

Sem vložte zadání Vaší práce.



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNologiÍ
ČVUT V PRAZE**

Bakalářská práce

Arbitrážní příležitosti kryptoměn

Čeněk Žid

Katedra aplikované matematiky
Vedoucí práce: Mgr. Jan Starý, Ph.D.

9. dubna 2020

Poděkování

Doplňte, máte-li komu a za co děkovat. V opačném případě úplně odstraňte tento příkaz.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 9. dubna 2020

.....

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2020 Čeněk Žid. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Žid, Čeněk. *Arbitrážní příležitosti kryptoměn*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2020.

Abstrakt

V několika větách shrňte obsah a přínos této práce v češtině. Po přečtení abstraktu by se čtenář měl mít čtenář dost informací pro rozhodnutí, zda chce Vaši práci číst.

Klíčová slova kryptoměna, analýza dat, arbitrážní příležitost, kryptoměnová burza, Python, Matplotlib, C++

Abstract

Sem doplňte ekvivalent abstraktu Vaší práce v angličtině.

Keywords cryptocurrency, data analysis, arbitrage opportunities, cryptocurrency exchange, Python, Matplotlib, C++

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce	3
2 Současný stav řešení problému	5
2.1 Kryptoměny	5
2.1.1 Bitcoin - BTC	5
2.1.1.1 Blockchain	6
2.1.1.2 Transakce	6
2.1.2 Altcoiny	7
2.1.2.1 Litecoin - LTC	7
2.1.2.2 Ethereum - ETH	8
2.1.2.3 Monero - XMR	8
2.1.2.4 Ripple - XRP	9
2.1.2.5 Ostatní zpracovávané altcoiny	9
2.2 Kryptoměnové burzy	10
2.2.1 Coinmate	10
2.2.2 Binance	12
2.2.3 MXC	13
2.2.4 BitForex	14
2.2.5 LBank	14
2.3 Arbitrážní příležitosti	15
2.3.1 Efektivita trhu	15
2.3.2 Arbitráž	15
2.3.3 Arbitráže v rámci kryptoměnových burz	15
2.3.4 Měnový pár v rámci kryptoměnových burz	16
2.3.5 Deterministické arbitrážní příležitosti	16
2.3.6 Trojúhelníkové arbitrážní příležitosti	16
2.3.7 Problémy s vytěžováním arbitrážních příležitostí	18

3	Realizace	19
3.1	Získání dat	19
3.1.1	Data na kryptoměnových burzách	19
3.1.2	Burza Binance	20
3.1.3	Vlastní sběr dat	20
3.1.3.1	Sledované měny	20
3.2	Zpracování dat	21
3.2.1	Filtrování surových dat	21
3.2.2	Arbitrážní příležitosti	21
	Závěr	25
	Literatura	27
A	Seznam použitých zkratk	31
B	Obsah přiloženého CD	33

Seznam obrázků

2.1	Poplatky na burze Coinmate (taker - odběratel, maker - dodavatel)	
	[1]	11
2.2	Poplatky na burze Coinmate (taker - odběratel, maker - dodavatel)	
	[1]	11
2.3	Výběrové poplatky na burze Binance [2]	12
2.4	Výběrové poplatky na burze MXC [3]	13
2.5	Výběrové poplatky na burze BitForex [4]	14
2.6	Trojúhelníková arbitráž	17
3.1	Ukázka JSON formátu struktury dat	22
3.2	Tabulka různých kombinací trojúhelníků	22
3.3	Odlišné způsoby detekce arbitrážních příležitostí	23

Úvod

V této práci se budu zabývat arbitrážními příležitostmi kryptoměn. Jedná se o téma v dnešní době velmi aktuální a moderní. Za posledních několik let vzniklo velké množství kryptoměn a žádná z nich není moc stabilní. Díky této labilitě na burzách s kryptoměnami vzniká velké množství arbitrážních příležitostí, jejichž analýze se budu v této práci věnovat.

Význam této práce spočívá v analyzování jednotlivých burz jako takových. Zabývá se také otázkami, jak často se reálně objevují arbitrážní příležitosti v rámci jednotlivých burz, jak dlouho trvá, než tyto příležitosti zmizí, a jestli je možné nacházet arbitrážní příležitosti i mezi jednotlivými burzami.

Toto téma jsem si vybral především z toho důvodu, protože mě baví analyzovat data a snažit se najít výstupy, které je možné z dat vytěžit. Zároveň z toho důvodu, že dat týkajících se kryptoměn je na internetu k dispozici velké množství, jsou jednoduše dostupná a dají se na nich zjistit zajímavé výstupy. Výhodou arbitrážních příležitostí je to, že se jedná o transakce víceméně bez rizika, na rozdíl od klasického obchodování s kryptoměnami, kde je většinou riziko velké a o jistotě se mluvit nedá. Z toho důvodu mi připadá velice zajímavé tyto arbitráže zkoumat podrobně.

V práci se zabývám dostupností dat v rámci jednotlivých kryptomenných burz a možnostmi ukládání těchto dat. Dále se v práci zabývám analýzou dat, analýzou výskytů korelací, které nastávají v rámci burz.

V první části práce se věnuji tomu, co to jsou kryptoměny a co znamenají arbitrážní příležitosti. V následující části se věnuji zkoumání dostupnosti dat na jednotlivých burzách a možnostem jejich získávání. Na to navazuji analýzou získaných dat z pohledu arbitrážních příležitostí. Zabývám se zde převážně otázkami, jak často arbitrážní příležitosti nastávají a jestli je reálně možné a vyplatí se snažit se arbitrážní příležitosti vytěžit.

Keywords

Cíl práce

Hlavním cílem této práce je najít a analyzovat arbitrážní příležitosti na historických datech z kryptoměnových burz a spočítat statistiky výskytu, obchodovatelnosti a výnosnosti arbitrážních příležitostí na kryptoměnových burzách.

V teoretické části se zaměřím na to, kde je možné historická data týkající se kryptoměn najít a získat. Popíšu zde, co jsou to kryptoměny a arbitrážní příležitosti. Dále se budu zabývat tím, jakými matematickými a informatickými metodami je možné tyto data analyzovat a vyberu ty metody, které se budou na moji problematiku hodit nejvíce.

V praktické části naimplementuji sběr dat na úrovni order book jednotlivých měnových párů. Dále na těchto datech provedu analýzu, kde využiji metody, popsané v teoretické části. Zhodnotím jaké metody byly účinnější a vhodnější pro analýzu dat z kryptoměnových burz a jaké výsledky jsem vypočítal.

V závěru praktické části zhodnotím výsledky z analýzy dat, a z vyhodnocených výsledků spočítám základní statistiky výskytu, obchodovatelnosti a výnosnosti arbitrážních příležitostí.

