

**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Nik Harmanec

Předpovídání vývoje cen kryptoměn

Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Michal Kopecký, Ph.D.

Studijní program: Informatika

Studijní obor: Softwarové a datové inženýrství

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu RNDr. Michalovi Kopeckému, Ph.D. za jeho čas a ochotu při psaní této práce. Také bych rád poděkoval své rodině, zejména svému bratrovi a své přítelkyni, za neutuchající podporu.

Název práce: Předpovídání vývoje cen kryptoměn

Autor: Nik Harmanec

Katedra: Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Michal Kopecký, Ph.D., Katedra softwarového inženýrství

Abstrakt: Práce se zabývá způsobem jak aplikovat roky zaběhlé a vyzkoušené strategie a indikátory z burzovních akciových trhů na nový a dynamicky se rozvíjející trh kryptoměn. Cílem práce je navrhnout a implementovat framework na testování indikátorů. Jednotlivé indikátory otestovat na historických datech kryptoměn. Výsledky vyhodnotit a navrhnout vhodnou obchodovací strategii k maximalizaci zisku. Z výsledků pozorování vytvořit bota pro obchodování na burze.

Klíčová slova: Kryptoměny, Bitcoin, Burza, Obchodování

Title: Cryptocurrency price prediction

Author: Nik Harmanec

Department: Department of Software Engineering

Supervisor: RNDr. Michal Kopecký, Ph.D., Department of Software Engineering

Abstract: The thesis examines how to use trading strategies and indicators from stock markets, that are well-known and used for years, to the new and dynamically growing crypto markets. The goal of the thesis is to design and implement a framework for testing indicators. Test each indicator on historical data of cryptocurrencies. Evaluate the results and suggest a trading strategy to maximize profit. Use the strategy to create a trading bot on a crypto exchange.

Keywords: Crypto, Bitcoin, Exchange, Trading

Obsah

1. Úvod	4
2. Analýza	5
2.1 Historie	5
2.2 Burza	5
2.3 Data	7
2.4 Indikátory	8
2.5 Související práce	15
2.6 Cíle	16
3. Testování	18
3.1 Požadavky	18
3.2 Metodika	20
3.3 Architektura	21
3.4 Výsledky	25
4. Implementace	38
4.1 Analýza	38
4.2 Architektura	43
5. Závěr	46
5.1 Zhodnocení výsledků	46
5.2 Možná vylepšení	46
6. Seznam použité literatury	48
7. Přílohy	51
7.1 Dokumentace testeru	51
7.2 Dokumentace bota	54

1. Úvod

Cílem každého člověka obchodujícího na burze je správně předpovědět vývoj ceny komodity a podle toho ji správně nakoupit nebo prodat. Není třeba se pokaždé trefit správně, ale důležité je, aby dlouhodobě převládaly povedené obchody, tedy abychom byli dlouhodobě v zisku. Naším cílem tedy bude správně předvídat vývoj ceny a dlouhodobě dosahovat co nejvyššího zisku.

Během let, po které k obchodování dochází, bylo zavedeno a vyzkoušeno mnoho způsobů, jak tyto předpovědi provádět. Od těch jednodušších, až po ty, založené na strojovém učení a umělé inteligenci.

My se budeme zabývat technickými indikátory, které byly vyvinuty a běžně se používají na akciových trzích, a pokusíme se je uplatnit na relativně nový a ne tak rozvinutý trh s kryptoměny. Jak si detailněji ukážeme v kapitole 2. Analýza, tak oba trhy jsou poměrně odlišné a není tedy zřejmé, jestli budou stejné postupy fungovat i na trh s kryptoměny.

V následující kapitole si ukážeme, jak vypadá burzovní prostředí, nadefinujeme si indikátory, které budeme chtít vyzkoušet a stanovíme si cíle podle již dostupných prací a dosažených výsledků. V kapitole 3. dané indikátory detailně otestujeme a v kapitole 4. Výsledky vyhodnotíme. Na závěr v 5. kapitole navrhne bota, který bude s ohledem na získané výsledky obchodovat.

2. Analýza

V této kapitole se stručně podíváme na historii kryptoměn a jejich aktuální stav. Vysvětlíme si, jak funguje burza a obchodování na ní. Představíme si indikátory, používané na burzovních trzích, a na závěr se podíváme na práce, zabývající se předpovědí vývoje cen, a podle toho si nastavíme cíle, kterých bychom chtěli dosáhnout.

2.1 Historie

Bitcoin [1] byl vynalezen na přelomu let 2008/2009 člověkem skrývajícím se pod pseudonymem *Satoshi Nakamoto*. 11. února 2009 publikoval na internetovém fóru první návrh této internetové měny. Decentralizovaná měna je založená na technologii zvané *blockchain*, kdy neexistuje žádná centrální autorita, ale věrohodnost transakcí ověřuje každý uzel v síti. Bitcoin začal rychle nabírat na popularitě a stal se z něj celosvětový fenomén [2].

Technologii blockchainu si osvojila i řada dalších kryptoměn. Za zmínku stojí například Ethereum [3], které přišlo s novou technologií takzvaných *chytrých kontraktů*. *Chytré kontrakty* nejsou přímo vázané na transakce měny a lze do nich zapisovat i další informace, například digitální podpis smlouvy, prodej pozemku a tak podobně. Momentálně oblíbeným využitím je prodej NFT tokenů [4].

2.2 Burza

Burza je místo na obchodování s komoditami. Místo, kde se nabídka setkává s poptávkou. Hlavní funkcí burzy je propojit prodávajícího s kupujícím a provést mezi nimi obchod. Existuje celá řada burz v různých zemích a specializujících se na různé komodity. Nás budou zajímat burzy, specializující se na kryptoměny.

2.2.1 Cena

Cena kryptoměny, stejně jako každé jiné komodity, je dána nabídkou a poptávkou. Burza eviduje jak nabídky od prodávajících - jaký objem a za kolik

chtějí prodat, tak nabídky kupujících - jaký objem a za kolik chtějí koupit. Pokud se některá z nabídek kupujícího a prodávajícího protne, dojde k obchodu. Přednost mají nejnižší ceny u prodávajících a naopak nejvyšší ceny u kupujících. Aktuální cena kryptoměny je určena cenou posledního uskutečněného obchodu.

2.2.2 Obchodování

Nejběžnějším typem obchodování je takzvaná *long* pozice, tedy že zakoupíme komoditu, v našem případě kryptoměnu, za nějaký obnos a čekáme, že její cena bude stoupat. Ve chvíli kdy cena vystoupá podle našich představ, tak ji opět prodáme. Realizovaný zisk pak bude rozdíl prodejní ceny oproti nákupní.

Pokud chceme obchodovat pouze s vlastními prostředky, je to v zásadě jediné možné obchodování. Na to abychom mohli vydělávat i na poklesu ceny, budeme na sebe muset vzít vyšší riziko a obchodovat i s půjčenými prostředky.

Takovému obchodu se říká *short* pozice. Ta funguje tak, že si v daný moment půjčíme od burzy nějaký obnos kryptoměny a ten prodáme. Počkáme, až cena klesne podle našich představ a pak nakoupíme kryptoměnu zpět a vrátíme to co jsme si půjčili. Realizovaný zisk pak bude opět rozdíl prodejní a nákupní ceny.

2.2.3 Rizika

Obchodování samozřejmě není bez rizik. Pokud se cena nevyvíjí podle našich představ, můžeme přijít o své prostředky. Zatímco v *long* pozici můžeme přijít pouze o to co jsme investovali, když cena spadne na 0. V *short* pozici není žádný strop o kolik můžeme přijít, cena může růst teoreticky do nekonečna. Burzy si většinou hlídají, kolik má obchodník na účtu a ve chvíli, kdy by ztráty přesáhly daný obnos, automaticky ukončí *short* pozici a realizují ztráty.

Pro hlídání rizika ze strany obchodníka se používá takzvaný *stop-loss*. Pokud jsme předpokládali, že cena bude stoupat, nastavíme *stop-loss*

například na 2 % a pokud cena klesne o více než 2 %, kryptoměnu prodáme, abychom zabránili ještě větší ztrátě. Obdobně pro *short* pozici.

Naopak pokud jsme ochotni více riskovat, můžeme výnosy (ale i ztráty) znásobit. Tomuto způsobu obchodování se říká *obchodování na páku*. Při něm si půjčíme prostředky a nakoupíme za 2 x, 10 x, 100 x, ... více a poté máme 2 x, 10 x, 100 x,.. větší zisk či ztrátu.

2.2.4 Poplatky

Aby burzy mohly fungovat, účtují si z každé transakce procentuální poplatek. Poplatky se odvíjejí od jednotlivých měn, objemu transakce, nebo druhu účtu, ze kterého obchodujeme. S tím je potřeba dopředu počítat, protože strategie může na první pohled fungovat, ale ve chvíli, kdy započítáme poplatky, už ne.

Srovnání poplatků na vybraných populárních burzách:

Burza	Maker fee	Taker fee
Binance.com [5]	0,1 %	0,1 %
Coinbase.com [6]	1,0 %	1,0 %
Crypto.com [7]	0,4 %	0,4 %
Kraken.com [8]	0,16 %	0,26 %
Gate.io [9]	0,2 %	0,15 %

Tabulka 1 - Poplatky za obchodování na burzách¹

2.3 Data

Ticker

Základní datovou strukturou je takzvaný Ticker. Ticker se dá počítat za různé časové období a vztahuje se vždy k jednomu obchodovanému páru nějakých komodit. Nejkratší období, které burzy nabízejí ke stažení je 1 minuta. Jaká data tedy ticker obsahuje? Na ticker se můžeme dívat jako na jakýsi snapshot burzy v daném období. Obsahuje data o ceně a uskutečněných obchodech.

¹ Poplatky jsou platné k začátku roku 2022 a jsou spíše orientační, s větším objemem transakce se mohou zmenšovat

- Open timestamp - datum a čas začátku tickeru
- Close timestamp - datum a čas konce tickeru
- Open price - první obchodovaná cena v daném období
- Min price - nejnižší obchodovaná cena v daném období
- Max price - nejvyšší obchodovaná cena v daném období
- Close price - poslední obchodovaná cena v daném období
- Trades - počet uskutečněných obchodů
- Volume - objem zobchodované měny

2.4 Indikátory

Ačkoli se na první pohled může zdát, že akciové trhy jsou podobné těm kryptoměnovým, je zde několik rozdílů. Prvním a nejzásadnějším rozdílem je, co má vliv na samotnou cenu komodity. V případě akcií se obchoduje s reálnými firmami, které vyrábí nějaký produkt nebo poskytují služby. Hlavním ukazatelem je, jak se firmě daří, jaké má zisky, kolik má klientů atp. Podle segmentu ve kterém firma podniká můžeme predikovat její další vývoj a tedy i její případnou cenu.

V případě kryptoměn takové informace nemáme. Například cena Bitcoinu úzce souvisí s cenou energie na jeho těžbu, ale ovlivňuje jí i řada externích faktorů. Pozitivní růst nastal například při oznámení, že El Salvador se stane první zemí, která bude Bitcoin přijímat jako oficiální měnu [10]. Další divoký vývoj ceny nastal při tweetech Elona Muska o tom, že Tesla (ne)bude přijímat Bitcoin [11].

Za roky obchodování na burzovních trzích byly vyvinuty technické indikátory, které pomáhají obchodníkům se rozhodovat v nakupování komodit. Cílem indikátorů je pomocí aktuálních a historických dat předpovědět vývoj ceny v budoucnu. Typicky se nesnažíme předpovědět přesnou cenu za přesnou dobu, ale snažíme se poznat změnu trendu, kdy začne po růstu cena padat a obrátí se.

