



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

# VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE JAKO PODPORY PRO ROZHODOVÁNÍ V PODNIKU

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DECISION MAKING IN THE FIRM

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Erik Mancír

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

BRNO 2021

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav informatiky
Student:	<b>Bc. Erik Mancír</b>
Studijní program:	Systemové inženýrství a informatika
Studijní obor:	Informační management
Vedoucí práce:	<b>prof. Ing. Petr Dostál, CSc.</b>
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

## **Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku**

### **Charakteristika problematiky úkolu:**

Úvod  
Vymezení problému a cíle práce  
Teoretická východiska práce  
Analýza problému a současné situace  
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

### **Cíle, kterých má být dosaženo:**

Diplomová práce se zabývá využitím umělé inteligence pro podporu rozhodování v podniku. Řešení bude používat programové prostředí MATLAB.

### **Základní literární prameny:**

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM, 2012. 718 s. ISBN 978-80-7204-798-7.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. Praha: ACADEMIA, 2013. 2473 s.  
ISBN 978-80-200-2276-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

---

Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.  
ředitel

---

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Diplomová práca sa zaoberá návrhom automatického obchodného systému pre obchodovanie na trhu vybraných komodít, skonštruovaného za pomoci technických indikátorov. Súčasťou je taktiež optimalizácia systému s využitím genetických algoritmov za účelom maximalizácie zisku a stability. Na záver je pripravené ekonomické zhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

## **Abstract**

The diploma thesis deals with the design of an automatic trading system for trading on the market of selected commodities, constructed with the help of technical indicators. It also includes system optimization using genetic algorithms to maximize profit and stability. Finally, an economic evaluation of the achieved results is prepared.

## **Kľúčové slová**

Trh komodít, automatický obchodný systém, AOS, umelá inteligencia, genetické algoritmy, technické indikátory, MACD, kľzavé priemery, ADX

## **Key words**

Commodity market, automated trading system, ATS, artificial intelligence, genetic algorithms, technical indicators, MACD, moving averages, ADX

## **Bibliografická citácia**

MANCÍR, Erik. *Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-15]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131810>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Petr Dostál.

## **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Prehlasujem, že citácie použitých zdrojov sú úplne a že som vo svojej práci neporušil autorské práva (v zmysle Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom a o právach súvisiacich s právom autorským).

V Brne dňa 16. mája 2021

.....

Erik Mancír

## **Pod'akovanie**

Rád by som sa týmto poďakoval vedúcemu mojej diplomovej práce prof. Ing. Petrovi Dostálovi, CSc. za pomoc, konzultácie a užitočné rady, ktoré mi pri písaní diplomovej práce poskytol. Rovnako by som sa chcel poďakovať aj ostatným zamestnancom fakulty a taktiež mojej rodine a priateľom, ktorí pri mne stáli aj v kritických chvíľach.

# OBSAH

Úvod.....	11
Ciele práce, metódy a postupy spracovania.....	12
1. Teoretické východiská práce .....	13
1.1 Virtuálny človek.....	13
1.2 Umelá inteligencia .....	13
1.2.1 Expertné systémy .....	14
1.2.2 Genetické algoritmy.....	15
1.3 Členenie finančného trhu .....	16
1.3.1 Peňažný trh .....	16
1.3.2 Kapitálový trh .....	17
1.3.3 Trhy s cudzími menami .....	18
1.3.4 Trhy drahých kovov.....	18
1.4 Burza .....	18
1.4.1 Základné pojmy na burze.....	19
1.5 Typy tradingu .....	19
1.5.1 Diskrečné obchodovanie.....	20
1.5.2 AOS - Automatický obchodný systém .....	20
1.6 Psychologická analýza .....	21
1.7 Fundamentálna analýza.....	22
1.8 Technická analýza.....	23
1.8.1 Support a resistance .....	25
1.8.2 Technické indikátory .....	26
1.8.3 Základné typy grafov .....	28
1.9 Testovanie dát .....	31
1.9.1 Základy backtestingu .....	31



1.9.2	Dáta vo vzorke verzus dáta mimo vzorky .....	32
1.9.3	Forward testing .....	33
2	Analýza problému.....	34
2.1	Analýza programu MATLAB .....	34
2.2	Výber platformy vhodnej na obchodnú stratégiu.....	35
2.2.1	Platforma MetaTrader 4.....	35
2.2.2	MetaQuotes Language - MQL.....	36
2.3	Výber brokera.....	37
2.3.1	Broker - Admiral Markets.....	38
2.4	Analýza komoditného trhu .....	39
2.4.1	Ropa (Crude Oil) .....	39
2.4.2	Zlato .....	40
2.5	Technická analýza.....	41
2.5.1	Kľzavé priemery (MA).....	42
2.5.2	MACD .....	45
2.5.3	ADX.....	48
3	Vlastný návrh riešenia .....	50
3.1	Jednoduché procedúry založené na jednom z technických indikátorov .....	50
3.1.1	Procedúra založená na kľzavých priemeroch.....	51
3.1.2	Procedúra založená na indikátore MACD .....	54
3.2	Tvorba hlavnej obchodnej stratégie .....	58
3.2.1	Nastavenie vstupných parametrov .....	58
3.2.2	Načítanie indikátorov.....	58
3.2.3	Podmienky na nákup.....	60
3.2.4	Podmienky na predaj .....	61
3.2.5	Nastavenie Break/Even.....	62

3.2.6	Výsledky Backtestov na zlate pred optimalizáciou .....	63
3.3	Optimalizovanie hlavnej obchodnej stratégie na zlate.....	66
3.3.1	Výsledky BackTestov na zlate po optimalizácii.....	67
3.4	Optimalizovanie hlavnej obchodnej stratégie na rope .....	70
3.4.1	Výsledky BackTestov na rope po optimalizácii .....	70
3.5	Ekonomické zhodnotenie .....	73
	Záver .....	74
	Zoznam použitých zdrojov .....	75
	Zoznam obrázkov .....	78
	Zoznam tabuliek .....	80
	Zoznam príloh.....	81
	Prílohy.....	I

# ÚVOD

V dnešnej dobe je mnoho možností na investovanie ušetrených finančných prostriedkov s vidinou zhodnotenia a zároveň uchovania hodnoty, a teda eliminovania straty vplyvom inflácie. Každé z riešení má odlišné výsledky a nesie so sebou rôzne výhody, ale aj riziká. Diplomová práca bude zameraná na vytvorenie automatického obchodného systému na trhu komodít, s využitím prvkov umelej inteligencie.

Najskôr si predstavíme teoretické východiská, potrebné na pochopenie pojmov a súvislostí z oblasti obchodovania na finančných trhoch a umelej inteligencie. Následne sa v práci špecializujeme na trh komodít, konkrétne na zlato a ropu, kde si zhrnieme ich špecifiká. Taktiež sa pozrieme na princípy a nástroje slúžiace k obchodovaniu.

V ďalšej časti analyzujeme aktuálnu situáciu na trhu spomínaných komodít a zadefinujeme kritériá, ktoré musí obchodník pred tvorbou obchodného systému zvážiť. Jedná sa najmä o výber programu či platformy, kde bude obchodná stratégia vytvorená. Program MATLAB ponúka širokú škálu užitočných matematických funkcií, avšak je potrebné zvážiť využitie platformy, primárne vytvorenej pre obchodovanie na finančných trhoch. Neskôr je predstavená zvolená platforma MetaTrader 4, obsahujúca štruktúru na backtestovanie nad historickými dátami. Napokon si priblížime technické indikátory, využité v obchodnej stratégii.

V poslednej kapitole sú pomocou jazyka MQL4 najskôr vytvorené jednoduché procedúry, využívajúce podmienku nad jedným technickým indikátorom. Následne sa zameriame na vytvorenie hlavného automatického obchodného systému, pozostávajúceho s kombinácie jednotlivých technických indikátorov. Vytvorený systém optimalizujeme pomocou genetických algoritmov za účelom dosiahnutia zisku a stability. Napokon je pripravené ekonomické zhodnotenie s výsledkami backtestov nad historickými dátami.

## **CIELE PRÁCE, METÓDY A POSTUPY SPRACOVANIA**

Cieľom diplomovej práce je navrhnúť automatický obchodný systém s použitím umelej inteligencie, schopný rozhodovať o signáloch predaja či nákupu a previesť testovanie na historických dátach vybraných komodít. Nasledovať bude optimalizácia, využívajúca logiku genetických algoritmov, s cieľom maximalizácie zisku a stability systému.

