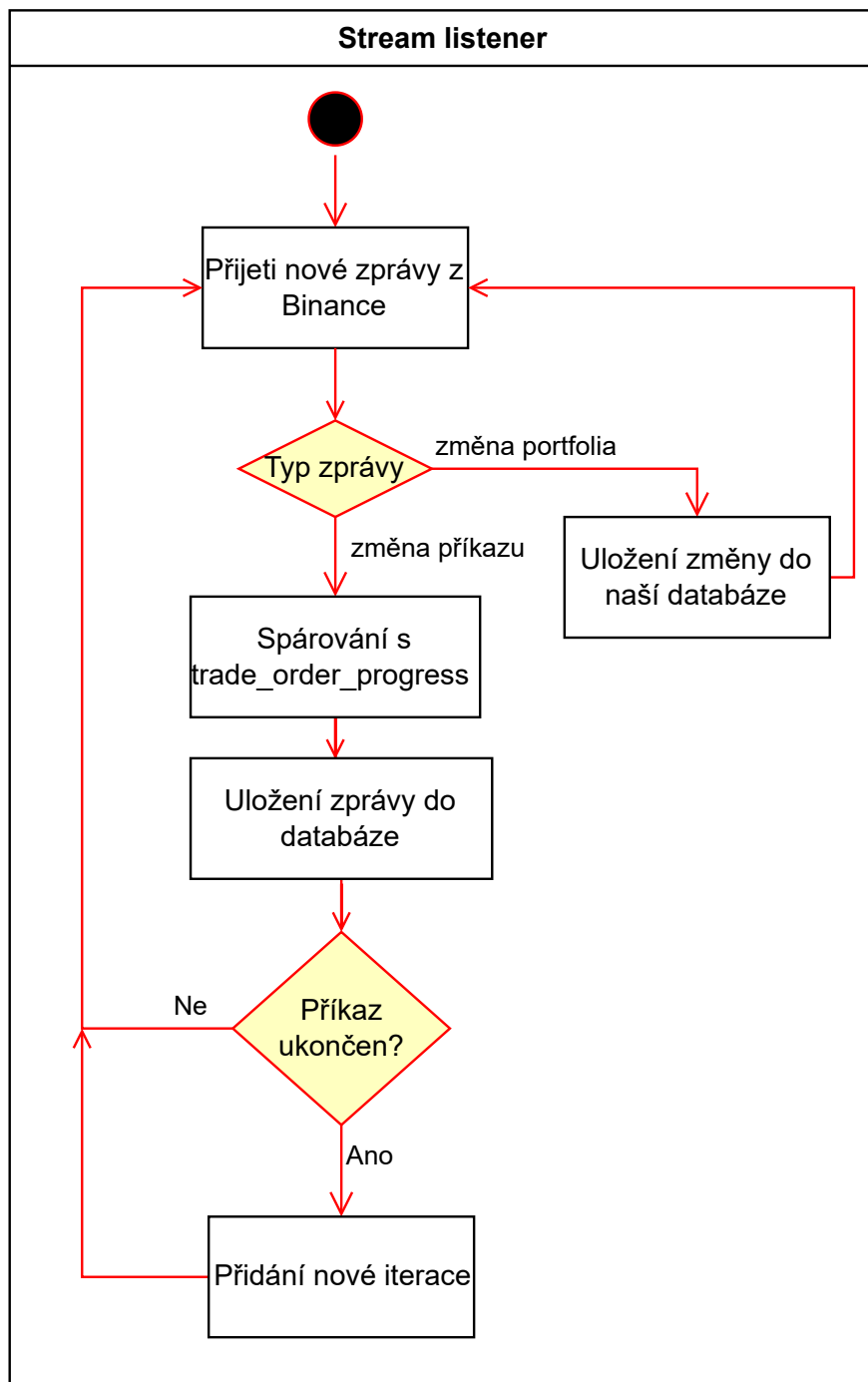
Aby bot měl dostupné vždy korektní informace provádí stream listener při svém spuštění kontrolu příkazů z databáze vůči burze. Pokud detekuje, že v databázi chybí nějaké informace z důvodu nějakého výpadku, stáhne potřebná data skrze API a uloží je. Druhým opatřením, kterým stream listener disponuje, je ukládání zpráv do vyrovnávací paměti, pokud by došlo k výpadku databáze.