Moving Average

Nezákladnější indikátorem je klouzavý průměr MA^2 . Může být počítán pro různé ceny (open, close, min, max), ale i třeba pro počet obchodů nebo objemu. Indikátor zkoumá historické ceny za dané období a ukazuje dlouhodobý vývoj. Na čím delším období průměr počítáme, tím dlouhodobější trend by měl ukazovat.

Klouzavý průměr se počítá jako součet hodnot za dané období, tedy z určitého počtu po sobě jdoucích tickerů, dělený jejich počtem. Formálně:

$$MA_k(h) = \left(\sum_{i=1}^k h_{t-i+1} \right) / k \quad (1)$$

Čím větší k zvolíme, a čím dlouhodobější klouzavý průměr tedy počítáme, tím později směr vývoje jeho hodnot – růst nebo pokles – začne kopírovat trend hodnoty komodity. Jedním z možných způsobů, jak tento indikátor používat je proto počítat jeden dlouhodobější a jeden krátkodobější průměr. Ve chvíli, kdy se protnou, tak pravděpodobně dochází ke změně trendu. Pokud krátkodobý plovoucí průměr protne ten dlouhodobý ze spoda nahoru, pak by měla cena růst, pokud obráceně, tak by měla klesat.

Dalším z možných způsobů využití je porovnávat průměr přímo s aktuální cenou (což odpovídá MA_1). Pak můžeme buď opět sledovat protnutí nebo vzdalování se od průměru směrem nahoru, kdy by měla cena dále růst, respektive dolů, kdy by měla naopak klesat.



Obrázek 1. Protnutí krátkodobého a dlouhodobého klouzavého průměru

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

² Angl. Moving average

Na obrázku ([Obrázek 1](#)) je vidět, že plovoucí průměr je za vývojem ceny opožděn, a že k protnutí dochází až po změně trendu. Pokyn k prodeji tedy přišel až relativně dlouho poté, co došlo k poklesu ceny. To je obecný problém, který u klouzavých průměrů může nastávat a který se snaží minimalizovat následující vylepšení klouzavého průměru.

Weighted Moving Average

Vážený klouzavý průměr WMA^3 je rozšíření základního klouzavého průměru. Chceme jím dosáhnout toho, že nejaktuálnější hodnoty budou mít na výslednou hodnotu největší vliv, a průměr bude rychleji reagovat na změnu trendu. Při počítání klouzavého průměru tedy každou hodnotu ještě navíc vynásobíme její vahou, kde největší váhu bude mít nejaktuálnější hodnota a postupně se bude snižovat. Z takto vynásobených hodnot opět vypočítáme průměr. Výsledný součet nedělíme počtem hodnot, ale součtem všech vah. Formálně:

$$WMA_k(h) = \left(\sum_{i=1}^k (k - i + 1) * h_{t-i+1} \right) / \left(\sum_{i=1}^k (k - i + 1) \right) \quad (2)$$



Obrázek 2. Protnutí váženého klouzavého průměru přímo s cenou

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Na obrázku ([Obrázek 2](#)) můžeme vidět, že opět k protnutí došlo o něco později, než změna trendu, ale o něco dříve než v případě základního klouzavého průměru ([Obrázek 1](#)).

³ Angl. Weighted moving average

Hull Moving Average

Dalším rozšířením klouzavého průměru je takzvaný hull moving average. U běžného klouzavého průměru nějakou dobu trvá, než se aktuální trend projeví v hodnotě průměru a tedy už může být pozdě na nákup/prodej. Hull klouzavý průměr se snaží projevení změny trendu zrychlit. Počítá se pomocí váženého klouzavého průměru tak, že počítáme vážený průměr za období N a za období $N/2$. Hodnota hull průměru je pak $2 * \text{vážený průměr za období } N/2 - \text{vážený průměr za období } N$. Formálně:

$$HMA_k(h) = WMA_{\sqrt{k}}(2 * WMA_{k/2}(h) - WMA_k(h)) \quad (3)$$

RSI

RSI^4 je indikátor snažící se říct, jestli je komodita překupovaná nebo přeprodávaná. Počítá se pomocí průměrného růstu, v obdobích, kdy cena rostla a průměrného propadu, v obdobích, kdy cena klesala. $avgU$ označíme průměrný nárůst ceny za období (tickery), kdy cena rostla. Obdobně pro období kdy cena klesala, označíme $avgD$. Pak hodnota RSI bude dána vzorcem

$$100 - 100 / (1 + avgU / avgD) \quad (4)$$

Dostáváme tedy hodnoty od 0 do 100. Když se hodnota blíží k 0, znamená to, že je komodita přeprodávaná a tedy bude cena nejspíše brzy růst. Naopak pokud se blíží ke 100, tak je překupovaná a brzy bude cena nejspíše klesat.

⁴ Angl. Relative Strength Index



Obrázek 3. RSI indikátor

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Na obrázku ([Obrázek 3](#)) vidíme, že nedošlo k poklesu ceny bezprostředně po dosažení hodnoty k vstoupení do shortové pozice, ale cena ještě nějakou dobu oscilovala kolem dosažené hodnoty a až poté začala klesat.

Bollinger bands

Hlavní myšlenkou bollinger bands je ukázat, jak jsou ceny rozptýlené od průměru. Indikátor sestává z klouzavého průměru, horní a spodní linie. Horní a spodní linie se počítají pomocí formulí:

$$BOL_U = MA_n(TP) + m * \sigma_n(TP) \quad (5)$$

$$BOL_D = MA_n(TP) - m * \sigma_n(TP) \quad (6)$$

kde n je počet hodnot (obvykle $n = 20$), TP je typická cena komodity⁵ ($TP = (close + high + low)/3$), a m je uvažovaný násobek pro standardní odchylku σ (obvykle $m = 2$). Když se zvedá volatilita a cena tedy více kolísá, tak se linie vzdalují od průměru, naopak, když klesá, tak se linie přibližují. Pokud cena vystoupá nad horní linii, pak je pravděpodobně komodita překupovaná, naopak když spadne pod spodní linii, pak je komodita přeprodávaná.

⁵ Z angl. Typical Price



Obrázek 4. Bollinger bands indikátor

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Na obrázku ([Obrázek 4](#)) vidíme, že indikátor má lehké zpoždění za změnou trendu.

Parabolic SAR

Parabolic SAR zvýrazňuje aktuální trend vývoje ceny a snaží se ukazovat vhodné momenty, kdy vstoupit a vystoupit z pozice. Pro výpočet si definujeme akcelerační faktor AF , který začíná na hodnotě N (např. 0.02) a zvýší se o N , pokud zaznamenáme nové maximum, až do maximální hodnoty $10N$ (0.2). Dále si definujeme extrémní bod EP , což je nejvyšší/nejnižší cena v dosavadním trendu. Rostoucí parabolic SAR pak spočítáme jako předchozí SAR + předchozí $AF * (\text{předchozí } EP - \text{předchozí SAR})$. Klesající parabolic SAR spočítáme jako předchozí SAR - předchozí $AF * (\text{předchozí SAR} - \text{předchozí } EP)$.



Obrázek 5. Parabolic SAR indikátor

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Stochastic Oscillator

Stochastický oscilátor se snaží porovnávat aktuální cenu s maximální/minimální cenou za dané období a podle toho odhadnout následující vývoj. Počítá se jako $((C - L) / (H - L)) * 100$, kde C je aktuální closing price, L je minimální cena za dané období a H je maximální cena za dané období. Oscilátor může nabývat hodnot od 0 do 100. Pokud se hodnota blíží 100, značí to, že komodita je překupována, pokud se blíží k 0, značí to, že je přeprodávána. Zároveň se používá ještě klouzavý průměr hodnot stochastického oscilátoru - pokud se protne s aktuální hodnotou oscilátoru poblíž hodnoty 0 nebo 100, značí to pravděpodobnou změnu trendu.



Obrázek 6. Stochastic Oscillator indikátor

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Volume

Obchodovaný objem v daném období se používá spíše jako pomocný indikátor. Určuje jakou má komodita likviditu a tedy jak bude snadné se dostat do pozice nebo z ní. Velký obchodovaný průměr může ovlivnit vývoj ceny.

Pokud se velké množství komodity prodává, bude cena klesat, naopak pokud se velké množství kupuje, cena bude stoupat. Obvykle před zvratem trendu objem klesá a po zvratu naopak narůstá.



Obrázek 7. Objem a pohyb ceny

Zdroj: https://www.binance.com/en/trade/BTC_USDT

Na obrázku ([Obrázek 7](#)) vidíme, že objem prodejů narůstá až s lehkým zpožděním po změně trendu.

Netechnické indikátory

Netechnické indikátory nepracují přímo s cenou komodity, ale snaží se monitorovat vnější podmínky a podle nich odhadovat, jak se bude trh vyvíjet. Příkladem může být třeba sledování jak často se objevuje zmínka o komoditě v médiích nebo na sociálních sítích a podobně. Tyto indikátory je poměrně náročné měřit v reálném čase a proto s nimi v tomto textu nebudeme dále pracovat.

2.5 Související práce

Máme několik způsobů, podle kterých můžeme vyhodnocovat úspěšnost indikátorů a obchodovacích strategií na nich založených. Nejzákladnějším měřítkem je výdělek za nějaké časové období. Typicky budeme počítat jeden rok. Pokud na začátku roku máme X prostředků a na konci máme 2X prostředků, pak je návratnost strategie 200%.

Dalším měřítkem může být přesnost predikcí, tedy na kolika realizovaných obchodech vyděláme a na kolika naopak proděláme. V reálném použití nepotřebujeme, aby většina predikcí byla správná, stačí když na průměrném výdělečném obchodu vyděláme více než proděláme na průměrném prodělečném obchodu.

Důležitou veličinou je rovněž počet realizovaných obchodů a průměrný zisk na každém obchodu. Můžeme mít strategii, která udělá obchod každou sekundu a na každém vydělá 0,1 %. To by za rok představovalo velmi pěknou návratnost. Je ovšem třeba započítat také burzovní poplatky (viz. Tabulka 1) a s nimi už by byla taková strategie byla na nule nebo spíše v mínusu. My se proto budeme soustředit spíše na dlouhodobější strategie s méně obchody a vyšším průměrným ziskem za obchod.

2.5.1 Strojové učení

Na obchodování kryptoměn se snaží lidé aplikovat momentálně velmi populární strojové učení s různou měrou úspěchu. Spolehlivější krátkodobé predikce [12], dosahující až 139% měsíční návratnost. Ovšem při započítání burzovních poplatků, které se realizují při každém obchodě, už bude ve ztrátě, tedy v praxi nepoužitelné. Dlouhodobější strategie mohou dosahovat okolo 140% roční návratnost, kdy správně odhadnou lehce přes 50% změn trendu [13].

2.6 Cíle

2.6.1 HODL

Nezákladnějším přístupem, který se budeme snažit překonat je takzvané hodlování, tedy dlouhodobé držení aktiva. Například bitcoin od roku 2017 do začátku roku 2022 stoupl o zhruba 4500%. Kdybychom tedy v roce 2017 nakoupili bitcoin za 1 000 dolarů, na začátku roku 2022 by stejný obnos měl cenu 45 000 dolarů, tedy 45x násobek.