Zámerom je pripraviť obchodnú stratégiu s podmienkou založenou na technickom indikátore MACD, vychádzajúceho z logiky kríženia kľzavých priemerov s rôznymi periódami. Z dôvodu eliminovania falošných signálov vznikajúcich pri postrannom vývoji trhu, je do hlavnej podmienky zakomponovaný ďalší technický indikátor ADX, určujúci silu trendu.

V platforme MetaTrader4 je vytvorený systém so vstupnými parametrami a podmienkami pre vstup a výstup z obchodnej pozície. Následne je uvedený systém testovaný na historických dátach, vstupné parametre optimalizované a v neposlednom rade je pripravené ekonomické zhodnotenie výsledkov.

# 1. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

V nasledujúcej časti práce sme pozornosť venovali teoretickým východiskám, na základe ktorých neskôr nadväzujeme v ďalších častiach práce.

## 1.1 Virtuálny človek

Za pojmom virtuálny človek si môžeme predstaviť počítačový program, ktorý imituje ľudské chovanie vo virtuálnom prostredí, disponujúcim virtuálnym telom, prostredníctvom ktorého vníma a jedná. Virtuálnym prostredím sa rozumie určitá abstrakcia nášho prirodzeného reálneho sveta – väčšinou ide o umelý 3D svet, aký poznáme napríklad z akčných počítačových hier, nie je to ale samozrejme nevyhnutné. Virtuálny svet býva obvykle riadený samostatným programom alebo komponentom – simulátorom sveta [1].

Kľúčové na virtuálnom človeku je to, že chovanie imituje – nejedná sa o biologicky alebo psychologicky plausibilný model. O imitáciu sa stará modul, ktorý môžeme nazvať umelá myseľ. Základnými problémami, ktoré s programovaním umelej mysli súvisia, sú reprezentované znalosťou o tom, čo a ako môže virtuálna postava robiť, a efektívnym generovaním konkrétnych akcií na základe týchto reprezentácií. Naprogramovať virtuálneho človeka je komplexná úloha, vyžadujúca znalosti zo softwarového inžinierstva, počítačovej grafiky, lingvistiky, umelej inteligencie a často aj psychológie [1].

## 1.2 Umelá inteligencia

V súvislosti s virtuálnym človekom často narážame na pojem umelá inteligencia.

Umelá inteligencia je vlastnosť umelo vytvorených systémov vyznačujúcich sa schopnosťou rozpoznávať predmety, javy a situácie, analyzovať vzťahy medzi nimi a tak vytvárať vnútorné modely sveta, v ktorých tieto systémy existujú, a na tomto základe prijímať účelné rozhodnutia, za pomoci schopnosti predvídať dôsledky týchto rozhodnutí a objavovať nové zákonitosti medzi rôznymi modelmi alebo ich skupinami [2].

Z uvedenej charakteristiky môžeme určiť nasledujúce úlohy, spadajúce do umelej inteligencie:

- rozpoznávanie,
- riešenie úloh,
- adaptácia a učenie,
- komunikácia so strojom v prirodzenom jazyku,
- expertné systémy [2].

V ďalšej časti sa budeme venovať práve poslednej spomenutej úlohe, a teda expertným systémom.

### **1.2.1 Expertné systémy**

Expertné systémy sú súbory počítačových programov simulujúcich rozhodovacu činnosť experta pri riešení zložitých úloh. Využívajú pritom vhodne zakódované špeciálne znalosti, prevzaté od experta, s cieľom dosiahnuť vo zvolenej problémovej oblasti kvalitu rozhodovania na jeho úrovni [2].

Expertné systémy, určené k riešeniu veľmi zložitých problémov, používajú obvykle namiesto jednej báze znalostí väčší počet samostatných báz, tzv. zdroje znalostí [2].

Z hľadiska charakteru riešených úloh sa existujúce expertné systémy dajú rozdeliť na dve skupiny, a to na systémy diagnostické a systémy plánovacie [2].

#### **Diagnostické expertné systémy**

Úlohou diagnostických expertných systémov je prevádzať efektívnu interpretáciu dát s cieľom určiť, ktorá z hypotéz z predom stanovenej konečnej množiny cieľových hypotéz najlepšie korešponduje s reálnymi dátami, týkajúcimi sa daného prípadu. Riešenie prebieha formou postupného prehodnocovania čiastkových a cieľových hypotéz v rámci pevne daného vnútorného modelu [2].

#### **Generatívne expertné systémy**

Týmito expertnými systémami sú obvykle riešené úlohy, kedy je známy cieľ riešenia a počiatočný stav, pri ktorom má systém s využitím dát konkrétneho riešeného prípadu nájsť postupnosť krokov (operátorov), ktorými sa daný cieľ dá dosiahnuť. Podstatou je generátor možných riešení, ktorý automaticky kombinuje postupnosť operátorov. S rastúcim počtom operátorov veľmi rýchlo rastú kombinatorické možnosti. Výsledkom činností takéhoto systému je zoznam prístupných riešení, obvykle ohodnotených istou mierou optimality [2].

## 1.2.2 Genetické algoritmy

Genetické algoritmy je možné použiť tam, kde presné riešenie úloh z praxe by systematickým skúmaním trvalo takmer nekonečne dlho. Umožňujú tak efektívne riešiť zložité problémy. Napríklad pri evolučnom vývoji a šľachtení rastlín či živočíchov pracujú genetické algoritmy takým spôsobom, že sa najprv vytvorí počiatočná populácia chromozómov, ďalej sa táto populácia mení pomocou genetických operátorov tak dlho, dokým nie je proces ukončený, napríklad počtom cyklov [3].

Príklady aplikácie genetických algoritmov v praxi:

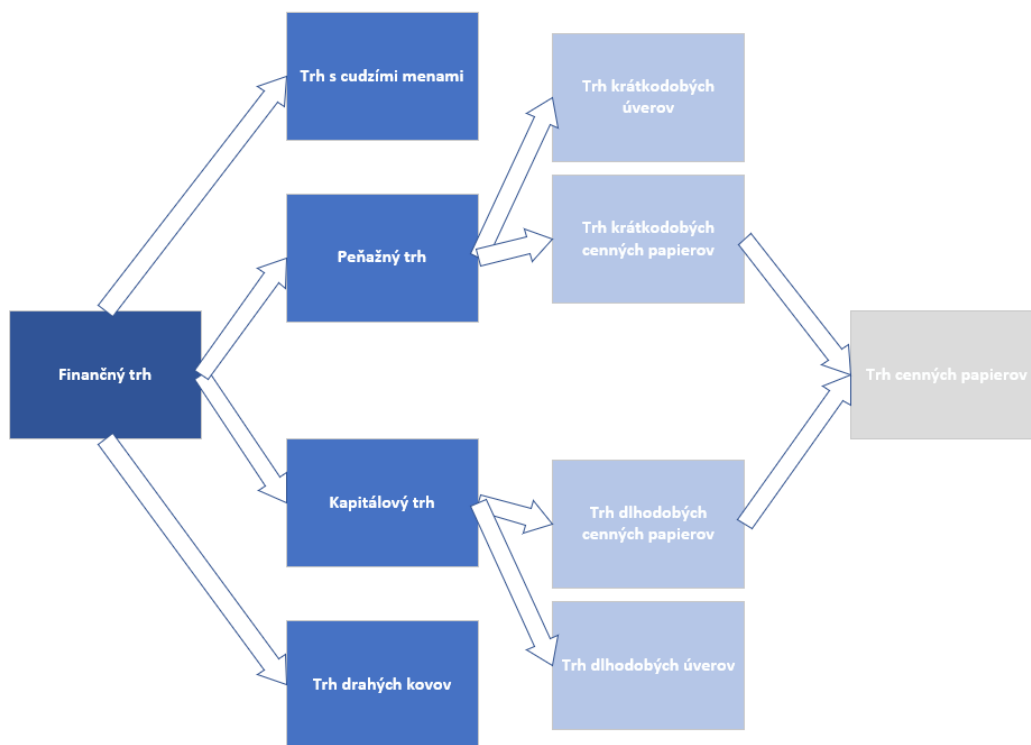
- optimalizácia nákladov,
- aproximácia ekonomickej krivky,
- realizácia umelej neurónovej siete,
- zaistenie optimálnej výroby,
- návrh rezného plánu,
- optimalizácia rozvozu a zvozu,
- minimalizácia nákladov – výroba suroviny,
- maximalizácia výroby – počet výrobkov,
- optimalizácia investície [3].

Genetické algoritmy teda prispievajú k riešeniu najrôznejších problémov, ktoré je potrebné riešiť v oblasti riadenia firiem. Prínos oproti tradičným vyhľadávacím algoritmom spočíva v tom, že genetické algoritmy efektívnejšie nájdu riešenia, ktoré sú bližšie k optimu. Týmto prispievajú ku kvalite riešenia úloh a rozhodovaní, čo sa môže odraziť v minimalizácii rizík, strát, či nákladov [3].