6.5 Webové rozhraní

Vytvořené webové rozhraní slouží k jednoduššímu posouzení aktuálního stavu kryptobota. Poskytuje 3 základní pohledy:

1. pohled na stav obchodovaných kryptoměn a navržených párů z technické analýzy (obrázek 6.7),
2. pohled na stav databáze a běžících procesů (obrázek 6.8),
3. pohled na stav obchodních příkazů (obrázek 6.9).

Zadávání nových příkazů je rovněž umožněno skrze formulář viditelný na obrázku 6.10. Uživatel jednoduše zadá název kryptoměnového páru, nastaví způsob opakování obchodů a způsob investice, specifikuje dobu prodlev, maximální dobu trvání jednotlivých fází iterací, počet iterací a parametry obchodů. Výsledek obchodování je pak zobrazen na detailu obchodního příkazu (obrázek 6.11). Na detailech (obrázky 6.12a, 6.12b, 6.12c) je pak postupně vidět konkrétní nastavení obchodního příkazu včetně celkových statistik ziskovosti, průběh jednotlivých iterací včetně stavu konkrétních fází a nakonec svíčkový graf zaměřený na období, ve kterém byly prováděny obchody. Na svíčkovém grafu jsou rozsahové anotace vyjadřující ziskový nebo ztrátový obchod. Pro uživatele webového rozhraní je tento graf interaktivní a může prohlížet jak si kryptobot se zadaným příkazem vedl.



Obrázek 6.6: Sekvenční diagram komponenty Stream listener

6.6 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

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

Obrázek 6.7: Stránka zobrazující stav kryptoměn a navržených párů

Job queue status

Finished: 2018 Failed: 491 Cancel: 18 Waiting: 11 Progress: 0 Sleep: 0

Database status

Tables in use: 1 Active processes: 4

DATABASE	TABLE	ID	USER	HOST	DATABASE	COMMAND	TIME	STATE
binance	maintenance_queue	8889681	crypto	172.30.0.233534	binance	Query	0	executing
		8889683	crypto	172.30.0.233538	binance	Query	0	executing
		8889700	crypto	172.30.0.233544	binance	Query	0	executing
		5	event_scheduler	localhost		Daemon	0	Waiting for next activation

Jobs in queue: 502

SOURCE	MODULE	TYPE	PAIRNAME	STATUS	REPEAT	PRIORITY	DATETIME	START	ACTIONS
external	python_pair_get	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:00			
external	python_pair_start	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:00			
internal	pair	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:01			
internal	pair_routine	function		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:02			
external	python_pair_settings	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:02			
external	python_pair_download	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:03			
external	python_pair_import	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:04			
internal	pair_generator_pass_valley	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:10			
internal	trading_bot_setup	procedure	global	Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:10			
external	python_pair_missing	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	20.04.23 08:13			
internal	pair_report_content	procedure		Infinite (1 week delay)	medium	20.04.23 07:30			
external	python_pair_download	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	03.09.22 09:03			
external	python_pair_download	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	03.09.22 09:03			
external	python_pair_download	procedure		Infinite (1 day delay)	medium	04.09.22 09:03			

Obrázek 6.8: Stránka zobrazující stav databáze a procesů

Trade orders

New Trade Order

id	pairname	status	substatus	investment_strategy	start_limit	repeat_count	description
436	CTSLUSD	completed	progress	fixed	60	10	BOT TRAILING TEST
435	COCCUSD	completed	progress	fixed	10	10	BOT TRAILING TEST
434	COCCUSD	suspended	finish_last	fixed	10	10	BOT TRAILING TEST
433	COCCUSD	suspended	finish_last	fixed	10	10	BOT TRAILING TEST
432	CTSLUSD	completed	progress	fixed	60	10	BOT TRAILING TEST
431	CTSLUSD	completed	progress	fixed	60	10	BOT TRAILING TEST
430	CTSLUSD	completed	progress	fixed	60	10	BOT TRAILING TEST
429	OGRLUSD	suspended	finish_last	fixed	2	10	BOT TRAILING TEST
428	OGRLUSD	suspended	finish_last	fixed	2	10	BOT TRAILING TEST
426	tomobud	active	first_add	compound	89.7034802319312		Peak_valley AUTOMAT: tomobud C
425	coocubud	suspended	pause	compound	101.3223876953125		Peak_valley AUTOMAT: coocubud C
424	OGRLUSD	completed	progress	fixed	2	10	BOT TRAILING TEST
423	OGRLUSD	completed	progress	fixed	2	10	BOT TRAILING TEST