V dlouhodobém horizontu nemusí každý rok cena Bitcoinu růst a je velmi pravděpodobné, že se růst výrazně zpomalí. V aktuálním roce 2022

cena naopak výrazně klesla. Při dlouhodobém držení vyděláváme pouze na růstu a pouze z prostředků, které jsme reálně měli a za které jsme nakoupili. Při obchodování ale můžeme vydělávat jak na růstu, tak na propadech ceny pomocí shortování. Zároveň můžeme obchodovat na páku, tedy s půjčenými prostředky, díky kterým můžeme znásobit zisk (ale také ztrátu).

2.6.2 Medvědí trh

Vydělávat ve chvíli kdy cena roste je poměrně jednoduché, my bychom ale chtěli, aby naše strategie vydělávala i ve chvíli, kdy cena klesá. Období, kdy cena komodity převážně klesá říkáme *medvědí trh*. [14] Naopak období, kdy cena převážně roste říkáme *býčí trh*. Vzhledem k tomu, že Bitcoin už má období největšího růstu pravděpodobně za sebou, chtěli bychom, aby strategie vydělávala i v období, kdy cena stagnuje nebo klesá.

2.6.3 Ziskovost

V roce 2022 je roční zhodnocení na běžném spořicí účtě okolo 5% [15]. Známý fond pětiset vybraných korporací S&P 500 má průměrné roční zhodnocení okolo 10% [16]. Některé rizikovější fondy mohou dosahovat výkonnosti až 15-20%. Tyto základní formy spoření bychom rádi překonali.

Jak jsme zjistili v kapitole 2.5.1, tak obdobné práce mají ziskovost okolo 50-100% za rok. Ty bychom rádi alespoň vyrovnali a případně i překonali.

3. Testování

Cílem testování indikátorů je najít jejich nejlepší nastavení, tak aby na historických datech generovaly co největší zisk. Zároveň se budeme snažit najít vhodné kombinace indikátorů, tak aby se vzájemně doplňovaly a opravovaly.

3.1 Požadavky

Program na testování by měl fungovat tak, že vybereme testovaný indikátor a pustíme ho na historických datech. Ve výsledcích nás bude zajímat jak celkový zisk, tak kdy indikátor nakupoval/prodával. Tyto body pak budeme porovnávat s hodnotami dalších indikátorů a hledat vhodné kombinace. Zároveň by se při testování měly zkusit různé nastavení indikátorů a vybrat to, které generuje největší zisk.

Vstup

Pro jeden běh testu budeme zadávat:

- Indikátor s jedním konkrétním nastavením
- Soubor s historickými daty
- Interval dat (1m, 1h, ..)
- Případné další nastavení
 - Velikost poplatků, strategie pro stop-loss, profit, atd.

Výstup

Výstupem jednoho běhu testu bude:

- Výsledný profit
- Seznam nákupů a prodejů

Jako vedlejší produkt můžeme sbírat i hodnoty indikátorů během jednotlivých období, abychom je pak mohli porovnat v momentech nákupů s ostatními indikátory.

Budeme testovat na historických letech, kdy byl *býčí trh*, to znamená, že cena během roku většinou rostla i na letech, kdy byl naopak *medvědí trh*, tedy cena většinou klesala. Porovnáme, které indikátory se chovají lépe v kterých letech. Pokusíme se najít nejlepší parametry pro specifické roky a zároveň se pokusíme najít parametry, které budou fungovat univerzálně.

2018 - Medvědí trh

Jako *medvědí trh* budeme brát rok 2018, kdy cena během roku prudce klesla. Na začátku roku byla cena kolem 16 100\$ za Bitcoin, zatímco na konci roku byla okolo 4100\$ za Bitcoin. Čistě HODL strategií bychom tedy měli z 1000\$ na konci roku pouze 254,7\$.

2017, 2021 - Býčí trh

Pro *býčí trh* budeme zkoušet roky 2. Rok 2017 byl první historicky velký nárůst ceny Bitcoinu a cena po celý rok v zásadě jenom rostla. Na začátku roku 2017 byla cena jednoho Bitcoinu zhruba 1 000\$, na konci roku pak zhruba 16 100\$. S HODL strategií bychom z 1000\$ na konci roku měli 16 100\$.

V roce 2021 cena celkově také vyrostla, ale během roku nastal i jeden velký propad ceny. V lednu 2021 se cena 1 Bitcoinu pohybovala okolo 38 150\$, na konci roku pak už okolo 50 800\$. HODL strategií bychom tedy z 1000\$ na konci roku měli 1 331,6\$.

2017 - 2022 - Celé testované období

Na závěr nás bude zajímat celé období od roku 2017 do 2022, které obsahuje jak roky, kdy byl *medvědí trh*, tak roky, kdy byl *býčí trh*. Na začátku roku 2017 se cena pohybovala okolo 1000\$, zatímco na začátku roku 2022

už byla okolo 47 000\$. Z původních 1000\$ bychom tedy za 5 let měli metodou HODL 47 000\$.



Obrázek 8. Vývoj ceny Bitcoinu v letech 2017 - 2022

Zdroj: <https://www.tradingview.com/chart/?symbol=BITSTAMP%3ABTCUSD>

3.2 Metodika

Snažíme se maximalizovat zisk, hlavní ukazatelem testování tedy bude rozdíl mezi počáteční cenou prostředků a jejich cílovou cenou.

- Každý test bude začínat s 1000 USDT. USDT neboli Tether je stable coin vázaný na dolar. 1 USDT tedy odpovídá jednomu dolaru. Na krypto burzách se obvykle neobchoduje s fiat měnami, ale právě se stable coiny, které jsou vázané na fiat měny.
- Pro jednoduchost budeme při každém nákupu i prodeji vždy používat celou částku, která je aktuálně k dispozici.
- Budeme obchodovat pouze v jedné kryptoměně naráz, tedy pouze USDT / BTC.
- Z každého obchodu budeme odečítat 0,1%, tak abychom nasimulovali reálné poplatky na burzách.

Po doběhnutí testu, pokud zůstanou nějaké prostředky v Bitcoinu, převedeme za poslední známou cenu zpět do USDT a porovnáme množství USDT na konci testu oproti 1000, které jsme měli na začátku. Indikátor a jeho nastavení, které bude mít největší zisk označíme za nejúspěšnější.

3.3 Architektura

3.3.1 Analýza

Příprava dat

Data z burz jsou obvykle ve formátu Tickerů pro dané období uložené v csv souborech. Budeme tedy potřebovat vytvořit třídu, která se bude starat o čtení a parsování dat. Data budeme chtít co nejjemnější, tedy obvykle po minutách. Třída by pak měla umět agregovat tickery na jemnost, kterou bude daný indikátor potřebovat tzn. několika minutové, hodinové či denní.

Obchodování

Další součástí testovacího programu by měla být třída, která se stará o obchodování. Jednotlivé indikátory jí budou volat ve chvíli, když budou chtít nakoupit či prodat. Třída bude zároveň hlídat, jestli nedošlo ke stop-lossu, nebo nebyl dosažen cílový profit.

Počítání zisku

Každý test bude začínat se stejným obnosem prostředků a na konci testu se porovná rozdíl. Budeme tedy mít peněženku, která spravuje prostředky a indikátor se může rozhodnout, jaké procento prostředků chce do jednoho nákupu vložit. Některé mohou obchodovat vždy s celým obnosem, některé mohou obchodovat častěji s menšími obnosy.

Logování

Veškeré obchody chceme zaznamenávat, abychom pak mohli výsledná data vyhodnotit. Budeme mít tedy třídu, která bude průběh testu zapisovat pravděpodobně do csv souborů.

3.3.2 Technologie

Pro implementaci testeru budeme potřebovat vybrat vhodnou technologii - programovací jazyk, v kterém budeme psát. Na jazyk nemáme až tolik nároků:

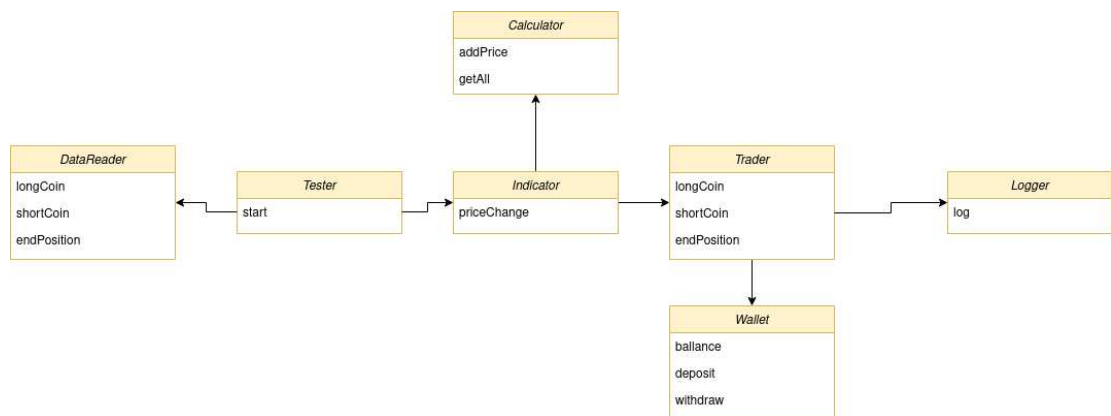
- Měl by být rozumně rychlý, aby výpočty indikátorů netrvaly zbytečně dlouho,
- Mělo by se jednat o standardně rozšířený jazyk, abychom ho pak mohli použít i na samotného bota, čili by ho měla podporovat i burza, kterou vybereme
- Plusem bude, pokud pro jazyk existují knihovny, které nám mohou zjednodušit práci

Momentálně populárním jazykem ve světě kryptoměn je Python [17]. Vzhledem k autorově malým zkušenostem s tímto jazykem raději zvolíme Javu [18], respektive, abychom šli s dobou, použijeme Kotlin [19], což je modernější jazyk vycházející z Javy.

Java, respektive Kotlin, jsou pro naše potřeby dostatečně rychlé jazyky. Většina burz používá REST API [20], s kterým umí Kotlin pracovat. Jelikož je to jeden z nejrozšířenějších jazyků vůbec, existuje k němu velké množství knihoven, které nám mohou usnadnit práci.

3.3.3 Architektura

Testovací program můžeme rozdělit do několika tříd podle funkcionality.



Obrázek 9. Architektura Testeru
Vytvořeno pomocí draw.io

Calculator

První strukturou budou počítače hodnoty indikátorů. Na ně budeme mít následující požadavky:

- Funkce pro změnu ceny, která bude vracet aktuální hodnotu indikátoru
- Funkce pro vrácení všech hodnot na období, které indikátor počítá

Pro některé výpočty si vypomůžeme knihovnou commons-math od Apache [21].

Indicator

Třída samotného indikátoru. Některé počítače hodnoty mohou být sdílené napříč indikátory a proto je chceme mít v oddělené struktuře. Struktura indikátorů by měla splňovat následující:

- Funkce na změnu ceny s referencí na další strukturu *Trader*, které může říct, že teď se má obchodovat

Trader

Struktura pro obchodování s kryptoměnami. Měla by splňovat následující:

- Funkce pro vstup do long pozice
- Funkce pro vstup do short pozice
- Funkce pro vystoupení z pozice

Od *traderu* zároveň budeme chtít, aby nám hlídal nastavený stop-loss a případně vystoupil sám z pozice - k tomu bude mít ještě listener na poslouchání změny ceny.