Medzi príklady využitia umelej inteligencie patrí aj automatizované investovanie na finančných trhoch, ktorému sa v nasledujúcich kapitolách práce budeme venovať [4]. V praktickej časti využijeme taktiež logiku expertných systémov a genetických algoritmov, na základe ktorých bude zhotovený a optimalizovaný modul na automatické obchodovanie na finančných trhoch.

## 1.3 Členenie finančného trhu

Finančný trh sa dá systematizovať z rôznych hľadísk. Najčastejšie sa však vychádza z vlastností jednotlivých druhov finančných investičných inštrumentov, ktoré sa na jeho jednotlivých segmentoch obchodujú [5].



**Obrázok 1: Rozdelenie finančného trhu**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 6)

Z obrázku vyššie vyplýva, že v rámci finančného trhu funguje celá rada jeho segmentov, a to predovšetkým trh peňažný a trh kapitálový, pričom sa sem ešte radia aj špecifické trhy s cudzími menami a nakoniec trhy drahých kovov. Pokiaľ sa jedná o ďalšie nadväzujúce členenie peňažného a kapitálového trhu, je možné ich ďalej rozdeliť na trhy krátkodobých a dlhodobých úverov a trhy krátkodobých a dlhodobých cenných papierov, ktoré dohromady tvoria „trh cenných papierov“ [5].

### 1.3.1 Peňažný trh

Základnou charakteristikou vlastností peňažného trhu je krátkodobosť na ňom uzatváraných obchodov [5].



Na peňažnom trhu sa subjekty s prechodným prebytkom peňažných prostriedkov stretávajú so subjektami, ktoré ich vzhľadom k ich prechodnému nedostatku dopytujú. Pokiaľ sa jedná o základné vlastnosti finančných nástrojov, ktoré sa na tomto trhu obchodujú, ich typickou spoločnou vlastnosťou je krátka doba splatnosti, a to z pravidla do jedného roku [5].

Ako vyplývalo z predošlého obrázku č.1, peňažný trh sa člení na dva segmenty, ktoré sú:

- Trh krátkodobých úverov
- Trh krátkodobých cenných papierov

Nástroje peňažného trhu sa obecné vyznačujú menším rizikom, nižším výnosom a čo sa týka cenných papierov, väčšinou aj ich pomerne vysokou likviditou. Navyše krátkodobé cenné papiere majú oproti dlhodobým ešte tú výhodu, že menej podliehajú cenovým fluktuáciám, takže aj z tohto hľadiska predstavujú bezpečnejšie investície.

Najvýznamnejšou funkciou peňažného trhu je financovanie prevádzkového kapitálu podnikov a poskytovanie krátkodobých peňažných úverov či pôžičiek ako domácnostiam, firmám, tak aj vládam jednotlivých štátov [5].

### **1.3.2 Kapitálový trh**

Kapitálový trh je trhom pre obchodovanie tých finančných investičných inštrumentov, ktoré majú povahu dlhodobých finančných investícií. Jeho prostredníctvom sú poskytované ako dlhodobé úvery, tak sú na ňom obchodované dlhodobé cenné papiere.

Ako vyplýva u predošlého obrázku č.1, taktiež kapitálový trh sa delí na dva, relatívne samostatné segmenty, ktorými sú:

- Trh dlhodobých úverov
- Trh dlhodobých cenných papierov

Čo sa týka nástrojov kapitálového trhu, v porovnaní s nástrojmi peňažného trhu ich možno vzhľadom k ich dlhobehjšiemu charakteru považovať za rizikovejšie, na druhej strane však väčšinou poskytujúce vyššie výnosy. Je to kvôli riziku, ktoré stúpa s dobou životnosti investície, a taktiež s veľkosťou peňažnej čiastky do nej vlozenej [5].

### 1.3.3 Trhy s cudzími menami

Trhy s cudzími menami je možné rozdeliť na dva základné segmenty, a to:

- Trhy devízové – Trhy s bezhotovostnými formami cudzích mien, na ktorých dochádza k vzájomnej výmene rôznych konvertibilných mien;
- Trhy valutové – Trhy s hotovostnými formami cudzích mien, ktoré sa obchodujú za tzv. valutové kurzy [5]

### 1.3.4 Trhy drahých kovov

Za najdôležitejšie trhy drahých kovov sa všeobecne považujú trhy zlata a striebra, pričom tu bývajú zahrňované aj trhy platiny a palladia [5].

Aj keď je zrejmé, že vzhľadom k ich hmotnej povahe ide v podstate o zvláštne druhy komodít, z historického hľadiska, ako aj vzhľadom k ich výnimočným vlastnostiam sa všeobecne považujú za finančné investičné inštrumenty [5].

## 1.4 Burza

Burza je osobitný druh trhu, na ktorom sa realizujú obchody s rôznymi finančnými inštrumentmi ako menové páry, komodity, akcie, indexy, kryptomeny, cenné papiere a iné. Na burze sa realizujú objednávky nakupujúcich a predávajúcich. Tieto objednávky sa vyplňujú a vzájomne párujú [7].

Na každú vyplnenú nákupnú objednávku sa musí nájsť jeden predávajúci, ktorý je ochotný predať podkladové aktívum nakupujúcemu. Pri vyplnení predajnej objednávky je princíp ten istý, jedna vyplnená predajná objednávka pripadá jednému ochotnému nakupujúcemu, ktorý nakúpi podkladové aktívum od predávajúceho [7].

Medzi najväčšie svetové burzy patria:

- NYSE – New York Stock Exchange (USA) – najväčšia burza na svete podľa tržnej hodnoty cenných papierov v USD
- TSE – Tokyo Stock Exchange (Japonsko)
- NASDAQ – National Association of Securities Dealers Automated Quotations (USA)
- Euronext (Európa)

- LSE – London Stock Exchange (Veľká Británia) [7].

### 1.4.1 Základné pojmy na burze

Pri obchodovaní na burze sa stretávame s rôznymi pojmami, medzi najzákladnejšie patria:

- Pip, tick – najmenšia bodová jednotka vyjadrujúca pohyb ceny na grafe
- Pip, value – hodnota jedného pipu v určitej mene
- Lot – štandardizovaná jednotka množstva pri obchodovaní na burze
- Spread – rozdiel medzi cenou ponuky a dopytu (bid/ask)
- Swap – poplatok účtovaný brokerom za prenesenie otvorenej pozície do ďalšieho obchodného dňa
- Margin – určitá časť peňazí (záloha), ktorá je blokovaná brokerom pri otvorenej pozícii na maržovom účte
- Equity chart – graf znázorňujúci vývoj účtu v čase
- Risk Reward ratio – pomer rizika voči zisku
- CFD kontrakt – finančný derivát, ktorý presne kopíruje cenu podkladového aktíva
- Dlhá pozícia (long) – predstavuje nákup akéhokoľvek finančného inštrumentu, pri ktorom obchodník očakáva, že jeho cena porastie
- Krátka pozícia (short) – predstavuje predaj akéhokoľvek finančného inštrumentu, ktorý sa zapožičia od brokera, pri ktorom obchodník očakáva, že jeho cena klesne
- Stop-loss objednávka – typ príkazu, prostredníctvom ktorého si obchodník určuje na akej cenovej úrovni plánuje uzatvoriť svoju obchodnú pozíciu v strate
- Take-profit objednávka – typ príkazu, prostredníctvom ktorého obchodník plánuje na určitej cenovej úrovni uzatvoriť svoju pozíciu a realizovať zisk [7].

## 1.5 Typy tradingu

Medzi typy tradingu môžeme zaradiť diskrečné obchodovanie alebo AOS, inak povedané, automatické obchodní systémy, využitie v tejto práci.

### **1.5.1 Diskrečné obchodovanie**

Diskrečné obchodovanie kladie výrazne vyššiu váhu na skúsenosti a úsudok tradera. Ten samozrejme tiež najčastejšie obchoduje podľa veľmi striktného obchodného plánu, ale signály neexekuuje čisto mechanicky, do obchodovania ale zapája svoje vlastné rozhodovanie [8].

Výhodou diskrečného prístupu je fakt, že skúsenosť tradera sa nedá naprogramovať a teda plne zautomatizovať, čo je silná zbraň, ktorú môže taký trader v trhoch úspešne uplatňovať. Zároveň nie je problém podrobne radu kompletných diskrečných obchodných systémov študovať, pretože zásadné know-how nespočíva ani tak v princípe ako v jeho vlastnom aplikovaní na trhu, čo je proces, ktorý sa nedá jednoducho odovzdať a ktorého nacvičením si musí každý obchodník prejsť sám dlhodobým testovaním [8].