Progress (< 5 minutes)

pairname	id	iteration_id	command	is_oco	created	changed	Bravos ID	OCO STOPLOSS ID	OCO LIMIT ID
CTSLUSD	436	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	435	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	434	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	433	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	432	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	431	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
CTSLUSD	430	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
OGRLUSD	429	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
OGRLUSD	428	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
tomobud	426	1	buy	1	2023-04-28 07:15:26				
coocubud	425	1	buy	1	2023-04-28 07:15:26				
OGRLUSD	424	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				
OGRLUSD	423	1	buy	0	2023-04-28 07:15:26				

Obrázek 6.9: Stránka zobrazující stav obchodních příkazů

New trade order

* Pairname: CTSUSD * Repeat: sequence Repeat count: 10 Investment strategy: fixed

* Start limit: 60 * Compound max interest limit: 90 * Cascade max parallel count: 1 * Cascade max parallel limit: 90

* Label: CTSUSD 20 USD * Description: BOT TRAILING TEST * Trade since and until: 2023-04-28 07:15:26 → 2023-04-30 09:15:30

Duration: Buy: 90 Hold: Max duration to hold in specified units Sell: 60 Unit: minute

Delay: Before: Time before trading in seconds After: Time after trading in seconds

* Max loss + unrealized until suspend: 5

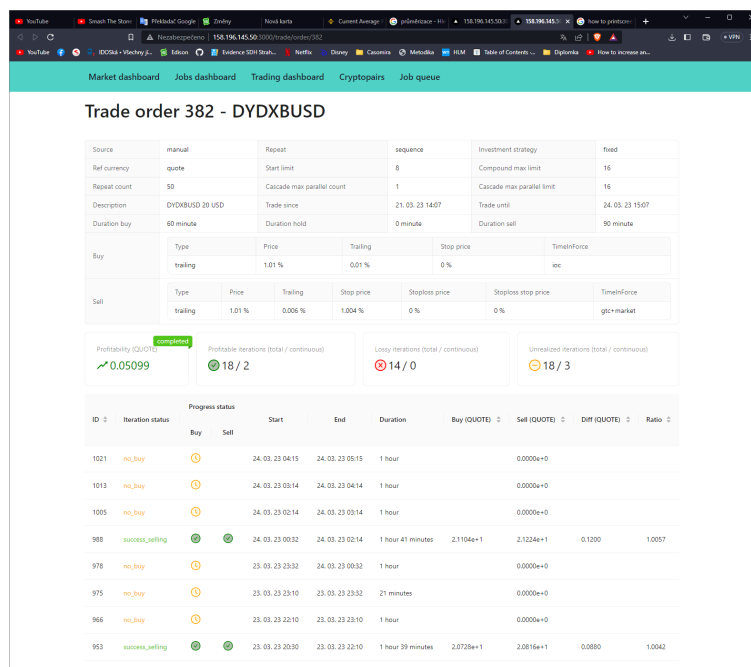
Buy params: * Type: unsecured * Price percent: 1.005 Trailing percent: 0.005 Stop price percent: Activation price for either... Time in force: gtc

Sell params: * Type: peaking * Price percent: 1.01 Trailing percent: Sell trailing Stop price percent: Sell activation price, or d... Stoploss price percent: 0.993 Stoploss stop price percent: 0.995