Logger

Struktura, která se nám bude starat o zaznamenávání hodnot. Měla by splňovat následující:

- Funkce pro logování obchodů
- Funkce pro logování hodnot indikátorů

Wallet

Struktura, ve které povedeme záznam o aktuálních prostředcích. Měla by splňovat následující:

- Funkce pro zjištění zůstatku
- Funkce pro výběr a vložení prostředků

Tester

Struktura, představující samotný tester. Ten dostane data, na kterých má testovat, třídu *Indikátoru*, který bude obchodovat a název souboru, do kterého se má logovat.

- Funkce pro spuštění testu, která vrátí výsledný stav účtu

Data Reader

Pomocná struktura, která bude zpracovávat data z csv souborů. Budeme data jednak potřebovat zpracovat do správné struktury a jednak je budeme potřebovat agregovat do různých časových úseků.

Pro jednodušší parsování csv souboru použijeme knihovnu *kotlin-csv* [22].

3.4 Výsledky

3.4.1 Obecné parametry

Parametry, které budeme zkoušet u všech indikátorů:

- **Interval dat**
 - Můžeme testovat od minutových intervalů, až po denní. Některé indikátory mohou lépe reagovat na krátkodobě změny, některé spíše na dlouhodobé
- **Ceny**
 - Z vybraných intervalů můžeme brát různé ceny (open, close, min, max, ..)

Jednotlivé indikátory pak mají své další specifické parametry, podle jejich výpočtu.

3.4.2 Výsledky podle indikátorů

U jednotlivých indikátorů budeme uvádět tyto parametry

- **Rok(y)** - rok nebo roky, na kterých jsme testovali
- **Konečný stav účtu** - jaké prostředky máme na konci testování
- **Délka *Tickeru*** - Po jak dlouhých intervalech byly *Tickery*
- **Délka klouzavého průměru** - Z kolika hodnot se počítá klouzavý průměr
- **Typ ceny** - otevírací (open) / zavírací (close) / maximální (max) / minimální (min)
- **Další specifické parametry** - Některé indikátory mají své další specifické parametry

Moving Average

U moving average jsme testovali dvě metody. Jednak protnutí hodnoty s cenou a taky protnutí klouzavého průměru za kratší a delší období. Parametry, které šly upravit, byly období, na kterém se průměr počítá a na jakých datech se počítá.

Protnutí s cenou

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$3 994	2h	13	close
2018	\$3 322	22h	2	close
2021	\$6 914	21h	2	close
2017 - 2021	\$4 137	2h	90	close

Vidíme, že ve všech letech jsme schopni najít konfigurace, které budou v plusu. Nejlepší nastavení v letech 2018 a 2021 jsou si velmi podobné, pravděpodobně proto, že se v obou letech jedná o *medvědí trh*. Za všechny 4 roky je výsledek podobný jako za rok jeden, tedy se nepodařilo najít univerzální konfigurace, která by fungovala napříč všemi lety.

Vzájemné protnutí

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka kratšího klouzavého průměru	Délka delšího klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$34 032	7h	2	4	close
2018	\$5 078	7h	2	4	close
2021	\$3 483	4h	24	96	close
2017-2021	\$181 045	8h	2	10	close

Roky 2017 a 2018 mají stejné nejlepší konfigurace. To je poměrně zajímavé, protože v roce 2017 byl silný *býčí trh* a v roce 2018 naopak *medvědí trh*. Mohlo by se tedy jednat o poměrně univerzální konfiguraci. V roce 2021 byly dost dlouhé průměry, reagovalo se tedy jen na dlouhodobé trendy a ignorovaly se krátké výkyvy. Za všechny 4 roky máme konfiguraci, která generuje velmi slušný zisk. Největší zisky proběhly v roce 2017 a ty se poté kumulativním efektem zvětšovaly.

Weighted Moving Average

U váženého klouzavého průměru jsme zkoušeli stejné metody jako u běžného klouzavého průměru a jdou u něj nastavit i stejné parametry.

Porovnání s cenou

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$3 559	3h	87	close
2018	\$3 342	22h	2	close
2021	\$10 042	3h	9	close
2017 - 2021	\$5 352	3h	106	close

Nejlepší konfiguraci jsme byli schopni najít pro rok 2021, kdy cena poměrně dost kolísala. U ostatních let jsme žádnou tak dobrou konfiguraci nenalezli a ani pro všechny 4 roky jsme nenašli žádnou univerzálně fungující konfiguraci.

Vzájemné protnutí

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka kratšího klouzavého průměru	Délka delšího klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$25 974	7h	2	4	close
2018	\$4 138	7h	2	8	close
2021	\$2 466	1h	14	70	close
2017-2021	\$224 895	5h	3	12	close

Zde nám vyšly podobné výsledky jako u klasického *Moving Average*. Konfigurace pro roky 2017 a 2018 jsou opět velmi podobné, což značí, že by se mohlo jednat o univerzální konfiguraci. Za všechny 4 roky máme opět velmi pěkný zisk, který je nejvíce podpořen rokem 2017 s tím, že dosažený zisk se poté opět kumulativně zvětšoval.

Hull Moving Average

Další variantou klouzavého průměru je Hull Moving Average, u kterého můžeme opět použít stejné metody a parametry jako u klasického klouzavého průměru.

Porovnání s cenou

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$7 493	8h	3	close
2018	\$4 137	2h	31	close
2021	\$4 215	3h	9	close
2017 - 2021	\$29 620	8h	3	close

Zde nám vyšly poměrně odlišné konfigurace od předchozích klouzavých průměrů. Rok 2017 a všechny 4 roky mají stejné konfigurace, pravděpodobně

se tedy vyplatí v prvním roce maximalizovat zisk a poté kumulativně zhodnocovat.

Vzájemné protnutí

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka kratšího klouzavého průměru	Délka delšího klouzavého průměru	Typ ceny
2017	\$23 892	15h	2	4	close
2018	\$7 094	15h	2	4	close
2021	\$2 848	1h	22	44	close
2017-2021	\$149 296	3h	10	20	close

Nejlepší konfigurace pro roky 2017 a 2018 jsou opět stejné, mohlo by se tedy jednat o univerzální konfiguraci. Za celé 4 roky je zisk opět poměrně pekný a je generován hlavně rokem 2017 a poté následnou kumulací.

RSI

U RSI je k nastavení více parametrů. Stejně jako u klouzavých průměrů můžeme vybírat na jakých datech a na jakém období se počítá a zároveň pod jakou a nad jakou hranici musí hodnota jít, aby došlo k nákupu nebo prodeji.

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Spodní hranice	Horní hranice	Typ ceny
2017	\$14 614	3h	2	36	95	close
2018	\$5 227	1h	2	36	60	close
2021	\$4 129	16h	2	1	90	close
2017-2021	\$153 227	1h	2	31	95	close

Vidíme, že v roce 2017 se preferovaly longové pozice, spodní hranice byla na 36. Naopak pro short byla hranice až na 95. To je poměrně očekávatelné

chování, když se jednalo o *býčí trh*. V roce 2018 se obchodovalo více. Horní hranice se posunula na 60, takže docházelo dříve a častěji k shortování, což je u *medvědí trh* očekávatelné. V roce 2021 se obchodovalo velmi málo, spodní hranice byla až na 1 a horní na 90. Trh byl pravděpodobně dost nepředvídatelný a tedy se obchodovalo až když indikátor ukazoval velkou jistotu. Za celé 4 roky vypadá nejlepší konfigurace jako kompromis mezi těmi z předchozích let, ale byly preferované spíše longové pozice, spodní hranice byla 31.

Stochastic Oscillator

U stochastického oscilátoru můžeme nastavovat stejné parametry jako u RSI indikátoru.

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Spodní hranice	Horní hranice	Typ ceny
2017	\$4 967	3h	2	36	95	close
2018	\$10 928	4h	2	11	75	close
2021	\$4 767	19h	2	16	95	close
2017-2021	\$10 594	7h	2	31	95	close

Vidíme, že v roce 2017 se preferovaly longové pozice, spodní hranice byla na 36. Naopak pro short byla hranice až na 95. To je poměrně očekávatelné chování, když se jednalo o *býčí trh*. V roce 2018 se preferovaly shortové pozice, horní hranice byla 75, naopak spodní byla 11. To je opět poměrně očekávatelné, když se jednalo o *medvědí trh*. V roce 2021 bylo oproti RSI o něco více nákupů, stochastický oscilátor by tedy mohl být o něco spolehlivější než RSI v momentech, kdy trh hodně kolísá. Za celé 4 roky se opět preferovaly spíše longové pozice. Oproti RSI nebyl zisk tak velký, pravděpodobně proto, že v prvním roce 2017 nebyl zisk tak velký a tedy se tolik nekomuloval.

Bollinger bands

U *Bollinger bands* můžeme, stejně jako u ostatních indikátorů, nastavovat data a období na kterém se indikátor počítá. Navíc můžeme ještě nastavit hodnotu multiplikátoru.

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Délka klouzavého průměru	Multiplikátor	Typ ceny
2017	\$1 950	15h	47	17	close
2018	\$4 295	18h	6	19	close
2021	\$1 623	9h	71	18	close
2017-2021	\$2 452	16h	62	16	close

Vidíme, že ve srovnání s ostatními indikátory negenerují bollinger bands takové zisky. Pro všechny roky je multiplikátor podobný a poměrně vysoký. Musí tedy dojít k velkému výkyvu ceny, aby se začalo obchodovat. Univerzálně indikátor pravděpodobně není moc spolehlivý.

Parabolic SAR

U *Parabolic SARu* můžeme nastavit pouze data, na kterých se bude indikátor počítat.

Rok(y)	Konečný stav účtu	Délka Tickeru	Typ ceny
2017	\$4 612	2h	close
2018	\$2 402	18h	close
2021	\$1 899	26h	close
2017-2021	\$18 726	4h	close

Vidíme, že pro jednotlivé roky nejsou zisky až tak velké oproti ostatním indikátorům. Za celé 4 roky je výsledek poměrně rozumný. Nejlepší konfigurace je podobná té z roku 2017, kde si vygeneruje nejvyšší zisk, který pak zhodnocuje v následujících letech.

3.4.3 Shrnutí výsledků

Vyzkoušíme, jak je předpověď jednotlivých indikátorů přesná a jak často indikátory obchodují. Pro každý indikátor budeme měřit procentuální úspěšnost obchodů, což je procento obchodů, které skončili ziskem. Pro všechny varianty klouzavého průměru budeme brát v potaz pouze varianty s vzájemného protnutí (cross), protože vykazovaly řádově lepší výsledky než přímé protnutí s cenou.

Srovnání úspěšnosti obchodů

Indikátor	Konečný stav účtu	Počet obchodů	Procentuální úspěšnost obchodů
Moving average (cross)	\$181 045	625	36,48%
Weighted moving average (cross)	\$224 895	989	34,07%
Hull moving average (cross)	\$149 296	1728	42,65%
RSI	\$153 227	6697	66,76%
Stochastický oscilátor	\$10 594	414	60,15%
Bollinger bands	\$2 452	362	41,26%
Parabolic SAR	\$18 726	632	44,46%

Vidíme, že klouzavé průměry nejsou příliš úspěšné v předpovědích, přesto mají velké zisky. To znamená, že výdělečné obchody mají výrazně větší zisk než prodělečné obchody ztrátu. Všechny klouzavé průměry vydělají nejvíc v roce 2017, kdy cena nejvíce rostla, a poté zhodnocují vydělané prostředky.