Současný stav řešení problému

V této části své bakalářské práce se zabývám teorií týkající se kryptoměn, popisuji základní funkcionalitu transakcí a technologie blockchainu. Zaměřuji se na zmapování jednotlivých kryptoměnových burz. Zabývám se zde také arbitrážemi, o co se jedná, jaké jsou druhy a jak se projevují na poli kryptoměnových burz.

2.1 Kryptoměny

V této kapitole se obecně zabývám kryptoměnami. Zaměřuji se na jejich historii, která je spjatá převážně s první a nejhodnotnější kryptoměnou, kterou je bitcoin. Zabývám se zde také i ostatními alternativními kryptoměnami. Dalším tématem je krátký úvod do technologií, na kterých jsou kryptoměny založeny. [5]

2.1.1 Bitcoin - BTC

Bitcoin je první kryptoměna, která byla zavedena v roce 2009 anonymní skupinou lidí pod pseudonymem Satoshi Nakamoto. Hlavní myšlenkou bitcoinu je snaha o odstranění všech regulatorních pravidel a snaha o zvýšení transparentnosti a bezpečnosti plateb a transakcí v rámci bitcoinové sítě. [6]

Hlavní charakteristikou bitcoinu je to, že nemá žádnou centrální autoritu, z čehož plyne, že s ním nikdo nemůže manipulovat tak, jako s běžnými měnami (například pro českou korunu je centrální autoritou Česká národní banka).

Jednu z předních výhod je to, že transakce trvají řádově desítky minut, což v porovnání s bankami je v průměru rychlejší. Bitcoin

také není možné zfalšovat, toto je zajištěno díky tomu, že je vše naprosto transparentně uloženo v blockchainu.

Na druhou stranu má bitcoin i řadu nevýhod oproti běžným měnám, které také vyplývají z toho, že nemá žádnou centrální autoritu. Jednou z hlavních nevýhod je to, že je velice nestabilní oproti běžným měnám a v žádnou chvíli nelze s velkou pravděpodobností předpovídat, jak se bude jeho hodnota vyvíjet.

Dalším velkým mínusem bitcoinu a celkově všech kryptoměn je to, že uživatelé jsou neustále vystavováni riziku krádeží jejich měn. Z toho důvodu je nutné využívat nějaké kryptoměnové peněženky, které však také nikdy nemohou zaručit 100% bezpečnost.[6]

2.1.1.1 Blockchain

Bitcoin je založen na technologii blockchainu. Blockchain je možné si představit jako veřejně sdílenou účetní knihu, ve které jsou zachyceny veškeré transakce, které kdy proběhly. Konkrétně se jedná o distribuovanou decentralizovanou databázi, která uchovává chronologický řetězec záznamů. Tyto záznamy jsou propojeny pomocí kryptograficky zabezpečených peer-to-peer uzlů. Principem je, že tyto data jsou v blockchainu uchovány napořád a jsou veřejně dostupná pro všechny, tudíž je není možné nijakým způsobem změnit nebo zfalšovat. [7]

Základní myšlenkou blockchainu je to, že je připraven o jakoukoli centrální autoritu (například banku). Z toho důvodu není možné s ním nijak centrálně manipulovat ani jakkoliv ovlivňovat jeho historii.

Blockchain se skládá ze dvou druhů záznamů, z transakcí a z bloků. Transakce jsou tvořeny uživateli, kteří chtějí například převádět kryptoměnu. Bloky tyto transakce potvrzují a shromažďují. [8]

2.1.1.2 Transakce

Transakce jsou volně předávány od uzlu k uzlu. Těžaři se mezitím snaží vytvořit blok, který se zajistí o to, aby byly transakce potvrzeny a začleněny do dalšího bloku.

Za validní transakci je považována taková transakce, která splňuje následující podmínky:

- je v ní obsažen správný elektronický podpis uživatele,
- je v peněžence patrný finanční pohyb,
- uběhla adekvátně dlouhá doba od poslední transakce s tímto kusem měny. [8]

Dalším téměř nutným požadavkem je zahrnutí nějakého poplatku pro těžaře za to, aby transakci zahrnul do dalšího bloku. Těžař si ponechává poplatky všech transakcí, které do vytěženého bloku zahrnul, a proto nemá motivaci zahrnovat transakci bez poplatku. [8]

2.1.2 Altcoiny

Pojmem altcoin se označují všechny ostatní kryptoměny podobné bitcoinu. Název je odvozen z anglického pojmu alternative to bitcoin, což v překladu znamená alternativa k bitcoinu. Některé altcoiny jsou svojí technologií a principem hodně podobné bitcoinu, jsou ale i takové, které se poměrně výrazně liší. [9]

V následujících podkapitolách se zaměřím na nejvýznamnější zástupce altcoinů a vypíši zde všechny altcoiny, kterým ve své praktické části této práce věnuji.

2.1.2.1 Litecoin - LTC

Litecoin je jedním z nejstarších altcoinů. Tato open source měna vznikla v roce 2011 a je svou charakteristikou velmi podobná svému předchůdci. [10] Dokonce i celý kód je pouze úpravou bitcoinu. [11]

Hlavní rozdíl mezi litecoinem a bitcoinem je ten, že litecoin byl od počátku navržen tak, aby lépe zvládal větší počty transakcí a aby transakce probíhaly ještě rychleji. Díky této vlastnosti se stal výhodnější na menší transakce. Tyto všechny charakteristiky jsou založeny na tom, že jsou bloky přidávány čtyřikrát rychleji, než je tomu u bitcoinu. [10]

Cena za jeden litecoin dosahuje hodnoty (údaj k datu 4.4. 2020 na burze Binance) 40,63 \$. [12]

2.1.2.2 Ethereum - ETH

Ethereum je stejně jako litecoin open source kryptoměna založená na technologii blockchainu. Vznik etherea se datuje na 30. 7. 2015.

Hlavním rozdílem oproti bitcoinu je to, že se nejedná o měnu, ale o platformu se svou vlastní měnou Ethereum. Platforma Ethereum tvoří alternativu ke všem klasickým smlouvám a dohodám a snaží se o zdokonalení chytrých kontraktů. [13]

Chytrý kontrakt je zjednodušeně program, který se stará o provedení smlouvy. Tento program tak nahrazuje třetí stranu (například právníky, či notáře) a zajišťuje transparentní převedení peněz, majetku nebo čehokoli jiného. [14]

Na platformě Ethereum je možné si vytvářet tyto vlastní programy, které provádějí přesně to, co je jim nastaveno. [14] Výhoda Etherea je ta, že, na rozdíl od bitcoinu, nikdy nedojde k vytěžení všech mincí, nýbrž budou mince stále emitovány. [11]

Cena za jedno Ethereum dosahuje hodnoty (údaj k datu 4.4. 2020 na burze Binance) 142,82 \$. [12]

2.1.2.3 Monero - XMR

Monero po vzoru svého nejstaršího předchůdce vzniklo jako open source projekt. Samotný kód není vůbec založen na bitcoinu (na rozdíl od litecoinu), avšak je úplně unikátní.