* Time in force: gtc + market

Submit

Obrázek 6.10: Formulář pro zadání nového obchodního příkazu kryptobota



Obrázek 6.11: Výsledky obchodního příkazu

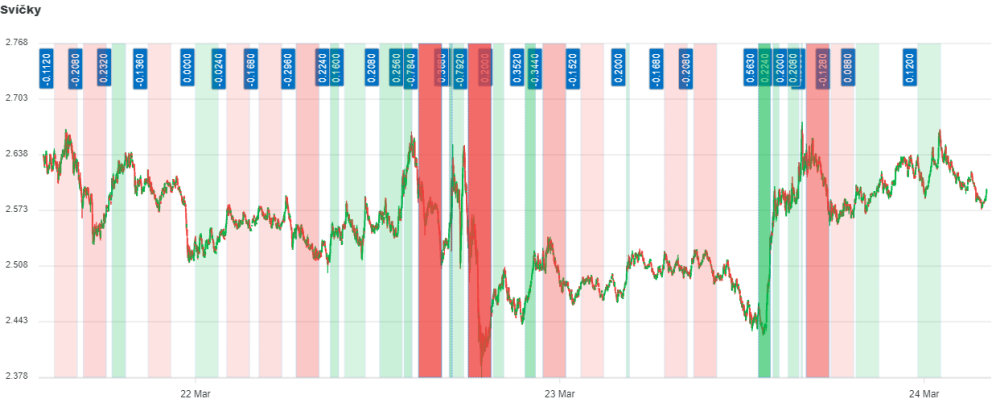
Trade order 382 - DYDXBUSD

Source	manual	Repeat	sequence	Investment strategy	fixed
Ref currency	quote	Start limit	8	Compound max limit	16
Repeat count	50	Cascade max parallel count	1	Cascade max parallel limit	16
Description	DYDXBUSD 20 USD	Trade since	21.03.23 14:07	Trade until	24.03.23 15:07
Duration buy	60 minute	Duration hold	0 minute	Duration sell	90 minute
Buy	Type	Price	Trailing	Stop price	Timeforce
	trailing	1.01 %	0.01 %	0 %	acc
Sell	Type	Price	Trailing	Stop price	Timeforce
	trailing	1.01 %	0.006 %	1.004 %	0 %
gbr-market					
Profitability (QUOTE) 0.05099					
Completed		Profitable iterations (total / continuous)		Lossy iterations (total / continuous)	
18 / 2		14 / 0		18 / 3	

(a) Nastavení obchodního příkazu

ID	Iteration status	Progress status		Start	End	Duration	Buy (QUOTE)	Sell (QUOTE)	DIF (QUOTE)	Ratio
		Buy	Sell							
1021	no_buy	🟡		24.03.23 04:15	24.03.23 05:15	1 hour		0.0000e+0		
1013	no_buy	🟡		24.03.23 03:14	24.03.23 04:14	1 hour		0.0000e+0		
1005	no_buy	🟡		24.03.23 02:14	24.03.23 03:14	1 hour		0.0000e+0		
988	success_selling	🟢	🟢	24.03.23 05:52	24.03.23 02:14	1 hour 41 minutes	2.1104e+1	2.1234e+1	0.1200	1.057
978	no_buy	🟡		23.03.23 23:32	24.03.23 00:32	1 hour		0.0000e+0		
975	no_buy	🟡		23.03.23 23:10	23.03.23 23:52	21 minutes		0.0000e+0		
966	no_buy	🟡		23.03.23 22:10	23.03.23 23:10	1 hour		0.0000e+0		
953	success_selling	🟢	🟢	23.03.23 20:50	23.03.23 22:10	1 hour 39 minutes	2.0728e+1	2.0916e+1	0.0860	1.0542
941	success_selling	🟢	🟢	23.03.23 18:53	23.03.23 20:30	1 hour 37 minutes	2.0656e+1	2.0528e+1	-0.1380	0.9938
923	success_selling	🟢	🟢	23.03.23 17:08	23.03.23 18:53	1 hour 45 minutes	2.1120e+1	2.0594e+1	-0.5380	0.9746

(b) Průběh iterací



(c) Svíčkový graf s anotacemi průběhu iterací

Obrázek 6.12: Details stránky výsledků obchodního příkazu

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. GEMINI TRUST COMPANY, LLC. *The Early Days of Crypto Exchanges* [online]. 2022 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.gemini.com/cryptopedia/crypto-exchanges-early-mt-gox-hack>.
4. ADMIRAL MARKETS CYPRUS, LTD. *The Trading Style Guide: Scalping vs Day Trading vs Swing Trading* [online]. 2023 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://admiralmarkets.com/education/articles/forex-strategy/scalping-vs-day-trading-vs-swing-trading>.
5. THE NIPPON TECHNICAL ANALYSTS ASSOCIATION. *The First Step Guide to Technical Analysis* [online]. Toshiki Aoki, 2018 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: https://ifta.org/wp-content/uploads/2018/05/technicalhandbook_2018_NTAA.pdf.
6. CAMBRIDGE UNIVERSITY. *Technical Analysis* [online]. 2019 [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://trustedbrokers.com/pdfs/technical-analysis-course-cambridge.pdf>.
7. BULKOWSI, Thomas. *Getting started in chart patterns* [online]. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014 [cit. 2023-03-28]. ISBN 978-1-118-85920-9. Dostupné z: <https://download.e-bookshelf.de/download/0002/3454/88/L-G-0002345488-0003216302.pdf>.
8. SUN, Qizhou; SI, Yain-Whar. Customized Decision Tree for Fast Multi-resolution Chart Patterns Classification. In: LI, Gang; SHEN, Heng Tao; YUAN, Ye; WANG, Xiaoyang; LIU, Huawen; ZHAO, Xiang (ed.). *Knowledge Science, Engineering and*

Management. Cham: Springer International Publishing, 2020, s. 446–458. ISBN 978-3-030-55130-8.