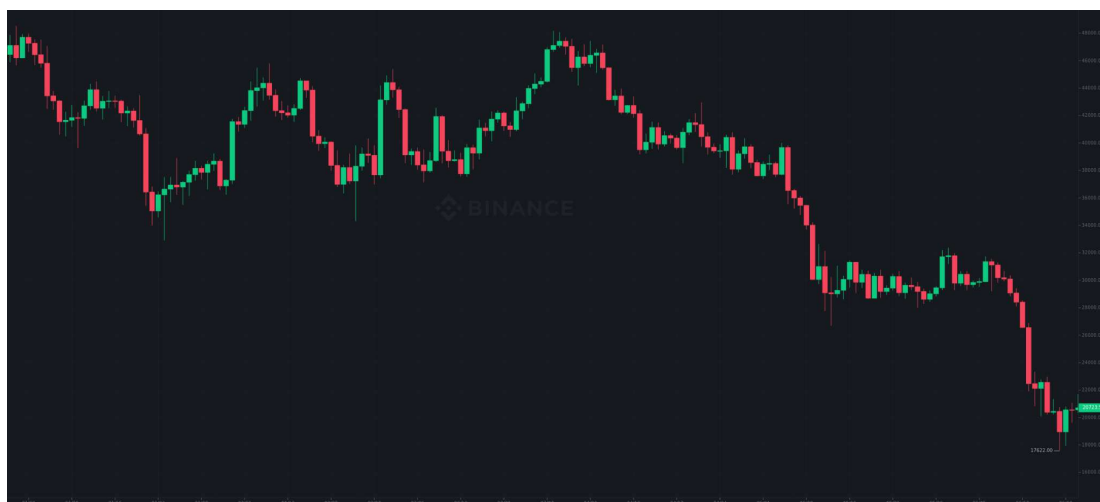
RSI i stochastický oscilátor mají poměrně velkou úspěšnost v předpovědích. RSI má daleko více obchodů než stochastický oscilátor a proto má i výrazně větší zisk.

Bollinger bands není příliš úspěšný v předpovídání, ani v ziskovosti. Udělá poměrně málo obchodů a zdá se, že není univerzálně moc použitelný.

Parabolický SAR má podobné počty obchodů i úspěšnost jako klouzavé průměry. Zisk je ovšem řádově horší, pravděpodobně proto, že v prvním roce 2017 příliš nefungoval a tedy nemohl využít kumulativního efektu.

3.4.4 Validace 2022

Zkusíme nastavení indikátorů, která nám vycházely dobře na historických datech uplatnit i na data z první poloviny roku 2022, konkrétně od 1.1.2022 do 18.6.2022.



Obrázek 10. Vývoj ceny Bitcoinu v první polovině roku 2022

Zdroj: <https://binance.com>

Jak vidíme z grafu na Obrázku č. 10, tak cena ze začátku roku spíše stagnovala a v průběhu druhé čtvrtiny roku začala poměrně strmě padat. Jedná se tedy o půlrok *medvědího trhu*. Zkusíme na něj použít jak konfigurace, které dopadly nejlépe pro celé námi testované období, tak konfigurace, které dopadly nejlépe v roce 2018, kdy se jednalo také o *medvědí trh*.

Konfigurace pro 2018

Indikátor	Konečný stav účtu	Počet obchodů	Procentuální úspěšnost obchodů
Moving Average (cross)	\$1 098	146	40,41%
Weighted Moving Average (cross)	\$936	99	30,30%
Hull Moving Average (cross)	\$1 073	139	41,00%
RSI	\$406	1228	65,55%
Stochastický oscilátor	\$640	311	62,70%
Bollinger bands	\$433	1	0%
Parabolický SAR	\$612	18	38,89%

Vidíme, že procentuální úspěšnosti zůstaly podobně jako za 4 roky na kterých jsme identifikátory trénovali. Jediné indikátory, které generují zisk jsou varianty klouzavých průměrů. Zdá se tedy, že nejlepší konfigurace pro rok 2018 nejsou úplně univerzálně použitelné na jakékoli období *medvědího trhu*.

Konfigurace pro 2017-2021

Indikátor	Konečný stav účtu	Počet obchodů	Procentuální úspěšnost obchodů
Moving Average (cross)	\$259	62	30,65%
Weighted Moving Average (cross)	\$1 214	93	30,10%
Hull Moving Average (cross)	\$1 455	154	46,75%
RSI	\$403	892	64,57%
Stochastický oscilátor	\$389	22	31,81%
Bollinger bands	\$540	1	0%
Parabolický SAR	\$418	71	30,99%

Procentuální úspěšnost se opět udržela podobně jako za celé 4 roky, až na stochastický oscilátor, který se propadl cca o polovinu. Pravděpodobně proto, že byl nastavený spíše na longové pozice a rok 2022 byl spíše *medvědí trh*.

K velkému propadu v zisku došlo u klasického klouzavého průměru, oproti tomu vylepšené verze *Weighted* a *hull* se udrželi v poměrně zajímavém zisku. *Hull Moving Average* dokonce i zlepšil procentuální úspěšnost o několik procentních bodů. Zdá se tedy, že je z námi testovaných indikátorů nejrobustnější a natrénované konfigurace jsou nejvíce univerzální.

U ostatních indikátorů se nepodařilo najít příliš univerzální konfigurace, které by fungovaly jak v období růstu tak pádu.

3.4.5 Porovnání se souvisejícími pracemi

První zmiňovaná související práce [12], zabývající se krátkodobým obchodováním, byla testována na datech z roku 2019. Úspěšnost predikce byla lehce přes 50%. Před započtením poplatků byla měsíční návratnost až

139%, ovšem se započítáním burzovních poplatků už byla strategie v mínusu.

Pokud použijeme náš nejúspěšnější indikátor *Hull moving average*, natrénovaný na letech 2017-2018, tak má v roce 2019 procentuální úspěšnost obchodů 41% a konečný stav účtu je \$1 410, čili návratnost 141%.

Druhá zmiňovaná související práce [13], používající o něco dlouhodobější obchodování, byla testována na datech z roku 2018. Úspěšnost predikce modelů pro Bitcoin byla 49-58%. Návratnost nejlepšího modelu bez poplatků byla 110,6% a s poplatky 0,5% byla návratnost pouze 101,247%.

Natrénovaný *Hull moving average* z roku 2017, použitý na datech z roku 2018 má procentuální úspěšnost obchodů 43% a konečný stav účtu \$7 094, čili návratnost 709%.

Zdá se tedy, že předvídání vývoje ceny kryptoměn pomocí strojového učení má své limity a technické indikátory mohou být úspěšnější.

3.4.6 Kombinace indikátorů

Vidíme, že nejlépe si vedly indikátory klouzavého průměru, váženého klouzavého průměru a hull klouzavý průměr. Vezmeme je tedy jako základní rozhodovací pravidlo pro nákup / prodej. U prodejů, které nevedly k zisku zkusíme porovnat s hodnotami dalších indikátorů, jestli by některé z nich nevydařenému nákupu nemohly zabránit. Zároveň ale musíme dát pozor, aby nám nezkazily i nákupy povedené, a celkový výsledek naopak nezhoršily. Zkusíme porovnat i s indikátorem *Volume*, který jsme zatím přímo netestovali.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	Timestamp	Side	Volume	Price	Profit	Budget	MA short	MA long	WMA short	WMA long	HMA short	HMA long	RSI	Stochastic Oscill SAR	SAR trend	chng	Colling band	upper band	lower band
1	148360360000	SELL	1.042774615	958.98	0	1000	1088.58	1110.77	1104.56	1073.22	1125.53	1129.87	0	50.98887535	1011.445992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
2	148360360000	SELL	1.042774615	1007	0	949.825963	900.56	988.6233333	893.86	900.08	883.46	906.37	0	18.68465649	616.319992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
3	148360360000	BUY	1.034440043	917.84	0	949.825963	927.7	920.8	923.8	900.74	926.58	890.57	39.91462113	32.01127441	907.0319184	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
4	148360360000	BUY	1.034440043	910.06	0	942.4989782	900.56	988.6233333	893.86	900.08	883.46	906.37	0	18.68465649	616.319992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
5	148360360000	SELL	1.033823243	910.06	0	942.4989782	900.56	988.6233333	893.86	900.08	883.46	906.37	0	18.68465649	616.319992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
6	148360360000	BUY	1.033823243	900.47	0	953.034589	900.56	988.6233333	893.86	900.08	883.46	906.37	0	18.68465649	616.319992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
7	148360360000	BUY	1.056795182	900.47	0	953.034589	900.56	988.6233333	893.86	900.08	883.46	906.37	0	18.68465649	616.319992	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
8	148400460000	BUY	1.056795182	893.9	0	946.0912146	896.48	895.18	896.59	899.34	895.47	889.49	82.07885305	50.94594595	823.9263603	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
9	148400460000	SELL	1.05626795	893.9	0	946.0912146	896.48	895.18	896.59	899.34	895.47	889.49	82.07885305	50.94594595	823.9263603	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
10	148400460000	BUY	1.05626795	911.72	0	927.2865409	904.97	906.0033333	904.54	899.82	905.56	904.54	0	80.87264574	834.2431998	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
11	148400460000	BUY	1.014468006	911.72	0	927.2865409	904.97	906.0033333	904.54	899.82	905.56	904.54	0	80.87264574	834.2431998	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
12	148400460000	BUY	1.014468006	811.96	0	826.0651328	868	893.9233333	908.82	902.95	909.01	67.98029557	31.33514088	837.4134491	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127	
13	148412160000	SELL	1.013961572	811.96	0	826.0651328	868	893.9233333	908.82	902.95	909.01	67.98029557	31.33514088	837.4134491	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127	
14	148432060000	SELL	1.013961572	821.14	0	816.7590555	827.07	815.1133333	828.23	805.77	821.68	809	44.25339367	86.63895951	831.7094577	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
15	148432060000	BUY	0.990794987	821.14	0	816.7590555	827.07	815.1133333	828.23	805.77	821.68	809	44.25339367	86.63895951	831.7094577	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
16	148466860000	BUY	0.990794987	904.99	0	899.8309026	886.66	875.3233333	877.72	846.37	893.39	873.24	48.94157494	78.49997974	805.4081517	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
17	148466860000	SELL	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
18	148466860000	SELL	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
19	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
20	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
21	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
22	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
23	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
24	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
25	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
26	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
27	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
28	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
29	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
30	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
31	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
32	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
33	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
34	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
35	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
36	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
37	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
38	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
39	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
40	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
41	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
42	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
43	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
44	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
45	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21	919.17	917.41	3.136396791	0	920.688875	FALSE	934.8035484	-259.4941728	2129.10127
46	148466860000	BUY	0.9781718975	916.21	0	899.8309026	921.36	918.52	910.03	916.21									

Vidíme, že u *Moving average* a *weighted moving average* tato kombinace pomohla, v prvním případě je vylepšení téměř dvojnásobné, u druhého skoro třetinové. Naopak u *hull moving average* došlo k mírnému zhoršení.

Zdá se tedy, že kombinace indikátorů vede k jejich vzájemné korekci a tedy přesnější předpovědi a následně většímu zisku.