### **1.5.2 AOS - Automatický obchodný systém**

AOS slúži na automatizovanie obchodných myšlienok. Presnejšie povedané, na automatizovanie obchodnej stratégie, ktorá má jasne zadané pravidlá. Inými slovami slúži pre vytvorenie obchodného robota, ktorý bude obchodovať úplne samostatne, bez nutnosti prítomnosti tradera [9].

AOS teda znamená akákoľvek obchodná stratégia, ktorá sa vykonáva nezávisle na rozhodnutí tradera, avšak podľa jeho vopred zadaných pravidiel. Nie je preto nutné sledovať trh celý deň a čakať na signál. AOS si môžeme predstaviť ako zhuk pravidiel, ktoré definujú vstupy a výstupy z trhu, kde program sám zadáva príkazy na trh. Napríklad systém, ktorý vstupuje a vystupuje na základe kríženia kľzavých priemerov, sviečkových formácií, arbitráže, korelácia podobne [9].

Programovanie AOS pre platformu MetaTrader 4, s ktorou budeme v diplomovej práci pracovať, prebieha v programovacom jazyku MQL4, čiže MetaQuotes Language 4. Jazyk MQL4 ponúka možnosť vytvoriť si vlastnú obchodnú stratégiu, ktorá potom automatizovane riadi obchodovanie na základe vlastnej logiky [9].

Jazyk MQL4 si bližšie priblížime v kapitole č.2.

AOS môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín:

- **plne automatické obchodné systémy**
  - po správnej inštalácii nie je potrebný žiadny ďalší manuálny zásah pre spustenie obchodovania
  - systém automaticky vstupuje do obchodu
  - systém automaticky vypočítava a nastavuje Stop-Loss a Profit-Target
  - systém automaticky vystupuje z obchodu
  - jediná starosť tradera spočíva v tom, aby obchodná platforma aj AOS boli stále zapnuté
- **poloautomatické obchodné systémy**
  - zanalyzujú situáciu na trhu a vyšlú grafický, prípadne zvukový signál k nákupu alebo k predaju
  - nutný manuálny zásah do procesu obchodovania
  - niektoré poloautomatické systémy sú schopné vstupovať do obchodu, avšak výstup už musí byť vykonaný manuálne, či naopak [9]

Obrovskou výhodou používania AOS je tiež to, že ho môžeme automaticky backtestovať, teda spätne zisťovať ziskovosť a ďalšie štatistiky z histórie trhu, ak by tam AOS obchodoval. To dáva AOS obchodníkom pred manuálnymi obchodníkmi obrovskú výhodu v podobe úspory času. Na druhej strane, kým manuálne obchodujúci trader zistí, či jeho vytvorený obchodný systém má šancu byť ziskový, potrvá to o poznanie dlhšie [9].

## 1.6 Psychologická analýza

Ľudský faktor na trhu je ovplyvnený jednak emóciami a jednak často falošnými signálmi, ktoré vypúšťajú médiá. Aj keď si to mnohí z nás nechcú priznať, tak nás médiá ovplyvňujú viac, než sa v skutočnosti zdá. Existuje dokonca veda zaoberajúca sa týmto problémom, ktorá sa nazýva behaviorálna ekonómia. Behaviorálna ekonómia hovorí, že investori majú tendenciu nasledovať dav a ignorujú skutočné dáta, čo má za následok odchýlkam ceny aktíva od jeho skutočnej hodnoty. V takom prípade sa cena aktíva

pohybuje iracionálne a je nasledovaná prudkou korekciou. Pokiaľ je tento jav silne umocnený, hovorí sa o tzv. Špekulatívnej bubline [10].

Najväčším nepriateľom, každého obchodníka sú emócie. Môže mať nastavenú tú najlepšiu obchodnú stratégiu, ale správy z médií a jeho vlastný úsudok mu nedovolia túto stratégiu naplno využívať. Emócie sa prejavujú v mnohých formách. Najčastejšie psychologické problémy, s ktorými sa každý obchodník stretne:

- Očakávanie - Neuzatváranie stratových alebo ziskových pozícií, pretože u stratových pozícií obchodník očakáva obrat trendu (napríklad stále posúva správne nastavený stop loss) a u ziskových je naopak nenásytný,
- Strach z neznámeho - držanie sa stále známych odvetví, pretože si v iných nie je tak sebaistý,
- Spravodajstvo - novinky z médií alebo od analytikov ovplyvňujú dianie na trhu, a preto je dôležité si ich dôkladne overiť,
- Pozitívna sebareflexia - dôležitým aspektom je uvedomiť si nielen ziskové, ale taktiež stratové obchody,
- Reinvestovanie do stratových pozícií - ak sa cena prepadá pod úroveň priemernej ceny aktíva, obchodník očakáva návrat ceny späť, to zapríčini investovanie peňazí do stratovej pozície,
- Potvrdenie úsudku - obchodník sa zameriava len na informácie, ktoré ho utvrdzujú v jeho úsudku a naopak stráca prehľad v objektívnom pohľade na problém,
- Sebadôvera - cena sa pohybuje podľa predpovede obchodníka a ten nadobudne dojem, že sa pohybuje ako má, a teda môže svojmu úsudku veriť naplno [10].

## **1.7 Fundamentálna analýza**

Fundamentálna akciová analýza je najkomplexnejším a najobľúbenejším analytickým prístupom, ktorý sa pokúša vysvetliť pohyb akciových kurzov. Zaoberá sa preto detailným skúmaním základných a podstatných ekonomických, politických, sociálnych, geografických, demografických faktorov a udalostí, ktoré determinujú vývoj akciových kurzov [11].

Záber fundamentálnej analýzy je značne široký. Neskúma a nezohľadňuje totiž iba firemné fundamentálne faktory, ktoré ovplyvňujú akciové kurzy, ako napríklad

očakávané a historické zisky a dividendy vyplácanej spoločnosti, zadlženosť, rentabilitu, likviditu, operatívnu efektívnosť spoločnosti, podnikateľské riziká, kvalitu manažmentu, dopyt po produktoch a službách ponúkaných spoločnosťou a podobne. Fundamentálna analýza naopak v nezanedbateľnej miere svoju pozornosť sústreďuje taktiež na podstatné globálne a odvetvové faktory, ktoré v dôsledku skutočnosti, že každá spoločnosť pôsobí a existuje v rámci určitého odvetvia a v rámci určitej ekonomiky, rovnako významne ovplyvňujú hodnotu firmy a jej akcií [11].

Odvodene od faktorov, ktoré skúma, je teda možné fundamentálne akciovú analýzu vykonávať na troch úrovniach:

- **globálna fundamentálna analýza,**
- **odvetvová fundamentálna analýza,**
- **firemná fundamentálna analýza [11]**

Pokiaľ akciový analytik pri vykonávaní fundamentálnej analýzy, postupuje v poradí, v akom boli jednotlivé úrovne fundamentálnej analýzy vyššie uvedené, vykonáva fundamentálnu analýzu zhora. Pri opačnom postupe by analytik vykonával fundamentálnu analýzu zdola [11].

S ohľadom na schopnosť fundamentálnej analýzy identifikovať na trhu správne a zle ocenené akcie, môžeme ju považovať za jediný analytický prístup, pomocou ktorého je možné vykonať „stock picking“, teda výber atraktívnych akciových titulov do portfólia. Fundamentálna analýza sa opiera o dátovú základňu, ktorá obsahuje fakty, často účtovnícke a štatistické dáta a ich prognózy, týkajúce sa spoločnosti samotnej, ale aj odvetvia a ekonomiky. Vždy sa však jedná o dáta, ktoré sú dostupné širokej investorskej verejnosti, či už sú to dáta historická, alebo dáta aktuálne. S ohľadom na dátovú základňu, ktorú používa, a spôsob konštrukcie fundamentálnych modelov, prevláda vo fundamentálnej analýze skôr strednodobý a dlhodobý investičný horizont [11].

## **1.8 Technická analýza**

Pre denných obchodníkov je technická analýza často všetka ich práca. Pri krátkodobom obchodovaní je využívaná viac než analýza fundamentálna. Väčšinou platí, že obchodníci, využívajúci technickú analýzu, razantne odmietajú fundamentálnu analýzu a naopak. Technická analýza je založená na myšlienke, že prakticky všetky relevantné

informácie k obchodu možno vyčítať z grafu a tieto informácie sa objavujú skôr, ako verejnosť zareaguje [12].