Monero se pyšní tím, že zaručuje naprostou anonymitu. Historii a stav konta v případě Monera si může prohlížet pouze majitel účtu. V případě bitcoinu všichni vidí, jaké transakce proběhly a pokud se tedy podaří identifikovat vlastníka nějaké adresy, je jednoduché dohledat si veškerou historii transakcí a stav konta.

Tento efekt je u Monera zajištěn tím, že stejně jako ostatní kryptoměny, má také dvojici privátního a veřejného klíče, má však ještě druhou dvojici privátního a veřejného klíče a to takzvaného klíče k prohlížení (view key). Tento view key je možné poskytnout třetí osobě, aby se přes něj byla schopna dozvědět veškerou historii transakcí, které na adrese proběhly, tudíž je možné udělat i transparentní účet.

Posledním důležitým rozdílem oproti bitcoinu je ten, že celkový počet Monera není omezen a má tedy teoreticky neomezený počet mincí. Emitování mincí stále nepoběží stejnou rychlostí, ale postupně se bude snižovat, nikdy však ne na úplnou nulu. [11]

Cena za jednu minci Monera dosahuje hodnoty (údaj k datu 4.4. 2020 na burze Binance) 54,59 \$. [12]

2.1.2.4 Ripple - XRP

Ripple není pouze označení pro kryptoměnu, ale také pro celosvětovou platební síť. Síť Ripple vznikla s předním účelem osvobození internetových plateb od poplatků za směnu, zpracování transakcí a časových prodlev. Ripple nebere rozdíly mezi tradičními měnami a kryptoměnami a tím zlevňuje veškeré výměny mezi nimi.

Ripple je stejně jako výše zmiňované kryptoměny založen na principu blockchainu. Výrazně se oproti ostatním liší tím, že všechny jeho mince byly emitovány při vzniku sítě, tedy se jejich počet nezvyšuje procesem těžení, jako tomu je u ostatních.

Kvůli tomu, že byly všechny mince emitovány při vzniku, vlastní zakládající společnost Ripple Labs více než polovinu veškerých tokenů. Z toho důvodu také velmi odporuje úplně původní myšlence bitcoinu a tedy zásahu jakékoliv třetí strany. [15]

Díky tomu, že se transakce uzavírají na základě koncesu a také díky tomu, že velké množství ověřovacích serverů tvoří světové banky a finanční instituce, probíhají transakce řádově rychleji, v řádech několika vteřin. Poplatky jsou taktéž minimální, většinu času méně než 0.001 USD. [16] [17]

2.1.2.5 Ostatní zpracovávané altcoiny

V předchozí části jsem zmínil nějaké dle mého názoru významné a zajímavé altcoiny. Ve své práci však potřebuji více kryptoměn, nad kterými budu pracovat. Proto jsem si vybral ještě následující kryptoměny.

Bitcoin Cash (BCH) je kryptoměna, která vznikla odvětvením od bitcoinu, z důvodu obav přehlcení sítě. Je tedy se svým předchůdcem téměř totožná, co se týče základních vlastností. [18]

EOS je kryptoměna, která se podobně jako Ethereum zaměřuje na využití chytrých kontraktů, kde každý uživatel v držení EOS tokenu může využívat příslušnou část výpočetní síly a uložistě. [19]

Binance Coin (BNB) je interní kryptoměna platformy a burzy Binance, která vychází ze standardu platformy Etherea. Binance Coin je dostupný téměř pouze na jeho domovské platformě, kde však zaujímá svůj účel. [20]

TRON (TRX) je kryptoměna vytvořena za cílem decentralizace sdílení informací na internetu převážně multimediálního obsahu, jako jsou například videa, hudba, hry. TRON je schopný zpracovat až 2000 transakcí za sekundu a tím je až osmdesátkrát rychlejší než jeho konkurent Ethereum. [21]

USD Tether (USDT) je zástupce stable coinu (stabilní měny), jeho cena je vázaná na běžnou měnu, v tomto případě na americký dolar. USD Tether je nejznámějším stable coinem, který je využíván velkým množstvím burz (například Binance, Huobi, Okex) a jeho celková kapitalizace je více než 2 miliardy amerických dolarů. [22]

2.2 Kryptoměnové burzy

V této podkapitole se zaměřuji na několik kryptoměnových burz. Poukazuji na jejich klady a zápory a věnuji se výběru těch nejlepších mezi nimi.

2.2.1 Coinmate

Coinmate je kryptoměnová burza sídlící ve Velké Británii, která vznikla na základě technologií české společnosti Profinit v roce 2014. Burza se zaměřuje na tyto tři základní aspekty: rychlost, spolehlivost a bezpečnost. Coinmate se řadí mezi menší burzy, podle ohlašovaného obchodovaného objemu za posledních 30 dní se burza neřadí ani mezi 100 nejlepších. [23] Burza ani nenabízí velké množství obchodovatelných párů, pouze 20, na druhou stranu umožňuje obchodování přímo s Korunou českou.

Coinmate se dále pyšní tím, že má nadprůměrně nízké poplatky. Pro dodavatele (maker) činí poplatek 0,12 % až 0 % (viz obrázky 2.1 a 2.2, zatímco pro odběratele (taker) se poplatek pohybuje v rozmezí 0,25 % až 0,05 % (viz obrázky 2.1 a 2.2. Tímto systémem poplatků,

2.2. Kryptoměnové burzy

Standard

BTC/EUR, BTC/CZK, LTC/EUR, LTC/CZK, LTC/BTC, BTC/\$DAI, \$DAI/EUR, ETH/\$DAI

30 DAY TRADING VOLUME	TAKER	MAKER
< 10,000 EUR	0.25%	0.12%
< 100,000 EUR	0.23%	0.11%
< 250,000 EUR	0.21%	0.1%
< 500,000 EUR	0.2%	0.08%
< 1,000,000 EUR	0.15%	0.05%
< 3,000,000 EUR	0.13%	0.03%
< 15,000,000 EUR	0.1%	0.02%
>= 15,000,000 EUR	0.05%	0%

Obrázek 2.1: Poplatky na burze Coinmate (taker - odběratel, maker - dodavatel) [1]