4. Implementace

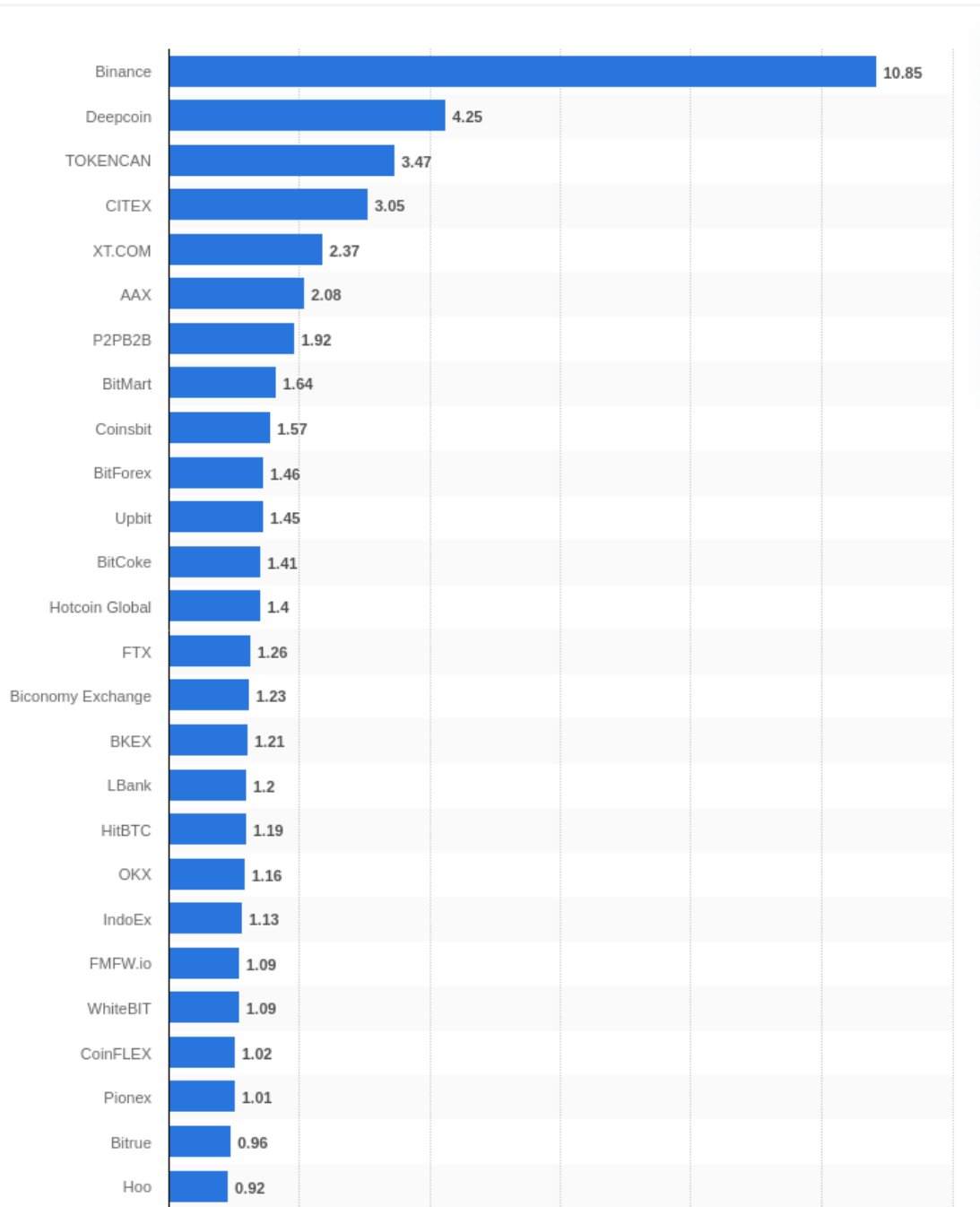
Výslednou kombinaci indikátorů chceme použít a implementovat do reálného bota, který bude obchodovat v reálném čase na veřejné burze.

4.1 Analýza

4.1.1 Burza

V dnešní době už existuje celá řada krypto burz. Pro nás budou nejdůležitější tyto faktory:

- Mají programovatelné API, přes které se dá strojově obchodovat
- Mají velký objem transakcí, aby byla dostatečná likvidita pro obchodování
- Chceme, aby měli co nejnižší poplatky
- Budeme preferovat zavedenou burzu, kde je větší jistota, že ze dne na den neskončí
- Listované coins nás až tolik nezajímají, chceme obchodovat s Bitcoinem a ten je prakticky na všech burzách



Obrázek 12. 24 hodinový objem na burzách v miliardách dolarů - 2022

Zdroj: <https://www.statista.com/statistics/864738/>

Jak vidíme z obrázku, tak zdaleka největší denní objem transakcí je na Binance. Ze srovnání burz v sekci 2.2.4 vychází, co se týče poplatků, Binance taky jako jedna z nejlepších. Binance API [23] je pro naše účely dostatečné a dost přehledně popsán.

K obchodování použijeme tedy Binance. Většina burz má API podobné, takže v případě potřeby nebude velký problém začít používat jinou burzu nebo třeba nechat běžet více instancí na různých burzách.

4.1.2 Technologie

Před tím než vybereme konkrétní technologie si pojdme projít, jak bude celý systém fungovat a jaké na něj budou požadavky. V principu bude bot fungovat následovně:

1. Průběžně bude dostávat aktuální data o měně,
2. data předá indikátorům, která vypočítají svou hodnotu,
3. z hodnot indikátorů rozhodneme, jestli chceme obchodovat,
4. pošleme obchodovací požadavky burze.

Z požadovaného fungování plyne několik požadavků na technologie.

- Danou technologii musí podporovat burza, tak abychom s ní mohli komunikovat,
- měla by být rozumně rychlá, aby se stihly vypočítat hodnoty indikátorů,
- měla by být dostatečně robustní a měla by být schopna bez problémů běžet dlouhý čas, aby se nám program nevypnul uprostřed obchodu

Binance API je k dispozici ve velké většině moderních programovacích jazyků, od Javy, přes Python, Go, až po Javascript nebo PHP.

Jelikož jsme se už u testovacího programu rozhodli pro Javu, respektive Kotlin, zůstaneme u něj i v případě samotného bota. Binance Javu podporuje, pro naše účely je dostatečně rychlá a nabízí celou řadu knihoven, které nám ulehčí práci.

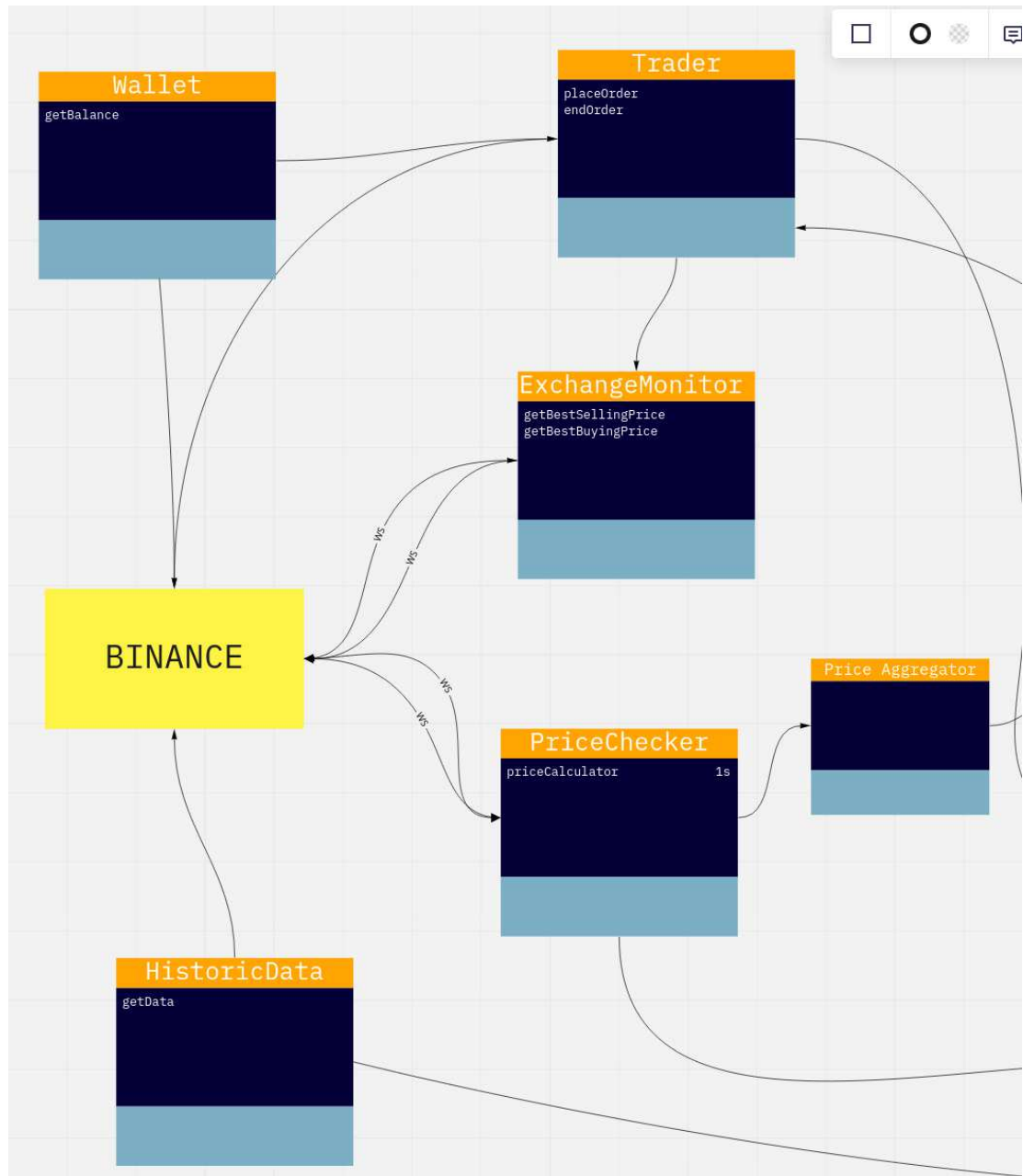
Implementace indikátorů použijeme z testeru. Pro komunikaci s Binance použijeme knihovnu `binance-java-api` [24] a `Binance_Futures-Java` [25].

4.2 Architektura

První důležitou komponentou bude komunikace s API burzy. S burzou budeme potřebovat komunikovat hned v několika případech:

1. Při startu bota budeme chtít stáhnout nejnovější historická data, z kterých začnou indikátory počítat. K tomu budeme mít třídu *HistoricData*, která bude mít metodu *getData*, s parametry pro interval dat a jejich období. Ta se zavolá vždy jednou pro každý indikátoru při startu bota.
2. Další informaci, kterou budeme potřebovat ještě před samotným startem bota je stav našeho konta. Tuto funkcionalitu bude zajišťovat třída *Wallet*. Bude mít metodu *getBalance*, která vrátí aktuální stav účtu. Budeme ji volat jak při startu bota, tak po každém obchodě, abychom vždy měli aktuální stav konta.
3. Aby indikátory mohly správně posuzovat, jestli se má zrovna nakupovat nebo prodávat, budou potřebovat aktuální cenu a další informace o kryptoměně. Pro nejaktuálnější informování o proběhnutých obchodech na burze nabízí Binance websocket API, které v reálném čase zasílá záznamy o právě uskutečněných transakcích. Tyto transakce budeme zaznamenávat a každou vteřinu z nich vytvoříme *Ticker* (viz kapitola 2.2). Třída, která se bude o tento sběr dat starat se bude jmenovat *PriceChecker*. Takto vytvořené *Tickery* bude dál předávat třídě *PriceAggregator*, která bude data agregovat do intervalů, které pak budou používat jednotlivé indikátory.
4. Abychom vždy prodávali a nakupovali za co nejlepší cenu, budeme mít třídu *ExchangeMonitor*, která opět pomocí *websockets* bude držet informace o otevřených nabídkách na burze a podle nich bude počítat nejlepší možnou cenu nákupu nebo prodeje tak, aby se kryptoměna vždy koupila nebo prodala. Bude mít dvě funkce *getBestBuyingPrice* a *getBestSellingPrice*

5. Poslední, a velmi důležitou, komponentou bude třída *Trader*. Jak už plyne z názvu, bude starat o samotné obchodování. Bude mít funkci pro vytvoření nabídky - *placeOrder* a pro její ukončení - *endOrder*.