Technická analýza študuje zmenu ponuky a dopytu spoločne s objemom obchodov aktív. Jej princíp je založený na stálom opakovaní minulého vývoja v budúcnosti, pretože jednotlivé subjekty na trhu využívajú informácie z minulosti k opätovnému nákupu a predaju aktív. Vznikajú tak grafické formácie, ktoré sa priebežne a pravidelne objavujú v grafoch. Predpokladom pre technickú analýzu je pohyb cien v trendoch, ktoré rozlišujeme na klesajúci tzv. medvedí, rastúci tzv. býčí a prípadne idúce bokom, čo je prípad, keď nemožno presne určiť, či cena skôr klesá alebo rastie. Na obrázkoch nižšie môžeme vidieť príklady medvedieho a býčieho trendu [12].



**Obrázok 2: Medvedí trend**  
(Zdroj 12)



**Obrázok 3: Býčí trend**  
(Zdroj 12)

Ďalej sa trendy delia podľa dĺžky trvania na:

- Primárny trend – trvajúci niekoľko rokov
- Sekundárny trend – trvajúci niekoľko mesiacov
- Terciárny trend – trvajúci niekoľko dní alebo týždňov [12]



Technická analýza je využívaná pre všetky typy finančných produktov a používa sa pre rôzne časové rámce, od rýchlych intradenných prístupov až po dlhodobé investovanie. Faktom však je, že technickú analýzu najviac využívajú predovšetkým krátkodobí obchodníci, zatiaľ čo tí, ktorí investujú dlhodobo jej prikladajú sekundárny význam a používajú ju napríklad pre presnejšie načasovanie vstupu [13].

Pre denných obchodníkov je technická analýza grafov často hlavným, niekedy dokonca jediným, na čo sa sústreďí. Pre krátkodobé držanie pozície v rádoch niekoľkých minút, maximálne hodín, nie je príliš potreba vyhľadávať a študovať výkazníctva akciových spoločností alebo riešiť makroekonomické správy [13].

### 1.8.1 Support a resistance

Keď by sa mali brať grafy trhov ako určité mapy, ktoré majú za úlohu pomôcť nám lepšie sa orientovať v danej situácii a navigovať nás smerom k možným ziskovým obchodom, zásadné body takejto mapy by tvorili podpory (supporty) a odpor (resistance). Jedná sa o body, kde cena vzdorovala ďalšiemu rastu či poklesu [14].

- **Support** – cena, pod ktorou nechce nikto predávať. Je to určitá podlaha, alebo spodná hranica, ktorú je veľká väčšina obchodníkov ochotná prijať ako minimálnu a pod ktorou sa obchodníci zdráhajú predávať.
- **Resistance** – určitý strop, najvyššia cena, ktorú je väčšina obchodníkov za nákup danej komodity či akcie ochotná zaplatiť [14].

Supporty a resistance sú také miesta na grafoch, na ktorých cena preukázateľne stagnuje na určitej hodnote a zdráha sa pokračovať buďto vyššie alebo nižšie. Čím viac dní cena stagnuje, tým pevnejšia bariéra je [14].



**Obrázok 4: Support vs Resistance**  
(Zdroj 15)

Na obrázku č.4 si môžeme prehládnuť, ako support a resistance vyzerajú na grafe.

Trh sa môže buďto od supportu či resistance odraziť alebo ich preraziť. Či už učiní jedno alebo druhé, väčšinou nasleduje výrazný pohyb, ktorý môže priniesť nemalý zisk [14].

### 1.8.2 Technické indikátory

Indikátory sa využívajú na uľahčenie orientácie v cenových grafoch, v ktorých nám pomáhajú zistiť, či sa trh pohybuje v trende alebo osciluje v rámci určitého rozpätia. Okrem toho nám indikátory podávajú informáciu o rozsahu cenových pohybov (volatility) a ukazujú nám dôležité cenové úrovne - úrovne podpory (support) a úrovne odporu (resistance) [16].

K najvýznamnejším technickým indikátorom patria napríklad:

- **Kľzavé priemery (MA)** - sú priemerom cien za istý počet sledovaných períód, pomáhajú rozpoznať smer pohybu trhu,
- **ADX** - slúži ako určitý filter, podľa ktorého sa môžeme rozhodovať, či použijeme obchodný systém vhodný pre trendujúci trh, alebo systém určený pre trh, ktorý sa drží v pásme,

- **Index relatívnej sily (RSI)** - ak je hodnota RSI nad 70, tak je trh "prekúpený" (možnosť korekcie nadol) a ak je RSI pod hodnotou 30, tak značí, že je trh "prepredaný" (možnosť korekcie nahor),
- **Stochastic** – taktiež identifikuje kedy je trh „prekúpený“ alebo „prepredaný“ ale pomocou sledovania ako ďaleko je aktuálna cena od najnižšieho minima za posledných niekoľko períód,
- **Pivot points** - slúžia ako pomocné vodítko pre vyhľadanie vstupov do obchodov a výstupov z nich,
- **Bollingerove pásma** - umožňuje nám posúdiť trend aj volatilitu trhu [16].

Značná časť obchodníkov venuje mnoho času hľadaniu vhodného typu či nastavení indikátoru, podľa ktorého by mohla včas predikovať tržný vývoj. Pri akejkol'vek analýze trhu musí mať obchodník neustále na pamäti, že trh a jeho chovanie ovplyvňuje celá rada faktorov a tieto faktory pôsobia rozdielne podľa toho, v akej fázy sa trh nachádza. Buď sa trh pohybuje do strany v určitom cenovom rozpätí alebo sa pohybuje mimo toto cenové rozpätie a to najčastejšie v trende. Podľa toho je potrebné používať aj indikátory a zároveň je potrebné si uvedomiť dôležitosť obmieňania indikátorov na rôzne fázy trhu. Kvôli tomu je vhodné najprv analyzovať v akej fázy sa trh nachádza a podľa toho voliť sadu obchodných nástrojov [17].

Pre obchodovanie v menšom cenovom rozpätí sú vhodné oscilátory a pre obchodovanie v trende zase momentové indikátory. Oscilátory boli navrhnuté k tomu, aby definovali predkúpené a predpredané oblasti, čo sú oblasti, kde sa trh s väčšou pravdepodobnosťou otáča [17].

### **Obchodovanie trhu bez trendu**

Jedni z najpopulárnejších oscilátorov sú Stochastic a RSI. Základ obchodovania vychádza z toho, že akonáhle sa dostane indikátor do predpredanej alebo predkúpenej úrovne a začne sa vracat' späť k normálu, tak obchodujeme proti týmto extrémom. To však neplatí u trendových trhoch, a tak musíme rozlíšiť, aký trh analyzujeme. Či sa jedná o trh ktorý vytvára nové maxima/minima alebo trh ktorý sa pohybuje bez výrazného smeru [17].

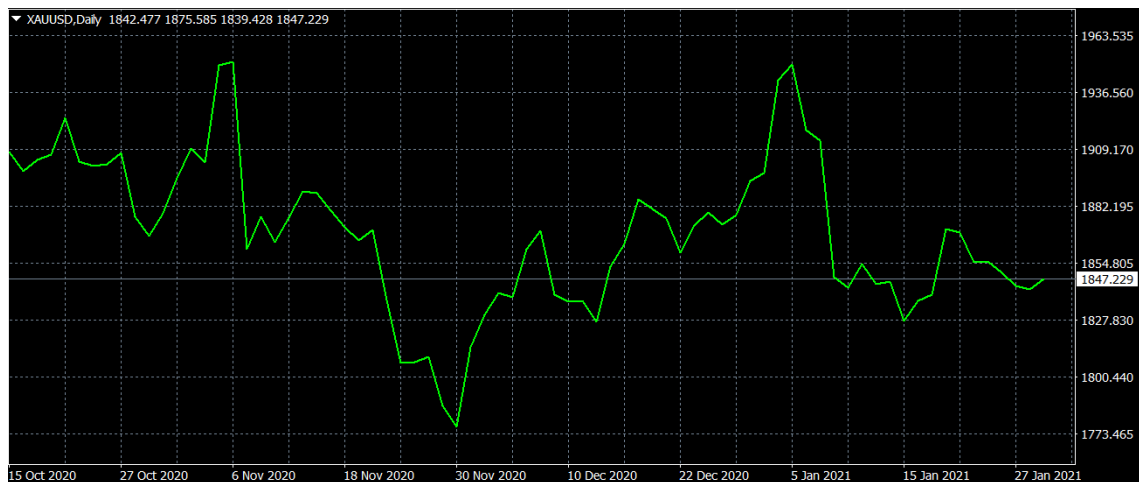
## Obchodovanie trendového trhu

Pre tento stav trhu je najlepšie obchodovať podľa ukazovateľov trendu. Medzi najviac využívané patria MACD alebo ADX/DMI. Za trhy v uptrandu môžeme považovať tie, kde MACD rýchlejšia krivka kríži alebo je nad exponenciálnym klzavým priemerom a tým dokáže potvrdiť silu trendu [17].