Promotional

ETH/EUR, ETH/CZK, ETH/BTC, XRP/EUR, XRP/CZK, XRP/BTC, DASH/EUR, DASH/CZK, DASH/BTC, BCH/EUR, BCH/CZK, BCH/BTC

30 DAY TRADING VOLUME	TAKER	MAKER
< 10,000 EUR	0.15%	0.05%
< 100,000 EUR	0.14%	0.04%
< 250,000 EUR	0.13%	0.03%
< 500,000 EUR	0.12%	0.02%
< 1,000,000 EUR	0.11%	0%
< 3,000,000 EUR	0.1%	0%
< 15,000,000 EUR	0.08%	0%
>= 15,000,000 EUR	0.05%	0%

Obrázek 2.2: Poplatky na burze Coinmate (taker - odběratel, maker - dodavatel) [1]

kdy má nižší poplatky pro dodavatele, se snaží burza podpořit likviditu na trhu. [24] [1]

Z obrázků 2.1 a 2.2 je také možné vidět, že poplatky jsou sníženy pro obchodníky, kteří obchodují na burze s vyššími objemy, u dodavatelů tak může dojít ke snížení až na hranici nulových poplatků. [1]

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Měna/token	Název	Minimální výběr	Výběrový poplatek
BTC	Bitcoin	0,001	0,0004
LTC	Litecoin	0,002	0,001
ETH	Ethereum	0,02	0,003
XMR	Monero	0,0002	0,0001
XRP	Ripple	0,5	0,25
BCH	Bitcoin Cash	0,002	0,001
EOS	EOS	0,2	0,1
BNB	BNB	0,12	0
TRX	TRON	2,16	1,08
USDT	TetherUS	1,44	0,72

Obrázek 2.3: Výběrové poplatky na burze Binance [2]

2.2.2 Binance

Burza Binance byla založena v Číně v roce 2017, avšak později své sídlo přesunula na Maltu. Binance je podle dat z CoinMarketCap největší burzou, co se týče zobchodovaného objemu za posledních 30 dní s 158 302 486 366 amerických dolarů. [23] Burza podporuje obchodováním s 1320 odlišnými měnami, což silně převyšuje běžný standard.

Binance je také specifická tím, že všechny obchodovatelné dvojice se stávají pouze z kryptoměn a ne z běžných měn. Například americké dolary jsou nahrazeny stable coin, jako je například USDT nebo TUSD.

Burza Binance si v průměru účtuje 0.1 % za provedené obchody s měnami. Tento poplatek je stejný, jak pro dodavatele, tak i pro odběratele. Pokud se uživatel rozhodne zaplatit tyto poplatky domovskou měnou binance coin (BNB), pak jsou tyto poplatky redukovány o polovinu. Z toho plyne, že poplatky na burze Binance patří k jedněm z nejnižších.

Co se týče výběrových a vkladových poplatků, tak vkladové poplatky jsou zadarmo pro veškeré měny. Na druhou stranu výběrové poplatky se liší pro každou měnu (viz 2.3). [25]

Měna/token	Název	Minimální výběr	Výběrový poplatek
BTC	Bitcoin	0,001	0,0005
LTC	Litecoin	0,01	0,001
ETH	Ethereum	0,04	0,005
XMR	Monero	0,1	0,01
XRP	Ripple	50	0,1
BCH	Bitcoin Cash	0,02	0,001
EOS	EOS	2	0,1
BNB	BNB	0,3	0,001
TRX	TRON	600	1
USDT	TetherUS	25	4,8

Obrázek 2.4: Výběrové poplatky na burze MXC [3]

2.2.3 MXC

Burza MXC je jednou z novějších burz, která vznikla v dubnu roku 2018 a od svého vzniku je registrována v Singapuru. Podle statistik serveru CoinMarketCap je tato burza druhou největší z pohledu obchodovaného objemu za posledních 30 dní s objemem 101 249 688 459 amerických dolarů. [23] MXC podobně jako burza Binance podporuje velké množství altcoinů, celkově je zde možné obchodovat s 264 měnami. [26]

Burza se snaží nalákat uživatele na základě těchto tří propagovaných vlastností: velkým výkonem, super nodem a velmi pokročilým zabezpečením. Super node je distribuované decentralizované uložisko, které má zajistit adekvátní autonomii.

Co se týče poplatků, patří burza MXC se svými poplatky o velikosti 0,2 % v průměru stále mezi nadprůměrné. Poplatek pro dodavatele i odběratele je totožný. Tím, že tato burza patří mezi špičku, co se týče obchodovaného objemu, je tím zaručena i dostatečná likvidita. [27]

Burza MXC stejně jako Binance nezaplatňuje vklad jakékoliv měny, zpoplatňuje také výběry jednotlivých měn. Tyto výběrové poplatky se mohou periodicky měnit na základě situace jednotlivých bloků. [3] Na základě tabulek 2.4 a 2.3 je možné vidět, že jsou výběrové poplatky velmi podobné jako na burze Binance, jediný znatelný rozdíl je u TetherUS (USDT). [27]

2. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Měna/token	Název	Minimální výběr	Výběrový poplatek
BTC	Bitcoin	0,001	0,0005
LTC	Litecoin	0,1	0,001
ETH	Ethereum	0,01	0,02
XMR	Monero	0,01	0,00005
XRP	Ripple	20	0,15
BCH	Bitcoin Cash	0,012	0,0001
EOS	EOS	10	0,1
BNB	BNB	0,1	0,001
TRX	TRON	250	20
USDT	TetherUS	10	2

Obrázek 2.5: Výběrové poplatky na burze BitForex [4]

2.2.4 BitForex

Burza BitForex je kryptoměnová burza, která vznikla v červnu roku 2018 a v dnešní době se podle serveru CoinMarketCap řadí na dvanácté místo, co se týče obchodovaného objemu za posledních 30 dní s objemem 66 241 217 666 amerických dolarů. [23] BitForex svým více jak 3 milionům uživatelům umožňuje obchodování na 92 měnových párech. [28]

BitForex má oproti odhadovanému průměru ostatních burz (0,25 %) velmi zajímavé poplatky, pouze 0,1 % stejný pro dodavatele i odběratele. Burza BitForex se snaží cílit na větší obchodníky, a proto pro ty, kteří vlastní alespoň 50 bitcoinů v rámci burzy a k tomu mají obchodovaný objem za posledních 30 dní alespoň 1000 bitcoinů (řádově jednotky milionů dolarů), poskytuje burza nulové poplatky.