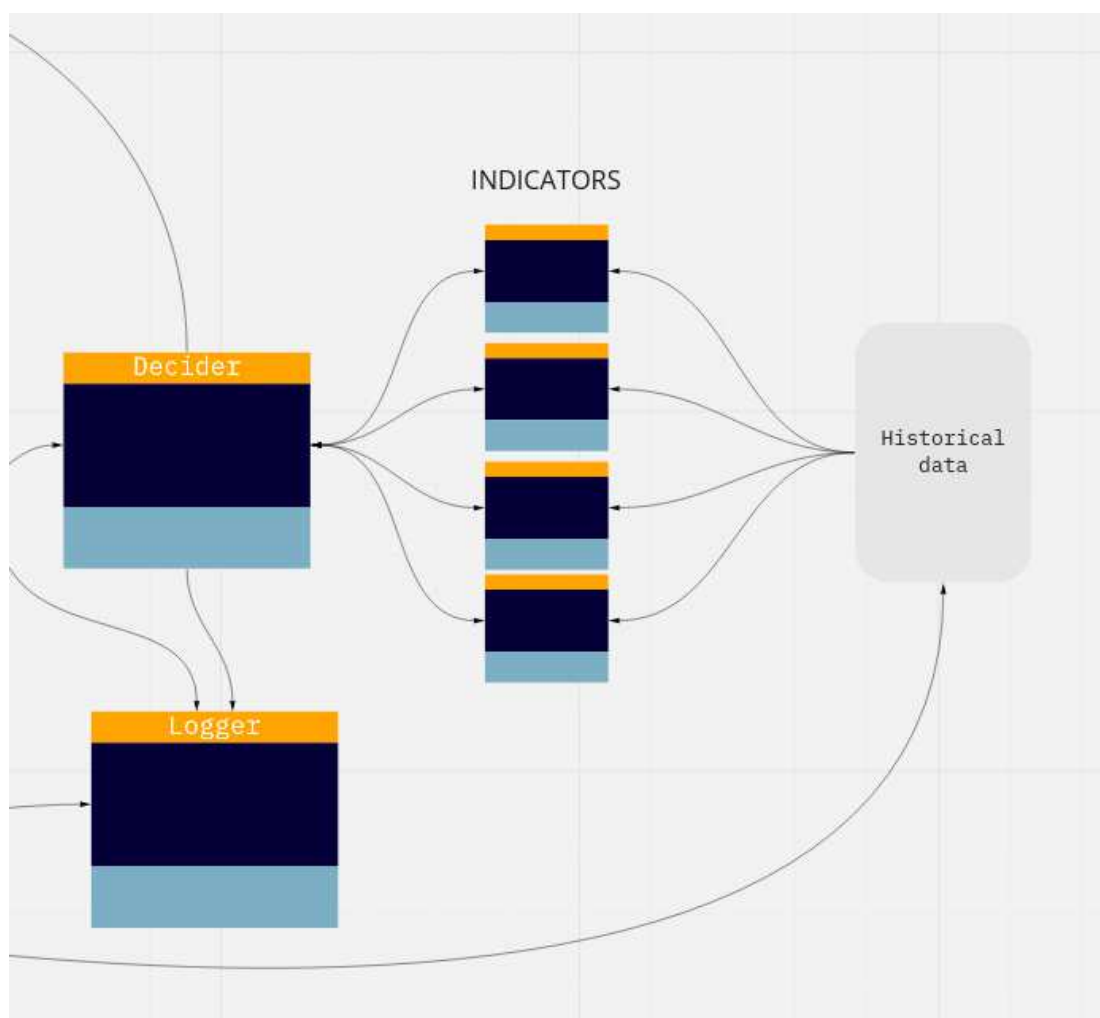


Obrázek 10. Komponenty komunikující s Binance
Vytvořeno v <https://miro.com/>

Když dostaneme data z burzy, můžeme je předat indikátorům, které budou počítat své hodnoty, podle kterých pak rozhodneme, jestli budeme nakupovat nebo prodávat.

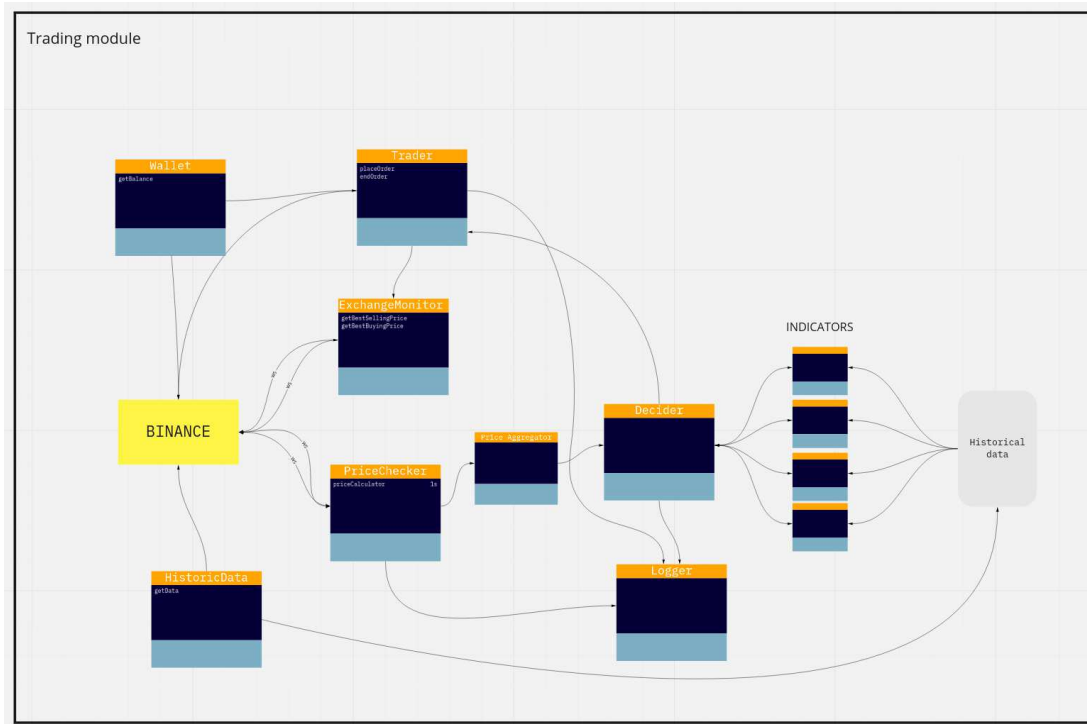
Budeme mít třídu *Indicator*, která má za úkol počítat hodnotu daného indikátoru. Při inicializaci dostane historická data a parametry, podle kterých má počítat. Poté bude mít funkci *priceChange*, kde dostane aktuální data o měně a vrátí svou aktuální hodnotu. Poté bude mít ještě funkci *getAll*, kde vrátí všechny své historické hodnoty, které má uložené.

Výstupy z indikátoru bude vyhodnocovat třída *Decider*, která bude držet seznam indikátorů. Budou jí chodit agregovaná data, která bude dále předávat indikátorům. Indikátory jí vrátí svou hodnotu a třída rozhodne, jestli se má nakupovat nebo prodávat. Pokud má dojít k obchodu nebo ukončení pozice, zavolá třídu *Trader*, která uskuteční daný obchod na burze.



Obrázek 13. Komponenty rozhodující o obchodování
Vytvořeno v <https://miro.com>

Veškeré rozhodnutí a realizace nákupů budeme chtít logovat, tak abychom mohli řešit případné chyby nebo na základě nově získaných dat bota dále vylepšovat. O logování se bude starat třída *Logger*.



Obrázek 14. Kompletní architektura
Vytvořeno v <https://miro.com>

5. Závěr

5.1 Zhodnocení výsledků

Vyzkoušeli jsme zaběhlé indikátory z burzovních akciových trhů na historická data Bitcoinu a snažili se najít jejich vhodné konfigurace a kombinace, které vygenerují největší zisk. Ukázalo se, že indikátory mohou fungovat i na trhu s kryptoměnami. Za roky 2017 - 2021 se nám podařilo dosáhnout návratnosti v řádu několika tisíc procent. I když největší výdělek byl v roce 2017, který je specifický raketovým růstem ceny Bitcoinu (a už se pravděpodobně nebude opakovat), i v ostatních letech jsme byli schopni dosáhnout 2-6 násobného zhodnocení.

Baseline metodu HODL, tedy pouhé držení Bitcoinu jsme překonali zhruba šestkrát. Jelikož jsme schopni být každý rok v zisku, šlo by používat obchodování na páku a výdělek ještě znásobit.

Během *medvědího trhu*, tedy období kdy cena klesá, jsme schopni vydělávat i na jejím poklesu pomocí shortování. Úplně univerzální konfiguraci, která funguje i pro další roky se nám podařilo najít pouze u *Hull moving average*, ostatní indikátory úplně univerzálně nefungovaly.

Běžné investiční fondy se podařilo překonat několikanásobně.

Bohužel se nám nepodařilo najít mnoho doplňujících se indikátorů a většina z nich pracuje lépe samostatně.

5.2 Možná vylepšení

Prvním vylepšením, které se nabízí je zkusit implementovat další indikátory, třeba zkusit některé netechnické, pomocí sledování zmínek na sociálních sítích, sledováním hashrate a podobně.

Dalším místem, kde by mohla být možnost zisk ještě vylepšit je implementovat nějakou sofistikovanější strategii prodeje. My jsme ukončovali pozici ve chvíli kdy se otočil trend indikátoru. To už ale může být pozdě a

výhodnější by pravděpodobně bylo z pozice vystoupit o něco dřív. Toho by se mohlo dát dosáhnout třeba postupným odprodejem.

Vzhledem k tomu, že nejúspěšnější indikátory klouzavého průměru měly úspěšnost obchodů kolem 30-40%, mohlo by výrazně pomoci vhodné nastavení stop-lossů. Prodělečné obchody, kterých je většina, by tak mohly prodělat jen omezené množství prostředků. Stop-lossy je ovšem potřeba nastavovat obezřetně, protože se může stát, že cena chvilkově zamíří opačným směrem, ale ve finále se na obchodu vydělá.

6. Seznam použité literatury

[1] Bitcoin. Open source P2P money [online]. c2022

[citováno 06. 05. 2022]. Dostupný z WWW: <https://bitcoin.org/en/>

[2] Wikipedia. History of Bitcoin [online]. c2022 [citováno 07. 05. 2022]

Dostupný z WWW: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_bitcoin

[3] Ethereum. [online]. c2022 [citováno 07. 05. 2022]. Dostupný z WWW:

<https://ethereum.org/en/>

[4] František Mühlfeit. NFT přehledně: Kde koupit a jak vytvořit token, jenž hýbe kryptosvěttem [online]. c2022 [citováno 07. 05. 2022]. Dostupný z WWW:

<https://www.e15.cz/kryptomeny/nft-prehledne-kde-koupit-a-jak-vytvorit-token-jenz-hybe-kryptosvetem-1383564>

[5] Binance. Trading fees [online]. c2022 [citováno 18. 06. 2022]. Dostupný z

WWW: <https://www.binance.com/en/fee/schedule>

[6] Coinbase. Coinbase Commerce fees [online]. c2022 [citováno 18. 06. 2022]. Dostupný z WWW:

<https://help.coinbase.com/en/commerce/getting-started/fees>

[7] Crypto.com. Fees & limits [online]. c2022 [citováno 18. 06. 2022].