9. 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>.
10. ROBERT D. EDWARDS John Magee, W. H. C. Bassetti. *Technical Analysis of Stock Trends* [online]. Taylor & Francis Group, 2019 [cit. 2023-03-28]. ISBN 978-1-138-06941-1. Dostupné z: <https://www.pdfdrive.com/technical-analysis-of-stock-trends-eleventh-edition-d183985096.html>.
11. *TradingView* [online] [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.tradingview.com/>.
12. 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.
13. *Pionex* [online] [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.pionex.com/en/>.
14. *Cryptohopper* [online] [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.cryptohopper.com/>.
15. *Coinrule* [online] [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://coinrule.com/>.
16. *Shrimpy* [online] [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.shrimpy.io/>.
17. 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/>.
18. 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.
19. *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>.
20. BINANCE. *Binance trading API documentation* [online]. 2023-04-20 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://binance-docs.github.io/apidocs/spot/en/#change-log>.

Sloupec	Typ	Význam
id	bigint	asdf
pairname	varchar	Název obchodovaného páru
source	enum (manual, peak_valley, indicator)	Odkud byl příkaz získán
market	enum (spot, futures)	Typ obchodu (spot)
type	enum (buy, sell, both)	Strana obchodu - nákup, prodej, obojí
repeat	enum (once, sequence, cascade)	Opakování obchod - jednou, sekvence, kaskáda
investment_strategy	enum (fixed, compound)	Investiční strategie - fixní, složené úročení
reference_currency	enum (base, quote)	Referenční měna pro přepočet cen
start_limit	double	Limit pro základní investici
compound_interest_max_limit	double	Maximální hodnota složené úročené
status	enum (active, inactive, completed, canceled, blocked, suspended)	Status celého příkazu
substatus	enum (first_add, restart, progress, finish_last, no_fund, pause, stop)	Podrobný status
repeat_count	bigint	Počet opakování sekvence (eventuálně i kaskády)
cascade_max_parallel_count	bigint	Maximálně počet současně běžících kaskádových obchodu

cascade_max_parallel_limit	double	Maximální limit částky, která může být investována v současně běžících paralelních obchodech
label	varchar(255)	Pojmenování obchodního doporučení
description	longtext	Podrobnější popis obchodního doporučení
datetime_begin	datetime	Datum zahájení obchodování
datetime_end	datetime	Konec obchodování
duration_buy	bigint	Maximální doba nákupní fáze
duration_hold	bigint	Doba držení mezi nákupem a prodejem
duration_sell	bigint	Maximální doba prodejní fáze
duration_unit	enum (second, minute, hour, day, week, month)	Jednotka, ve které jsou uvedeny prodlevy
delay_before	bigint	Prodleva (ve vteřinách) před zahájením obchodování
delay_after	bigint	Prodleva po dokončení prodejní fáze (ve vteřinách)
delay_id	bigint	Pokročilá pravidla pro prodlevu, neimplementováno
buy_type	enum (market, limit, trailing, peaking, unsecured)	Typ nákupu

buy_price_value	double	Nákupní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto hodnotu přepočtená z reference_currency (base nebo quote)
buy_price_percent	double	Nákupní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto procentuální hodnotu
buy_trailing_value	double	Nákup v trailingu částkou opět dle base nebo quote currency
buy_trailing_percent	double	Nákup v trailingu o posun v procentech
buy_stop_price_value	double	Aktivační cena pro trailing
buy_stop_price_percent	double	Aktivační procento pro trailing
buy_stoploss_percent	double v stopLimitPrice cena pro posuvné okno při nakupu	
buy_peaking_delta	double	Velikost změny při zajištění obchodování
buy_time_in_force	enum (gtc, gtc+market, fok, ioc)	Doba platnosti nákupního příkazu
sell_type	enum (market, limit, trailing, peaking, unsecured)	Typ prodeje
peaking_period	int	Interval mezi kontrolami ceny ve vteřinách