BitForex nezpoptatňuje jakékoliv vklady jednotlivých kryptoměn, ale stejně jako Binance nebo MXC zpoplatňuje výběry víceméně podobnými poplatky (viz tabulka 2.5). [28]

2.2.5 LBank

LBank je kryptoměnová burza sídlící v Hong Kongu. Jedná se o jednu z největších burz, která se podle statistik z CoinMarketCap řadí v obchodovaném objemu za posledních 30 dní na deváté místo s objemem 71 679 777 662 amerických dolarů. [23] [29]

Co se týče poplatků, tak burza LBank využívá takzvaně plochý model poplatků, poplatky pro odběratele i dodavatele jsou totožné, ve výši 0,1 %. Jedná se o nadprůměrně nízké poplatky. LBank je oproti svým konkurentům velmi zajímavá tím, že nezaplatňuje ani vklad ani výběr jakýchkoliv měn.

Malou nevýhodou LBank je, že neumožňuje vklad pomocí kreditní karty. [29]

2.3 Arbitrážní příležitosti

2.3.1 Efektivita trhu

Efektivní je takový trh, kdy jsou všechny dostupné informace zpracovávány a zohledněny v ceně aktiv (měn, akcií, dluhopisů, komodit). Na dokonale efektivním trhu ovlivňuje výnosnost jednotlivých investic pouze náhoda a není možné ji zlepšit za pomoci jakýchkoliv technických prostředků ani technickou analýzou. [30]

Reálné trhy nikdy dokonale efektivní nejsou. Na těchto neefektivních trzích je pak možné sledovat arbitrážní příležitosti, které vznikají právě z neefektivity trhu. [31]

2.3.2 Arbitráž

Arbitráž je obchodní strategie, která má za cíl vytěžit na neefektivitě trhu. Arbitráž je založena na principu nakoupit levně a prodat draze. Principem arbitráže je vytvořit zisk na malých rozdílech v ceně aktiv téměř bez jakéhokoliv rizika. Nejčastěji se jedná o nákup na jednom místě a téměř instantní prodej na místě jiném za vyšší cenu. [32]

2.3.3 Arbitráže v rámci kryptoměnových burz

Arbitrážní příležitost vznikne většinou na základě rozdílu cen na dvou odlišných burzách. Důvod proč arbitráže vznikají právě na kryptoměnových burzách je ten, že na burzách, kde dochází k velkému obchodnímu objemu, vzniká i velká likvidita určité měny, která poté reaguje rychleji na změny cen. Zatímco na burzách, kde je menší nabídka dané měny, je likvidita nižší a cena dané měny bude daleko pomaleji reagovat na změny. Tím, že je možné nakoupit na jedné burze levněji a na druhé prodat dražší, vzniká neefektivita a s ní také potenciální zisk.

Tento efekt velice úzce souvisí s tím, že se kryptoměny staly v posledních letech velmi populárními a ceny na velkých burzách velmi rychle kolísají, zatímco menší burzy tomuto tempu nemusí vždy stíhat. [33]

2.3.4 Měnový pár v rámci kryptoměnových burz

Měnový pár je vztah mezi dvěma měnami určující hodnotu jedné vůči druhé. Například USD/CZK je vztah dolaru vůči koruně. První uváděná měna je vždy označována jako základní měna, zatímco druhá měna se označuje jako kótovaná měna. [34]

Poměr je uváděn ve vztahu k základní měně. Pokud je nákupní cena USD/CZK 22,5, znamená to, že je možné nakoupit 1 dolar za 22,5 Korun českých. Běžně je uváděn i otočený kurz tedy CZK/USD. [34]

V rámci kryptoměnových burz je běžné uvádět pouze jeden kurz například LTC/BTC, ne však otočený BTC/LTC. Z toho důvodu jsou na kryptoměnových burzách u jednotlivých kurzů vždy uváděny dvě hodnoty bid (nabídka) a ask (poptávka).

V rámci kryptoměnových burz se značení mezi měnovými páry často liší, avšak většinou se používá jedna z těchto tří možností (AAA/BBB, AAA-BBB, AAABBB), kde AAA a BBB zastupují zkratku nějaké měny (kryptoměny).

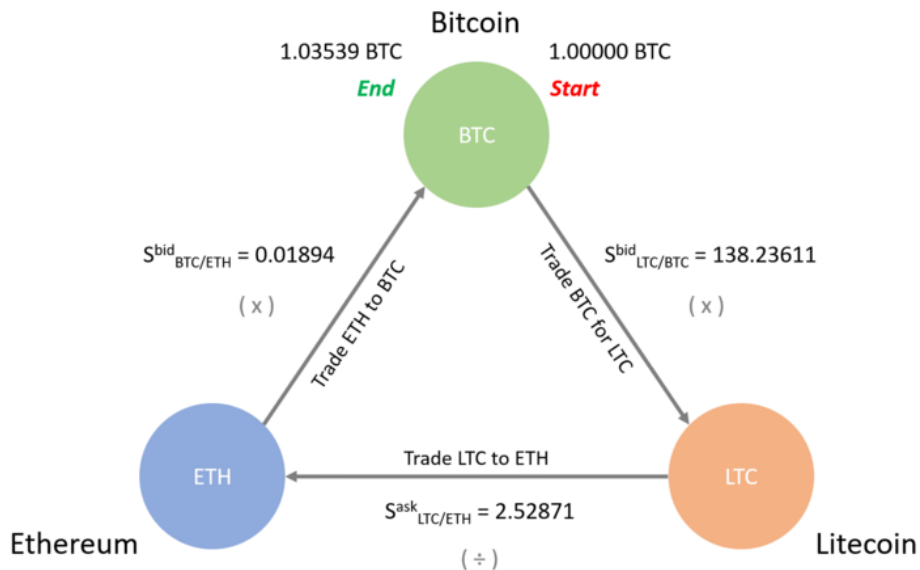
2.3.5 Deterministické arbitrážní příležitosti

Deterministické arbitráže jsou základním typem arbitrážních příležitostí, které mohou vznikat na kryptoměnových burzách. Jedná se o nákup a prodej stejných měnových párů na různých burzách v co nejkratším časovém intervalu za účelem výdělku. [35] [36]

Například nakoupím v jednom čase měnu A na burze X za 38,31 \$ a co nejrychleji prodám na burze Y za 38,70 \$ a tím vydělám 0,39 \$. Toto je nejjednodušší příklad a neberu v potaz poplatky, které mohou mít jednotlivé burzy zavedené.

2.3.6 Trojúhelníkové arbitrážní příležitosti

Trojúhelníková arbitráž na kryptoměnových burzách je takový obchod, kdy dojde k nákupu a prodeji mezi třemi měnami za cílem zisku. K této arbitráži může docházet, buď v rámci jedné burzy



Obrázek 2.6: Trojúhelníková arbitráž

nebo mezi několika odlišnými (v následující části se budu věnovat arbitrážní příležitosti na jedné burze). [37]

Cílem je mít nějakou obchodovatelnou měnu A, kterou směníme na měnu B, tu následně na měnu C a nakonec opět zpátky na původní měnu A. Pokud máme měny A na konci více než na začátku, je možné detekovat arbitrážní příležitost.