### 1.8.3 Základné typy grafov

#### Čiarový graf

Tento typ grafu je najjednoduchším grafom technickej analýzy. K zostrojeniu grafu je potrebná len uzatváracia cena za dané obdobie. Tie sú zanášané do grafu a následne spojené čiarou, čím vznikne súvislá čiara. V našom prípade môžeme vidieť na obrázku č.5 vývoj ceny zlata voči doláru, kedy perióda pre výpočet uzatváraciej ceny je jeden deň. Pozeráme sa teda na takzvaný denný graf, ktorý je označovaný v platforme ako D1. Na spodnej vodorovnej osi sledujeme jednotlivé obchodné dni a na zvislej hornej osi potom hodnoty uzatváracích cien [18].

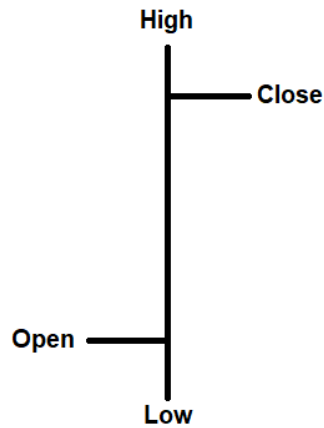


Obrázok 5: Čiarový graf  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

#### Stĺpcový graf

Tento typ grafu patrí k veľmi používaným a obľúbeným grafom v technickej analýze. Názov grafu je odvodený od jeho podoby, kedy je tvorený sériou rôzne vysokých stĺpcov. Rozpätie tohto stĺpčeku nám určuje maximálnu (high) a minimálnu (low) hodnotu ceny za danú periódu (time-frame). Na grafoch nižšie je vidieť, že každý stĺpček má na sebe

jeden zobáčik vľavo a druhý vpravo. Zobáčik zobrazený vľavo nám udáva hodnotu otváraciej ceny (open) v danej perióde a zobáčik vpravo vyjadruje hodnotu ceny inštrumentu pri uzatvorení stĺpca (close), čiže hodnota ceny inštrumentu na konci periódy tohto stĺpca [18].



**Obrázok 6: Stĺpcový graf - vypovedajúce hodnoty**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.7 vývoja zlata voči doláru s dennou periódou v podaní stĺpcového grafu, kde každý stĺpec vyjadruje vývoj zlata za jeden deň.

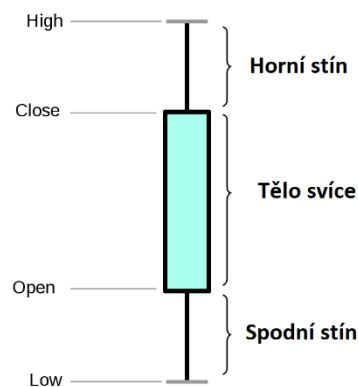


**Obrázok 7: Stĺpcový graf**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### Sviečkový graf

Tento druh zobrazenie vývoja ceny pracuje tiež so štyrmi hodnotami ceny (otváracie, zatváracie, minimum a maximum za danú periódu). Zvolená perióda je potom v grafe zastúpená jednou sviecou s dvoma knôťmi a telo sviece je tvorené rozpätím medzi

otváracou a zatváracou cenou a knôty potom predstavujú maximum a minimum za danú periódu [18].



**Obrázok 8: Sviečkový graf - vypovedajúce hodnoty**  
(Zdroj 18)

Ak je otváracia cena nižšia, ako cena uzatváracia, tak cena teda rástla a v grafe je zvyčajne vykreslená svieca s telom v čiernej alebo zelenej farbe. Ak je situácia opačná a uzatváracia cena je nižšia ako cena otváracia, tak cena klesala a je najčastejšie zobrazená svieca s telom v bielej alebo červenej farbe [18].

V našom prípade bude mať rastúca sviečka telo s čiernou farbou a klesajúca sviečka telo s bielou farbou.



**Obrázok 9: Sviečkový graf**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.9 je ukážka sviečkového grafu v praxi, kde môžete vidieť vývoj zlata voči doláru na dennom časovom rámci, kde každá sviečka ukazuje vývoj zlata za 1 deň.

## Porovnanie typov grafu

Vyššie tri uvedené druhy zobrazovania vývoja ceny inštrumentu sú najčastejším zobrazovaním, s ktorými obchodníci pracujú. V nasledujúcej tabuľke sú zachytené výhody a nevýhody jednotlivých typov.

**Tabuľka 1: Porovnanie typov grafu**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Typ grafu	Výhody	Nevýhody
Čiarový graf	Jednoduchosť	Menšia vypovedacia hodnota
Stĺpcový graf	Vyššia informatívna hodnota	Menšia prehľadnosť
Sviečkový graf	Veľmi dobré zobrazenie situácie na trhu	Náročnejšie čítanie grafu pre začiatočníkov

## 1.9 Testovanie dát

Obchodníci, ktorí túžia vyskúšať obchodný nápad na živom trhu, často robia chybu, keď sa pri určovaní, či bude systém ziskový, spoliehajú iba na výsledky spätného testovania. Aj keď spätné testovanie môže obchodníkom poskytnúť cenné informácie, je často zavádzajúce a je iba jednou časťou procesu hodnotenia [19].

Testovanie mimo vzorky a testovanie budúceho výkonu poskytujú ďalšie potvrdenie týkajúce sa efektívnosti systému a môžu zobraziť skutočné farby systému skôr, ako sú na linke skutočné peniaze. Dobrá korelácia medzi spätným testovaním, výsledkami mimo vzorky a výsledkami testovania výkonnosti vpred je nevyhnutná pre určenie životaschopnosti obchodného systému [19].

### 1.9.1 Základy backtestingu

Spätné testovanie sa týka uplatnenia obchodného systému na historické údaje s cieľom overiť, ako by si systém počínal počas zadaného časového obdobia. Mnoho dnešných obchodných platforiem podporuje spätné testovanie. Obchodníci môžu otestovať nápady niekoľkými stlačeniami klávesov a získať prehľad o efektívnosti myšlienky bez toho, aby riskovali finančné prostriedky na obchodnom účte. Spätná skúška môže vyhodnotiť jednoduché nápady, napríklad to, ako by fungoval prechod kľzavým priemerom na historické údaje, alebo zložitejšie systémy s rôznymi vstupmi a spúšťačmi [19].

Pokiaľ je možné nápad vyčíslit', je možné ho opätovne otestovať. Niektorí obchodníci a investori môžu požiadať o odborné znalosti kvalifikovaného programátora, aby túto myšlienku rozvinuli do testovateľnej podoby. Spravidla ide o programátora, ktorý kóduje túto myšlienku do vlastného jazyka hosteného obchodnou platformou. Programátor môže začleniť používateľom definované vstupné premenné, ktoré umožňujú obchodníkovi systém vyladiť [19].

### **1.9.2 Dáta vo vzorke verus dáta mimo vzorky**

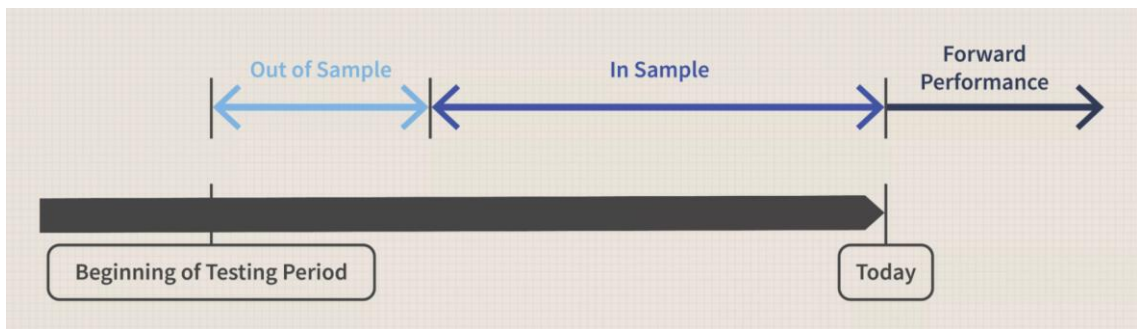
Pri testovaní nápadu na historických dátach je výhodné vyhradiť si časové obdobie historických údajov na účely testovania. Počiatočné historické údaje, na ktorých je myšlienka testovaná a optimalizovaná, sa označujú ako údaje vo vzorke. Množina údajov, ktorá bola rezervovaná, je známa ako údaje mimo vzorky. Toto nastavenie je dôležitou súčasťou procesu hodnotenia, pretože poskytuje spôsob, ako otestovať myšlienku na dátach, ktoré neboli súčasťou optimalizačného modelu [19].