Dostupný z WWW: <https://crypto.com/exchange/document/fees-limits>

[8] Kraken. Fee Schedule [online]. c2022 [citováno 18. 06. 2022]. Dostupný z

WWW: <https://www.kraken.com/features/fee-schedule>

[9] Gate.io. Gate.io AMA : Trading Fee Explanation [online]. c2022 [citováno

18. 06. 2022]. Dostupný z WWW: https://www.gate.io/zh-tw/blog_detail/283

- [10] Joe Hernandez. Npr [online]. c2022 [citováno 27. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.npr.org/2021/09/07/1034838909/bitcoin-el-salvador-legal-tender-official-currency-cryptocurrency>
- [11] Rani Molla. Vox [online]. c2022 [citováno 27. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.vox.com/recode/2021/5/18/22441831/elon-musk-bitcoin-dogecoin-crypto-prices-tesla>
- [12] Patrick Jaquart, David Dann, Christof Weinhardt. Short-term bitcoin market prediction via machine learning [online]. c2022 [citováno 07. 05. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405918821000027#bib5>)
- [13] Helder Sebastiao, Pedro Godinho. Forecasting and trading cryptocurrencies with machine learning under changing market conditions [online]. c2022 [citováno 07. 05. 2022]. Dostupný z WWW: <https://jfin-swufe.springeropen.com/articles/10.1186/s40854-020-00217-x>
- [14] Wikipedia. Market trend [online]. c2022 [citováno 20. 06. 2022]. Dostupný z WWW: https://en.wikipedia.org/wiki/Market_trend#Bull_market
- [15] měšec. Měšec [online]. c2022 [citováno 28. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.mesec.cz/produkty/sporici-ucty/>
- [16] Google. Google Finance [online]. c2022 [citováno 28. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.google.com/finance/quote/.INX:INDEXSP>
- [17] Python. Welcome to Python [online]. c2022 [citováno 21. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.python.org/>

- [18] Oracle. Java [online]. c2022 [citováno 21. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.java.com/en/>
- [19] Jet Brains. Kotlin Programming Language [online]. c2022 [citováno 21. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://kotlinlang.org/>
- [20] Red Hat. Red Hat [online]. c2022 [citováno 28. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.redhat.com/en/topics/api/what-is-a-rest-api>
- [21] Apache. Commons-math: Miscellaneous math-related utilities [online]. c2022 [citováno 26. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://github.com/apache/commons-math>
- [22] kenta.koyama. Kotlin-csv: Pure Kotlin CSV Reader/Writer [online]. c2022 [citováno 26. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://github.com/doyaaaaaken/kotlin-csv>
- [23] Binance. Binance API [online]. c2022 [citováno 21. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://www.binance.com/en/binance-api>
- [24] binance-exchange. Binance-java-api [online]. c2022 [citováno 26. 06. 2022]. Dostupný z WWW: <https://github.com/binance-exchange/binance-java-api>
- [25] Binance-docs. Binance_Futures_Java [online]. c2022 [citováno 26. 06. 2022]. Dostupný z WWW: https://github.com/Binance-docs/Binance_Futures_Jav

7. Přílohy

7.1 Dokumentace testeru

Pro otestování vlastního rozhodovače je třeba implementovat rozhraní *Decider*.

```
interface Decider {  
    /**  
     * Notifies when new price is known  
     * @param ticker current ticker  
     * @param trader trader for placing orders  
     */  
    fun priceChange(ticker: Ticker, trader: Trader)  
}
```

V závislosti na zvolených datech dostává rozhodovač *ticker*, který obsahuje data o aktuálním stavu kryptoměny a *trader*, na kterém může rozhodovač volat metody pro obchodování.

Struktura *Tickeru* je následující:

```
data class Ticker(val open: BigDecimal,  
                 val low: BigDecimal,  
                 val high: BigDecimal,  
                 val close: BigDecimal,  
                 val volume: BigDecimal,  
                 val trades: Int,  
                 val timestamp: Long)
```

Rozhraní *Traderu* vypadá takto:

```
interface Trader {  
    fun longCoin()  
    fun shortCoin()  
    fun endPosition(position: Position)  
}
```

Rozhodovač si nemusí pamatovat, v jaké je zrovna pozici, pokud ale vyhodnotí, že by se měl ukončit např. Longová pozice, zavolá funkci *endPosition(Position.LONG)*. Pokud aktuálně není v long pozici, nic se neděje, pozice se ukončí pouze pokud je longová.

Samotný tester se pak vytváří pomocí *builder* paternu následovně:

```
val tester = Tester.Builder()
    .data(prices)
    .decider(MyDecider())
)
    .logFile("logFile.csv")
    .longStrategy(1.1, 0.95)
    .shortStrategy(0.9, 1.05)
    .fee(0.999)
    .build()
```

- Data jsou přijímána ve formátu *List<Ticker>*,
- *MyDecider* je rozhodovač, který chceme otestovat,
- *logFile* je název souboru, do kterého se zapíše provedené obchody,
- *longStrategy* je volitelná hodnota, která může automaticky ukončit obchod, pokud dosáhne kýženého profitu nebo naopak cena spadne pod hodnotu stop-lossu. Hodnota 1.1 znamená, že se hodnota vyšplhá na hodnotu větší než 1.1 od nákupní, tedy profit překročí 10%. Naopak hodnota 0.95 ukončí na stop-lossu, pokud cena spadne o 5%. Obdobně u shortovací pozice, akorát s tím rozdílem, že tam očekáváme, že cena spadne,
- *fee* nastavuje hodnotu, která zbyde po uzavřeném obchodu - hodnota 0.999 tedy znamená, že se odečte 0,1%.

Samotný test pak spustíme příkazem:

```
val profit = tester.test()
```

Vrátí se nám výsledná částka. Každý test začíná s 1000 USDT.

Součástí testovače je ještě třída *DataReader*, která umí parsovat a agregovat data z csv souborů. Formát vstupních souborů se používá stejný jako je k dispozici na Binance:

```
/**
 * BINANCE data structure
```

```
* 149904000000, // Open time
* "0.01634790", // Open
* "0.80000000", // High
* "0.01575800", // Low
* "0.01577100", // Close
* "148976.11427815", // Volume
* 1499644799999, // Close time
*/
```

Tedy:

1. Otevírací čas ve formátu unix timestamp
2. Otevírací cena
3. Nejvyšší cena
4. Nejnižší cena
5. Uzavírací cena
6. Objem
7. Uzavírací čas ve formátu unix timestamp

DataReaderu při inicializaci dáme název souboru, ze kterého má data číst:

```
DataReader("data/BTCUSDT/btc-21.csv")
```

Poté máme dva druhy funkcí a dat, které nám může vrátet:

```
fun getMinutelyTickers(hours: Int) : List<Ticker>
fun getHourlyTickers(hours: Int) : List<Ticker>
fun getDailyTickers(days: Int) : List<Ticker>
```

Tyto funkce vrací list tickerů pro dané období. Pokud chceme například 4 hodinová data, zavoláme *getHourlyTickers(4)*.

```
fun getMinutelyData(dataPrice: DataPrice, minutes: Int) :
List<BigDecimal>
fun getHourlyData(dataPrice: DataPrice, minutes: Int) :
List<BigDecimal>
fun getDailyData(dataPrice: DataPrice, minutes: Int) :
List<BigDecimal>
```

Obdobné funkce můžeme volat pouze pro jednotlivé parametry *tickeru*. Pokud chceme například uzavírací cenu každou půl hodinu, zavoláme `getMinutelyData(DataPrice.CLOSE, 30)`.

7.2 Dokumentace bota

Bota spustíme následujícími příkazy:

```
val tickers =  
HistoricalDataDownloader.getLastHistoricCandlestick("BTCUSDT",  
CandlestickInterval.EIGHT_HOURLY, 20)  
val priceChecker = PriceChecker(Currency.BTC)  
val priceAggregator = PriceAggregator(Currency.BTC)  
priceChecker.addListener(priceAggregator)  
val decider = DeciderImpl(tickers, priceAggregator)
```

HistoricalDataDownloader nám stáhne potřebné údaje pro inicializaci indikátorů. V tomto případě načítáme údaje pro dvojici kryptoměn BTC - USDT, zajímají nás 8 hodinová data a chceme posledních 20 záznamů.

PriceChecker se stará o hlídání aktuální ceny z burzy. Můžeme si vybrat, jaká kryptoměna nás zajímá, v tomto případě je to Bitcoin.

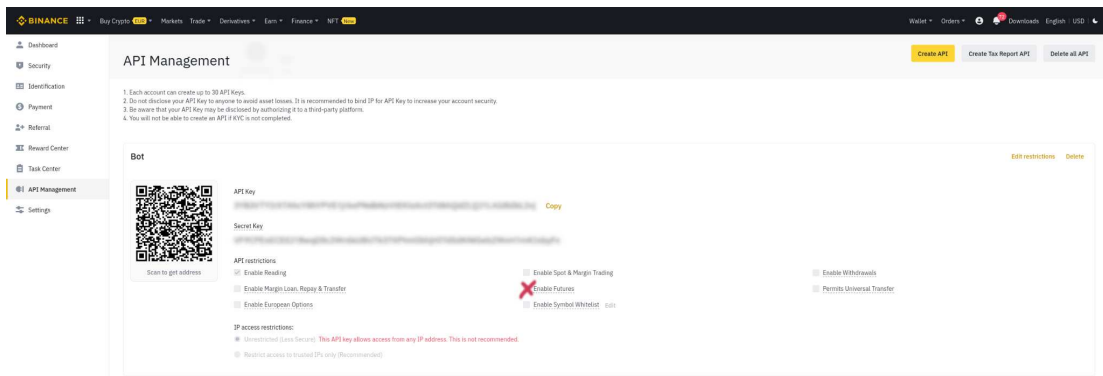
PriceAggregator, agreguje data přicházející z *PriceCheckeru*. Musíme ho nastavit jako listener pro *PriceChecker*.

DeciderImpl implementuje samotnou rozhodovací logiku bota. Předáme mu historická data a *PriceAggregator*, od kterého bude dostávat data které potřebují indikátory.

V souboru *Config.kt* je potřeba nastavit přístupové údaje pro Binance účet:

```
val BinanceAPIKey = "xxx"  
val BinanceSecretKey = "xxx"
```

API klíče získáme v nastavení Binance, v sekci API Management, v pravo nahoře klikneme na tlačítko Create API. Poté zaškrtneme Enable Futures, aby mohl bot obchodovat jak v *long* pozici, tak *short* pozici. Pak už jen zkopírujeme API key a Secret key.



Obrázek 15. Binance - nastavení API klíče

Zdroj: <https://www.binance.com/en/my/settings/api-management>

Nastavení Binance, vytvoření API key

Bot automaticky loguje do souboru *logs/den-měsíc-rok-kryptobot.log*. Tedy na každý den bude vytvořen nový log.

Pokud chceme konzervativnější strategii, pak lze ve třídě *BinanceOrder*, nastavit stop-loss pro *long* i *short* pozice.

Celý projekt se sestavuje pomocí *Gradle*.

- `gradle build` - příkaz pro sbudnění projektu
- `gradle run` - příkaz pro automatické spuštění bota přímo z gradlu