Příklad trojúhelníkové arbitrážní příležitosti: na burze jsou sledovanými páry LTCBTC, LTCETH, ETHBTC. V prvním kroku nakoupím za 1 bitcoin odpovídající množství litecoinů (podle LTCBTC). Toto množství v dalším kroku prodám za odpovídající množství etherea (podle LTCETH) a za zakoupenou sumu etherea koupím znovu bitcoin (podle ETHBTC). Pokud mám na konci více než bitcoinů, než kolik do trojúhelníku vstoupilo, vydělal jsem rozdíl mezi těmito dvěma obnosy (viz obr. 2.6).

V rámci arbitrážních příležitostí je také nutné brát v potaz nákupní poplatky, které si burzy za každý nákup účtují. Tyto poplatky mohou být pro všechny dvojice stejné nebo se mohou pro každou obchodovatelnou dvojici lišit.

2.3.7 Problémy s vytěžováním arbitrážních příležitostí

O arbitrážních příležitostech se většinou mluví jako o obchodech bez rizika. Existují však nějaké bariéry a rizika, která je nutné brát v potaz.

Jedním z prvních problémů mohou být takzvané KYC regulace (know your customer - poznej svého zákazníka). Tyto regulace mohou například omezovat to, že pro obchodování na burze je nutné mít bankovní účet v zemi, kde je burza situována.

Kvůli tomu, že procentuální zisk arbitrážních příležitostí je většinou velmi nízký, je nutné provést obchod ve velké sumě. Z toho plyne, že je nutné mít poměrně velký obnos kryptoměn uložen na jednotlivých burzách kvůli tomu, aby bylo možné provést obchod co nejrychleji po detekci arbitrážní příležitosti.

Poplatky mezi obchody na burzách mohou výrazně snížit potenciální zisk a i po detekci neefektivity trhu nemusí nutně dojít k okamžitému výtěžku.

Dalším problémem je, že se vůbec nemusí podařit provést transakci dostatečně rychle na to, aby ji neprovedl někdo jiný. Tím pádem se vždy nemusí podařit vytěžit arbitrážní příležitost nebo může proběhnout pouze část transakcí, které mohou skončit v záporných číslech.

Na některých burzách se objevovaly i problémy s pomalým proběhnutím transakcí, které mohly také způsobit určitou ztrátu, pokud je někdo závislý na rychlém pohybu mezi kryptoměnami. [33]

Realizace

V této sekci se zabývám praktickou částí své bakalářské práce, ve které se ze začátku zaměřuji na problémy se získáváním relevantních dat. Dále na to navazuji záznamem o mém počínání v rámci analýzy těchto získaných dat.

V poslední podkapitole se poté věnuji praktickým výstupům své práce, zejména statistikám o mých úspěších z vytěžování reálných arbitrážních příležitostí a na to navazujícím výpočtem týkající se toho, jak moc je výhodné se prakticky snažit vytěžovat tyto příležitosti.

3.1 Získání dat

V této kapitole se zaměřuji na problémy, na které jsem narazil při získávání dat. Zabývám se zde také dostupností dat na jednotlivých burzách či jiných serverech, které tato data poskytují.

Obecně jsem potřeboval taková data, která by mi byla schopna poskytnout informaci v konkrétním čase, týkající se aktuálních nabídek a poptávek pro jednotlivé dvojice měn, na kterých jsem chtěl provádět analýzu.

3.1.1 Data na kryptoměnových burzách

Nejdříve jsem se snažil získat data na oficiálních stránkách jednotlivých burz, konkrétně binance.com, kraken.com a cryptowatch.com. Zde jsem se byl schopen po registraci připojit na jednotlivá api. Data zde byla veřejně k dispozici, avšak neodpovídala takovému formátu, který jsem pro svou práci požadoval.

Na všech kryptoměnových burzách byla k dispozici data pouze o aktuálních nabídkách a poptávkách. Co se týče historických dat, tak bylo možné získat data o všech provedených obchodech, kde bylo vždy uvedeno minimálně množství, cena a čas provedení obchodu. Dále bylo možné získat data k vytvoření svícnových grafů. Všechna tato historická data byla pro mě však irelevantní.

3.1.2 Burza Binance

Jako burzu, ze které jsem sbíral data, jsem si vybral server Binance. Tuto burzu jsem si vybral především z toho důvodu, že zde probíhá nejvíce obchodů, co se týče zobchodovaného objemu. Podle serveru CoinMarketCap je zde zobchodováno minimálně o 50 % objemu více (objem za posledních 30 dní) než na jakékoli jiné burze. [23]

Dalšími podpůrnými parametry pro výběr této burzy bylo to, že měla přívětivé api, a dalo se na ni připojit jednoduše přes websocket. [38]

3.1.3 Vlastní sběr dat

Z důvodu, že jsem nebyl schopen nikde sehnat odpovídající data, která jsem potřeboval pro svou práci, byl přinucen si data začít sbírat z burz sám.

K Binance api jsem se připojil přes websocket, přes který mi při každé změně chodila data ohledně aktuální nabídky a poptávky sledované dvojice měn. Tato data jsem si vždy ihned uložil včetně aktuálního časového záznamu ve formátu unix timestamp.[38]

Neboť jsem data potřeboval ukládat pořád a ne pouze v konkrétní časové intervaly, tak jsem sběr dat spustil na cloudové službě AWS - Amazon Web Services. Data jsem kumuloval do souborů po jednom dni, protože jsem kvůli omezenému uložišti musel data stahovat a ukládat i na lokální disk.

3.1.3.1 Sledované měny

Na serveru Binance je možné obchodovat s 1320 různými měnami (údaj k 29.3. 2020). Protože pro mě nebylo reálné sledovat tolik různých dvojic, vybral jsem si ke sledování následující měny: USDT, BTC, LTC, ETH, XRP, BCH, EOS, BNB, TRX, XMR. Což celkově znamenalo sbírat data týkající se 39 dvojic (obchody mezi některými

dvojicemi na severu Binance nebylo možné provádět). Všechna tato data nabývala velikosti v průměru téměř 1 GB za den.

3.2 Zpracování dat

V této podkapitole se budu věnovat tématu se zpracováním nasbíraných dat.

3.2.1 Filtrování surových dat

V prvním kroku bylo mým cílem pouze vyfiltrovat všechny potenciální arbitrážní příležitosti, které mohli nastat. Potenciální z toho důvodu že jsem ještě nebral v potaz poplatky, kterými Binance zpoplatňuje každý provedený obchod.