Výsledkom bude, že myšlienka nebude nijakým spôsobom ovplyvnená údajmi mimo vzorku a obchodníci budú schopní určiť, aký dobrý výkon bude systém mať pri nových údajoch, tj pri obchodovaní v reálnom živote [19].

Pred začatím spätného testovania alebo optimalizácie môžu obchodníci vyhradiť určité percento historických údajov, ktoré budú vyhradené na testovanie mimo vzorky. Jednou z metód je rozdelenie historických údajov na tretiny a oddelenie jednej tretiny na použitie pri testovaní mimo vzorky. Na úvodné testovanie a optimalizáciu by sa mali použiť iba údaje vo vzorke [19].

Na obrázku nižšie je znázornená časová línia, v ktorej je tretina historických údajov vyhradená na testovanie mimo vzorky a dve tretiny sa používajú na testovanie vo vzorke. Aj keď na obrázku nižšie sú zobrazené údaje mimo vzorky na začiatku testu, typické postupy by mali časť vzorky mimo vzorku bezprostredne predchádzajúcu prednému výkonu [19].





**Obrázok 10: Dáta vo vzorke verzus dáta mimo vzorky**  
(Zdroj 19)

Korelácia sa týka podobností medzi výkonmi a celkovými trendmi týchto dvoch súborov údajov. Korelačné metriky možno použiť pri hodnotení správ o výkonnosti stratégie vytvorených počas testovacieho obdobia (funkcia, ktorú poskytuje väčšina obchodných platforiem). Čím silnejšia je vzájomná korelácia, tým vyššia je pravdepodobnosť, že systém bude dobre fungovať pri testovaní forwardového výkonu a živom obchodovaní. Len čo je obchodný systém vyvinutý s využitím údajov vo vzorke, je pripravený na použitie v prípade údajov mimo vzorky. Obchodníci môžu vyhodnotiť a porovnať výsledky výkonnosti medzi údajmi vo vzorke a mimo vzorky [19].

Ak existuje malá korelácia medzi testovaním vo vzorke a mimo vzorky, ako je to v ľavom grafe na obrázku vyššie, je pravdepodobné, že systém bol nadmerne optimalizovaný a pri živom obchodovaní nebude dobre fungovať. Ak je vo výkone silná korelácia, ako je vidieť na pravom grafe, ďalšia fáza hodnotenia zahŕňa ďalší typ testovania mimo vzorky, ktoré sa nazýva testovanie výkonu dopredu [19].

### 1.9.3 Forward testing

Forward testing - testovanie výkonnosti dopredu, známe tiež ako obchodovanie s papierom, poskytuje obchodníkom ďalší súbor údajov mimo vzorky, pomocou ktorých môžu vyhodnotiť systém. Testovanie Forward Performance je simuláciou skutočného obchodovania a zahŕňa sledovanie logiky systému na živom trhu. Nazýva sa to aj papierové obchodovanie, pretože všetky obchody sa vykonávajú iba na papieri, to znamená, že obchodné vstupy a výstupy sú dokumentované spolu s akýmkoľvek ziskom alebo stratou pre systém, ale žiadne skutočné obchody sa nevykonávajú [19].

## 2 ANALÝZA PROBLÉMU

Na začiatku nasledujúcej kapitoly si rozoberieme programy a platformy určené na spracovanie a manipuláciu veľkého množstva historických dát. Následne sa pozrieme na analýzu trhu, ktorá nám pomôže s výberom správnej komodity pre automatický obchodný systém. Keďže sa zameriavam na technickú analýzu, bude nasledovať analýza technických indikátorov. Po oboch častiach analýz budeme v ideálnom prípade vedieť aké technické indikátory v automatickom obchodnom systéme použiť.

### 2.1 Analýza programu MATLAB

Na riešenie matematických problémov, dátovú analýzu a optimalizáciu dát je často využívaným programom MATLAB. Pomocou rôznych nástrojov, matic, polí a operácií nad nimi, umožňuje manipuláciu s dátovými údajmi rôznymi spôsobmi [20].

Prostredie MATLABu je rozložiteľné a prispôsobiteľné podľa potrieb a preferencií užívateľa.

Skladá sa z niekoľkých okien:

- Príkazové okno – zadávanie príkazov na spracovanie,
- História príkazov – uchovanie histórie predchádzajúcich príkazov z príkazového okna,
- Pracovná plocha – užívateľské rozhranie, určené na prezeranie, editáciu, načítanie a ukladanie premenných,
- Aktuálny priečinok – užívateľské rozhranie určené pre manipuláciu so súbormi a adresármi,
- Editor – textový editor na vytváranie, úpravu, prípadne odstraňovanie chýb v súbore,
- Editor premenných – nástroj na prezeranie a úpravu polí v tabuľke,
- Profiler – nástroj na optimalizáciu súborov,
- Schémy – určené na vytváranie, zobrazenie a úpravu grafov a schém,
- Porovnávací nástroj – užívateľské rozhranie na porovnávanie textových súborov,
- Pomocník – užívateľské rozhranie určené na vyhľadávanie dokumentácie [20].

Komponenty MATLAB grafiky sa nazývajú objekty, definované ako kolekcia dát a funkcií, tvoriace jedinečný celok. Každý objekt má unikátny identifikátor, nazvaný handle, a vlastnosti s možnosťou úpravy podľa potrieb užívateľa [20].

Po dôkladnej analýze programu MATLAB a možností práce s ním bolo zistené, že jeho využitie v rámci tejto diplomovej práce nie je dostatočne efektívne. Na problematiku automatizovania obchodnej stratégie na finančných trhoch, bude optimálnejšie rozhodnúť sa pre platformu, ktorá obsahuje natívne funkcie pre prácu, určenú na finančných trhoch.

## **2.2 Výber platformy vhodnej na obchodnú stratégiu**

Pre úspešné obchodovanie na finančných trhoch je dôležité mať kvalitný obchodný systém, pomocou ktorého môžeme sledovať a analyzovať ceny a taktiež zadávať objednávky priamo k svojmu brokerovi. Tradingovým nástrojom je zvyčajne platforma na spomínané prevádzanie analýz, sledovanie portfólia a aktuálnych dát s možnosťou využitia technických indikátorov a nástrojov technickej analýzy. V neposlednom rade slúži taktiež na testovanie stratégie a zadávanie obchodných príkazov.

V dnešnej dobe je veľká časť podobných obchodných systémov zdarma, čo je veľká výhoda najmä pre začínajúcich traderov. Dôvodom je nárast konkurencie brokerov, z ktorých väčšina poskytuje demo verziu k testovaniu svojich stratégií. Ako bolo spomenuté, existuje mnoho platforiem, ponúkajúcich analýzu trhu, vykresľovanie grafov z dát získaných z burzy a zadávanie príkazov brokerovi. Okrem toho je veľa platforiem umožňujúcich programovať automatických obchodných stratégií [21].

Nižšie si uvedieme najznámejšie platformy na obchodovanie:

- xStation,
- R Trader,
- SaxoTraderPRO,
- JForex,
- MetaTrader [22].

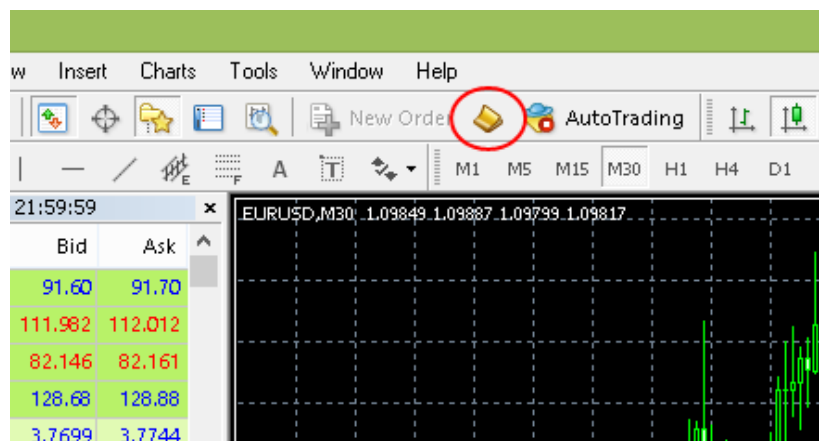
### **2.2.1 Platforma MetaTrader 4**

Stratégiu sme sa rozhodli pripraviť v platforme MetaTrader 4. V súčasnej dobe patrí medzi najvyužívanejšiu platformu pri obchodovaní, s ktorou spolupracuje veľké

množstvo brokerov. Uvedenú platformu vyvinula spoločnosť MetaQuotes Software. Výhodou pri jej používaní je možnosť nastavení pre svoj rodný jazyk. Ďalšími výhodami je, ako som už spomenul, že väčšina lepších brokerov ponúka plnú verziu s dátami pre fiktívne obchodovanie spolu s historickými dátami. Poskytuje priamy a pohodlný prístup na trh bez výrazného meškania. Čo sa týka užívateľského rozhrania, MetaTrader vyniká pomerne vysokou intuitívnosťou a jednoduchým ovládaním. V neposlednom rade je veľkou výhodou možnosť automatického obchodovania a ponuky veľkého množstva indikátorov na prevedenie technickej analýzy [23].