sell_price_value	double	Prodejní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto hodnotu přepočtená z reference_currency (base nebo quote)
sell_price_percent	double	Prodejní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto procentuální hodnotu
sell_trailing_value	double	Prodej v trailingu částkou opět dle base nebo quote currency
sell_trailing_percent	double	Prodej v trailingu o posun v procentech
sell_stop_price_value	double	Aktivační cena pro trailing
sell_stop_price_percent	double	Aktivační procento pro trailing
sell_stoploss_value	double	STOP LOSS hodnota pokles o částku opět v quote nebo base měně
sell_stoploss_percent	double	STOP LOSS v procentech
sell_stoploss_stop_price_value	double	Aktivační cena pro STOP LOSS
sell_stoploss_stop_price_percent	double	Aktivační procento pro STOP LOSS
sell_peaking_delta	double	Velikost změny při zajištění obchodování
sell_time_in_force	enum (gtc, gtc+market, fok, ioc)	Doba platnosti prodejního příkazu
current_volume	double	Jaký aktuální objem se obchoduje
profit_volume_last	double	Kolik vydělal (prodělal) poslední obchod

profit_volume_total	double	Výdělek celkem
profit_percent_last	double	Procento zisku (ztráty) za poslední obchod
profit_percent_total	double	Celkové procento zisku (ztráty)
profit_count_continuous	int	Počet posledních po sobě jdoucích ziskových iterací
profit_count_total	int	Počet všech ziskových iterací
loss_count_continuous	int	Počet posledních po sobě jdoucích nezisko- vých iterací
loss_count_total	int	Počet všech neziskových iterací
unrealized_count_continuous	int	Počet posledních po sobě jdoucích nerealizo- vaných iterací - příklad nerealizace obchodu je nedostatek kotované měny pro nákup
unrealized_count_total	int	Počet všech nerealizova- ných iterací
max_loss_unrealized_until_suspend	int	
profit_percent_last_5	double	Procento zisku (ztráty) za posledních 5 obchodů
created	datetime	Datum a čas vytvoření záznamu
changed	timestamp	Datum a čas poslední změny

Popis tabulky trade_order

Sloupec	Typ	Význam
id	bigint	Primární klíč

order_id	bigint	Cizí klíč odkazující do tabulky trade_order
pairname	varchar	
created	datetime	Datum a čas vytvoření objektu
changed	timestamp	Datum a čas poslední změny
iteration_status	enum (delay_before, buying_start, no_funds, no_buy, success_buying, start_selling, no_sell, sell_part, success_selling, sell_market, finish)	Status iterace
buy_type	enum (MARKET, LIMIT, OCO, STOP_LOSS_LIMIT, TAKE_PROFIT_LIMIT, OCO_PEAKING, BOT_TRAILING)	Typ nákupního příkazu
buy_quantity	double	Přepočtený nákupní lot
sell_type	enum (MARKET, LIMIT, OCO, STOP_LOSS_LIMIT, TAKE_PROFIT_LIMIT, OCO_PEAKING, BOT_TRAILING)	Typ prodejního příkazu
peaking_period	int	Interval mezi kontrolami ceny ve vteřinách
ended	datetime	Čas konce iterace
effective_start	datetime	Čas začátku iterace

buy_price_value	double	Nákupní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto hodnotu přepočtená z reference_currency (base nebo quote)
buy_price_percent	double	Nákupní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto procentuální hodnot
sell_price_value	double	Prodejní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto hodnotu přepočtená z reference_currency (base nebo quote)
sell_price_percent	double	Prodejní cena pro limitní příkaz posunuta od aktuálního kurzu - o tuto procentuální hodnot
duration_buy	bigint	Max. doba nákupu
duration_hold	bigint	Doba po nákupní a před prodejní fazi
duration_sell	bigint	Max. doba prodeje
duration_unit	enum (second, minute, hour, day, week, month)	
buy_trailing_percent	double	Nákup v trailingu o posun v procentech
buy_stop_price_value	double	natvrdo nastavená stop-Price příkazu na Binance