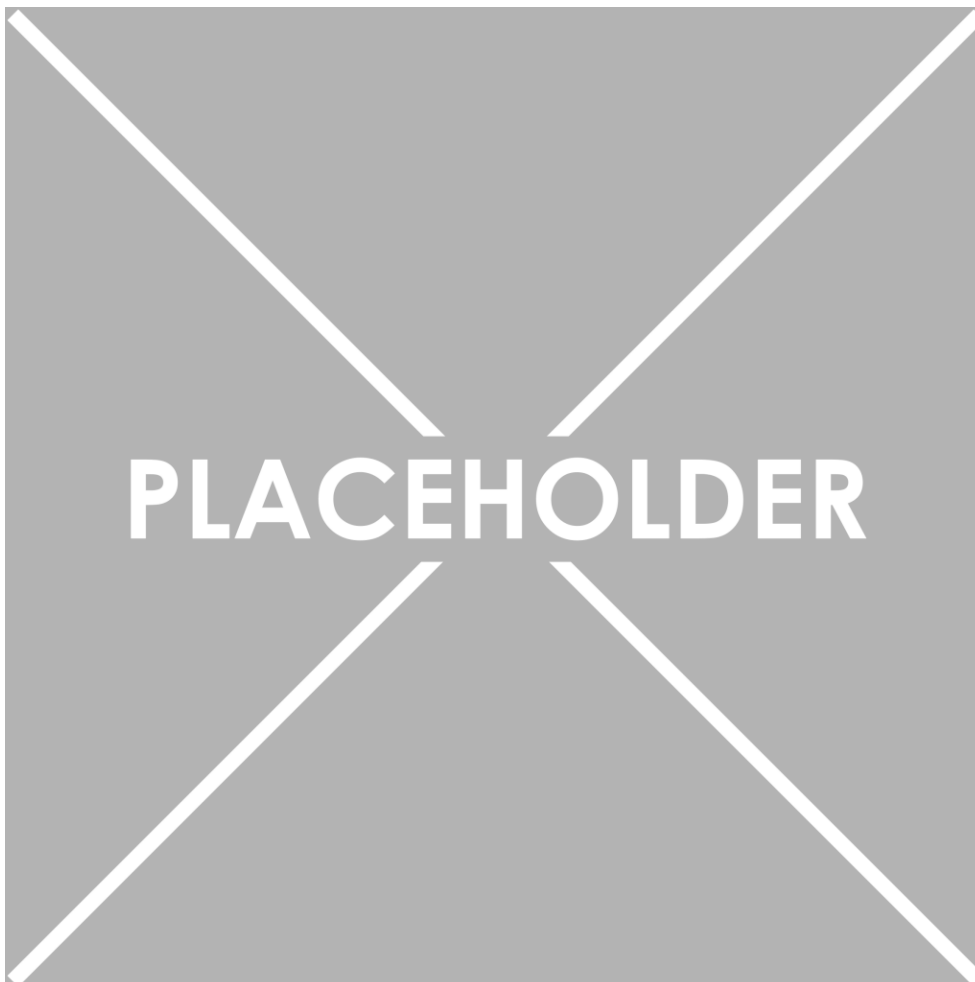
Nejdříve jsem tento filtrovací skript napsal v jazyce Python. Zde však probíhalo filtrování moc pomalu. Z toho důvodu jsem výběr Pythonu přehodnotil a rozhodl jsem se využít jazyka C++.

V jazyce C++ se mi podařilo filtrování zrychlit téměř šedesátkrát. Vyfiltrovaná data jsem nyní ukládal v JSON formátu. Tento formát jsem si vybral z toho důvodu, že je zde možné přehledněji strukturovat data. Ukládal jsem si do těchto souborů například i informace o tom, jaké konkrétní obchody jsou nejvýhodnější, jaký teoretický zisk mohl nastat.

3.2.2 Arbitrážní příležitosti

Ve své práci se věnuji pouze arbitrážním příležitostem pro 3 různé měny. Protože mám pro libovolnou obchodovatelnou dvojici kryptoměn (AAA a BBB) vždy údaj pouze z jedné strany (poptávka i nabídka je pouze z pohledu jedné z kryptoměn) může docházet v trojúhelníku k následujícím možnostem (viz tabulka 3.2). Těchto osm možností je však možné pouhým přeházením dostat do dvou odlišných kombinací (viz zelené a modré možnosti v tabulce 3.2).

Z výsledných dvou různých kombinací je ještě nutné rozlišit, jakým způsobem bude docházet k detekci arbitrážní příležitosti. To je opět naznačeno pomocí znaků dělena (‘/’) a násobení (‘*’) a pomocí barev v tabulce 3.3. Tato tři čísla se mezi sebou vždy příslušně vynásobí nebo vydělí a pokud je výsledné číslo vyšší než 1, pak je detekována potenciální arbitrážní příležitost.



Obrázek 3.1: Ukázka JSON formátu struktury dat

1	2	3	4	5	6	7	8
AAABBB	AAABBB	AAABBB	AAABBB	BBBAAA	BBBAAA	BBBAAA	BBBAAA
AAACCC	AAACCC	CCCAAA	CCCAAA	AAACCC	AAACCC	CCCAAA	CCCAAA
BBBCCC	CCCB BB	BBBCCC	CCCB BB	BBBCCC	CCCB BB	BBBCCC	CCCB BB

Obrázek 3.2: Tabulka různých kombinací trojúhelníků

	Nákup		Prodej	
AAABBB	x	/	y	*
AAACCC	x	/	y	*
BBBCCC	x	/	y	*

	Nákup		Prodej	
AAABBB	x	/	y	*
BBBCCC	x	/	y	*
CCCAAA	x	/	y	*

Obrázek 3.3: Odlišné způsoby detekce arbitrážních příležitostí

Dalším krokem v rámci detekce ideální příležitosti je projití několika dalších nejlepších nabídek (poptávek), v mém případě celkem pěti, a zjišťovat, jestli není výhodnější provést obchod s menším procentuálním ziskem, avšak s vyšším absolutním ziskem. Snažím se tedy najít takovou možnost, při které dojde k zobchodování většího množství a tím vznikne vyšší zisk.

Závěr

V práci jsem zatím úspěšně naimplementoval program v programovacím jazyce Python, který se stará o sběr dat. Tento program jsem nasadil na cloudovou službu Amazon Web Services, kde běží bez přerušení.

V teoretické části jsem zatím napsal velmi stručnou rešerši, kterou mám ještě v plánu značně rozšiřovat. Našel jsem si již zdroje i k následujícím částem teoretické části. Plánuji se zde ještě více věnovat kryptoměnám podrobněji a popsat více jejich charakteristiky. Dále zde plánuji zpracovat rešerši týkající se dosavadních prací, které se také zabývají otázkou arbitrážních příležitostí.

Mým dalším krokem je napsání programu, který bude analyzovat nasbíraná data. Na tomto úkolu mohu pracovat i s prozatímními daty, neboť se na programu nic nezmění, pouze se změní výstupní statistiky. Tato část bude stěžejní částí mé celkové bakalářské práce.

Dalším krokem v rámci detekce ideální příležitosti je projít několik dalších nejlepších nabídek (poptávek), v mém případě celkem pěti, a zjišťovat, jestli není výhodnější provést obchod s menším procentuálním ziskem, avšak s vyšším absolutním ziskem. Snažím se tedy najít takovou možnost, při které dojde k zobchodování většího množství a tím vznikne vyšší zisk.

Literatura

- [1] Škapa, J.: Coinmate - Agregated trading fees - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://coinmate.io/fees>
- [2] Škapa, J.: Fee Schedule - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.binance.com/en/fee/deposit>
- [3] Škapa, J.: Fees - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.mxct.top/info/fee>
- [4] Škapa, J.: Withdrawal Fees - todo. 2017, [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.bitforex.com/en/Fees>
- [5] Škapa, J.: Kryptoměny a budoucnost finančních trhů. 2017, [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=144519
- [6] Finex: *Bitcoin (BTC) – Kurz, graf ceny, těžba, peněženka, nákup*. [cit. 2019-11-29]. Dostupné z: <https://finex.cz/kryptomena/bitcoin/>
- [7] Škapa, J.: How does Bitcoin work? - todo. 2017, [cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://bitcoin.org/en/how-it-works>
- [8] Finex: *Blockchain – Co je blockchain a jak funguje?* [cit. 2020-02-04]. Dostupné z: <https://finex.cz/blockchain/>
- [9] Škapa, J.: Alcoin - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/definition/altcoin>
- [10] Škapa, J.: Litecoin - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.zive.cz/clanky/co-je-to-litecoin/sc-3-a-190910/default.aspx>

- [11] Škapa, J.: Monero (VŠE, CO CHCETE VĚDĚT) – Kryptoměna, která nabízí úplnou anonymitu - todo. - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/monero>
- [12] Škapa, J.: Binance exchange market - todo. - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.binance.com/en/markets>
- [13] Škapa, J.: BITCOIN VS ETHEREUM: DIFFERENCES, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES – WHICH IS BETTER? - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://bitcoinist.com/bitcoin-vs-ethereum/>
- [14] Škapa, J.: Co je to Ethereum ? - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.virtualproperty.cz/detail-clanku/co-je-to-ethereum-%3F/>
- [15] Škapa, J.: Ripple (VŠE, CO CHCETE VĚDĚT) - todo. - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/monero>
- [16] Škapa, J.: XRP Avg. Transaction Fee historical chart - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://bitinfocharts.com/comparison/xrp-transactionfees.html#1y>
- [17] Škapa, J.: Why Is Ripple So Much Faster than Bitcoin? - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://coincodex.com/article/3365/why-is-ripple-so-much-faster-than-bitcoin/>
- [18] Škapa, J.: Bitcoin Cash - BCH/Bitcoin Cash kurz - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/kryptomeny/bitcoin-cash/>
- [19] Škapa, J.: EOS (EOS) – Kurz, graf ceny, kde koupit - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://www.martinsistek.cz/binance-coin/>
- [20] Škapa, J.: Binance coin (BNB) - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://finex.cz/kryptomena/eos/>
- [21] Škapa, J.: TRON (TRX) – Kurz, graf ceny, kde koupit kryptoměnu - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://finex.cz/kryptomena/tron/>
- [22] Škapa, J.: Stable coin – token stálé hodnoty - todo. 2017, [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: <https://mladyinvestor.cz/stable-coin-token/>
- [23] Škapa, J.: CoinMarketCap - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/rankings/exchanges/reported/>
- [24] Škapa, J.: EXCHANGE REVIEW CoinMate - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.cryptowisser.com/exchange/coinmate/>

-
- [25] Škapa, J.: Binance Review: The World's Leading Cryptocurrency Exchange? - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://blockonomi.com/binance-review/>
- [26] Škapa, J.: Exchange spot i MXC - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.coingecko.com/en/exchanges/mxc>
- [27] Škapa, J.: EXCHANGE REVIEW MXC - todo. 2017, [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.cryptowisser.com/exchange/mxc/>
- [28] Škapa, J.: EXCHANGE REVIEW BitForex - todo. 2017, [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.cryptowisser.com/exchange/bitforex/>
- [29] Škapa, J.: EXCHANGE REVIEW BitForex - todo. 2017, [cit. 2020-04-07]. Dostupné z: <https://www.cryptowisser.com/exchange/lbank/>
- [30] Škapa, J.: Efektivita trhu - todo. 2017, [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.itbiz.cz/slovník/ekonomie/efektivita-trhu>
- [31] Škapa, J.: What Is Arbitrage? - todo. 2017, [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/ask/answers/what-is-arbitrage/>
- [32] Škapa, J.: Capital - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://capital.com/cs/arbitraz-definice>
- [33] Škapa, J.: The straightforward guide to cryptocurrency arbitrage - todo. 2017, [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: <https://www.finder.com/ca/cryptocurrency-arbitrage/>
- [34] Škapa, J.: Měnový pár - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://capital.com/cs/menovy-par-definice>
- [35] Škapa, J.: CZInvestor - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <http://czinvestor.cz/forex/kryptomeny/arbitraz-kryptomenach-daji-se-nimi-vydelavat-penize>
- [36] Škapa, J.: TowardsDataScience - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/cryptocurrency-arbitrage-how-to-profit-from-it-e2d7bf805fde>
- [37] Škapa, J.: Cryptocurrency Arbitrage: A Lucrative Trading Strategy - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://blog.shrimpy.io/blog/cryptocurrency-arbitrage-a-lucrative-trading-strategy>
- [38] Škapa, J.: Binance api - todo. 2017, [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://github.com/binance-exchange/binance-official-api-docs/blob/master/rest-api.md>

Seznam použitých zkratk

GUI Graphical user interface

XML Extensible markup language

Obsah přiloženého CD

	readme.txt	stručný popis obsahu CD
	exe	adresář se spustitelnou formou implementace
	src	
	impl.....	zdrojové kódy implementace
	thesis	zdrojová forma práce ve formátu L ^A T _E X
	text	text práce
	thesis.pdf	text práce ve formátu PDF
	thesis.ps	text práce ve formátu PS