buy_stop_price_percent	double	Procento změny od aktualního kurzu na nastavení stopPrice do příkazu Binance
buy_stoploss_percent	double	stopLimitPrice cena pro posuvné okno při nákupu
buy_peaking_delta	double	Velikost změny při použití posuvného okna
buy_time_in_force	enum (gtc, gtc+market, fok, ioc)	Doba platnosti nákupního příkazu
sell_trailing_percent	double	Prodej v trailingu o posun v procentech
sell_stop_price_value	double	
sell_stop_price_percent	double	
	enum (gtc, gtc+market, fok, ioc)	
sell_time_in_force	Doba platnosti prodejního; příkazu	
buy_trailing_value	double	Nákup v trailingu částkou opět dle base nebo quote currency
sell_trailing_value	double	Prodej v trailingu částkou opět dle base nebo quote currency
sell_stoploss_value	double	STOP LOSS hodnota pokles o částku opět v quote nebo base měně
sell_stoploss_percent	double	STOP LOSS v procentech
sell_stoploss_stop_price_value	double	Aktivační cena pro STOP LOSS
sell_stoploss_stop_price_percent	double	Aktivační procento pro STOP LOSS
sell_peaking_delta	double	Velikost změny při použití posuvného okna
bought_quantity	double	Kolik base měny jsme nakoupili

sold_quantity	double	Kolik quote měny jsme dostali zase zpatky
buy_sell_qty_ratio	double	Poměr kolik jsme nakoupili a kolik prodali
buy_sell_qty_quote_ratio	double	

Popis tabulky trade_order_iteration

Sloupec	Typ	Význam
id	bigint	Primární klíč
iteration_id	bigint	Cizí klíč do tabulky trade_order_iteration
pairname	varchar	Název obchodovaného páru
command	enum (buy_order, sell_order)	Strana příkazu
is_oco	tinyint	Indikátor OCO příkazu
created	datetime	Datum a čas vytvoření objektu
changed	timestamp	Datum a čas poslední změny
binance_client_order_id	varchar	Klientské ID příkazu na Binance
oco_stop_limit_order_id	varchar	Klientské ID STOP LIMIT příkazu na Binance
oco_limit_order_id	varchar	Klientské ID LIMIT MAKER příkazu na Binance
course	double	Kurz při zadávání příkazu na burzu
price	double	Nastavená cena příkazu LIMIT
stop_price	double	Nastavená aktivační cena příkazu
stoploss_limit_price	double	Nastavená cena STOP LIMIT příkazu
trailing_delta	int	Nastavená trailing delta

order_sent	datetime	Čas kdy byl nakupní příkaz zadán na burzu
ended	datetime	Čas kdy došlo k ukončení příkazu na burze
end_status	enum (success, timeout, no_funds, api_error, filter_error, expired, peak_cancel)	Konečný status příkazu
timeout_dt	datetime	Čas, kdy dojde ke zrušení příkazu
executed_quote_qty	double	Počet prodané/získané kotované měny
executed_qty	double	Počet získané/prodané podkladové měny
last_peaking	datetime	Doba poslední kontroly během zajištěného obchodování

Popis tabulky trade_order_progress

Sloupec	Typ	Význam
id	bigint	Primární klíč
progress_id	bigint	Cizí klíč do tabulky trade_order_progress
pairname	varchar	Název obchodovaného páru
event_type	varchar	Typ události
client_order_id	varchar	Klientské ID příkazu na Binance
side	enum (buy, sell)	Strana příkazu
order_type	varchar	Typ příkazu
event_time	datetime	Čas události
order_quantity	double	Objem příkazu
order_price	double	Cena příkazu
stop_price	double	Aktivační cena příkazu
trailing_delta	smallint	Nastavená trailing delta

original_client_order_id	varchar	ID rušeného příkazu
order_list_id	varchar	ID OCO dvojice
current_order_status	varchar	Aktuální stav příkazu
current_execution_type	varchar	Typ provedené transakce
order_id	bigint	ID příkazu na burze
last_executed_price	double	Cena posledního obchodu
last_executed_quantity	double	Objem posledního obchodu
cumulative_filled_quantity	double	Kumulativní objem obchodů
transaction_time	datetime	Čas transakce
is_order_on_book	tinyint	Indikátor, zda je příkaz v orderbooku
is_maker	tinyint	Indikátor, zda je příkaz „maker“
order_creation_time	bigint	Čas vytvoření příkazu
cumulative_quote_asset_qty	double	Kumulativní objem obchodů v kotované měně
last_quote_asset_transacted_qty	double	Objem posledního obchodu v kotované měně
quote_order_qty	double	Objem obchodu v kotované měně
reject_reason	varchar	Důvod odmítnutí transakce

Popis tabulky trade_order_progress_part