### 2.2.2 MetaQuotes Language - MQL

MQL je programovací jazyk z dielne spoločnosti MetaQuotes, ktorá je zároveň prevádzkovateľom rozšírenej obchodnej platformy MetaTrader určenej na obchodovanie CFD derivátov. Modul pre tvorbu a úpravy automatických obchodných systémov, ale aj indikátorov a ďalších programov určených pre beh v MetaTrader, je dodávaný priamo s platformou a nazýva sa MetaEditor. MetaEditor nájdeme v platforme v ponuke Nástroje - Editor jazyka MetaQuotes alebo priamo z ikony v hornom paneli nástrojov, ako je možné vidieť na obrázku nižšie [24].



**Obrázok 11: MetaEditor v platforme Metatrader**  
(Zdroj: 24)

Z programátorského hľadiska je MQL jazykom odvodeným z jazyka C++. Znalosť C++ je teda výhodou, ale nie je nutné mať skúsenosti s C++ na naučenie programovania v MQL [24].

## Základné pojmy v MQL

Teraz zhrnieme niektoré dôležité základné pojmy, s ktorými sa budete ďalej stretávať a ktoré sú podstatné pre porozumenie:

- **Exekúcia** - Prevedenie algoritmu terminálom MetaTrader. Pri exekúcii terminál postupne číta kód programu a podľa toho koná príslušné akcie v termináli MetaTrader.
- **Kontrola** - Tá časť programu, ktorá sa práve exekuuje. Inými slovami tá časť kódu, ktorú terminál aktuálne číta a vykonáva.
- **Tick** - Nová prichádzajúca cena. Väčšina programov sa exekuuje práve pri každom novom ticku.
- **Komentár** - Časť programu, ktorá sa neexekuuje. V kóde sa jedná o tú časť riadku, ktorá začína dvoma lomítkami za sebou. MetaEditor nám tieto časti pre prehľadnosť zafarbí na sivo a pri exekúcii ich preskakuje. Možno sa to nezdá, ale popisovanie častí kódu je kriticky dôležité, aby sa v kóde vyznal nielen ktokoľvek iný, ale aj autor sám [24].

MQL ponúka tvorbu programov slúžiacich k analýze trhu a automatickému obchodovaniu:

- **Expert Advisor** – automatický obchodný systém je programovateľná aplikácia, samostatne prevádzajúca obchodov a analýzy trhu
- **Script** – aplikácie prevádzajúce relatívne jednoduchých, avšak veľmi často používaných akcií. Ako príklad si môžeme uviesť uzatváranie všetkých objednávok alebo odstránenie objektov z grafu.
- **Indikátor** – vlastný indikátor, ktorý je podobný integrovaným indikátorom do platformy [24].

## 2.3 Výber brokera

Po vybraní platformy je ďalším dôležitým krokom výber brokera. Broker je sprostredkovateľ, či už jednotlivец alebo spoločnosť, kupujúca alebo predávajúca príkazy na základe rozhodnutia obchodníka. Brokeri sú ziskoví za účtovanie poplatkov za služby

ale najmä na spreade, čo je rozdiel medzi nákupnou a predajnou cenou. Nižšie si zhrnieme kritériá zrovnania brokerov podľa základných charakteristík:

- **Platforma** – Každý broker by mal ponúkať aspoň jednu či viacero platforiem pre obsluhu či už reálneho alebo demo účtu. MetaTrader je jednou z najvyužívanejších platforiem, avšak existuje mnoho ďalších. Najdôležitejšie je zvoliť si platformu, ktorá spĺňa predstavy užívateľa. Ovládanie a obsluha platformy by malo byť intuitívne a prehľadné. Všetky potrebné informácie by mali byť dostupné pri každom prípade.
- **Regulácia** – Ďalším veľmi dôležitým faktorom je bezpečnosť, s ktorou súvisí taktiež to, či je broker registrovaný u regulačného úradu. V Českej republike je regulačným úradom Česká národná banka. Jeho funkciou je ochrana verejnosti proti podvodom a nezákonným obchodným praktikám. Dôležité je skontrolovať si, či má spoločnosť čisté regulačné záznamy a dobré finančné zázemie.
- **Komunikácia** – Rýchlosť a efektívna komunikácia brokera je taktiež dôležitým faktorom, či už sa jedná o komunikáciu cez telefón, email alebo chat.
- **Poplatky, spread** – Poplatky z obchodov, známe ako spread, sú hlavným zdrojom príjmov každého brokera, a preto sa ich snažia mať čo najvyššie. V dnešnej dobe je však konkurencia brokerov stále vyššia, čo ich núti tieto poplatky znižovať. Je potrebné si teda vybrať takého brokera, ktorý ponúka všetky potrebné služby, čo užívateľ potrebuje, pričom poplatky sú v prijateľnej výške.
- **Dostupnosť dát** – Vzhľadom na vysokú konkurenciu, je dostupnosť historických dát a indikátorov samozrejmosťou takmer u každého brokera. Je dôležité overenie si ponuky dostupných menových párov, v našom prípade komodít zlata a ropy. Keďže pracujeme s demo účtom, nie každý broker ponúka v tomto režime dostatočné historické dáta uvedených komodít.

### 2.3.1 Broker - Admiral Markets

Keďže sa v praktickej časti budeme venovať obchodovaniu s komoditami ako sú zlato a ropa, bola voľba správneho brokera čiastočne obmedzená, pretože nie každý z brokerov má dostatočné dáta nad uvedenými komoditami pri demo účtoch. Admiral Markets však

spĺňa požiadavky potrebné pre úspešné analyzovanie a prácu so stratégiou, ktorú si priblížime v poslednej kapitole.

Admiral Markets je estónska maklérska firma založená v roku 2001. Je to celosvetový poskytovateľ finančných inštrumentov umožňujúci obchodovať forex, akcie a spomínané komodity. Podlieha regulácii v medzinárodnom meradle podľa smernice MiFI (Markets in Financial Instruments Directive). Činnosť brokera má pod dohľadom aj Česká národná banka spolu s estónskou FSA. Pre začínajúcich traderov je tu výhoda založenia časovo neobmedzeného demo účtu. Následne pre reálne obchodovanie je používaný základný účet Admiral Markets, ktorý je takmer bez poplatkov. Na výber sú tu dodatočné účty, ktoré sú spoplatnené, avšak obsahujú viacero inštrumentov a ďalších parametrov. Broker ponúka niekoľko obchodných platforiem. Medzi najobľúbenejšie patria MetaTrader 4 a MetaTrader 5. Ďalšou výhodou brokera je pobočka v Prahe a telefonická podpora v Českej republike [25].

## **2.4 Analýza komoditného trhu**

Komoditný trh je jedným z najzaujímavejších segmentov finančných trhov. Komoditou je zvyčajne prírodný zdroj, ktorý môže byť ďalej spracovaný a predaný. Patria sem poľnohospodárske suroviny, kovy, energetické zdroje, horniny a oveľa viac. Komodity sú jedinečným sektorom finančných trhov. Najzaujímavejším aspektom obchodovania komodít je komplexný vzťah medzi ponukou a dopytom, ekonomickými faktormi a spotrebiteľskými zvykmi, určujúcimi pohyby cien. Nákup a predaj komodít zvyčajne prebieha prostredníctvom štandardizovaných futures kontraktov na niekoľkých burzách. Obchodovanie komodít prostredníctvom kontraktov má svoje dôsledky. Futures umožňujú obchodníkom nakupovať a predávať komodity bez potreby uskladnenia a vďaka tomu môžu byť špekulanti súčasťou trhu. Trh s komoditami sa od ostatných trochu líši. Okrem fundamentálnych aspektov, hrá svoju rolu aj technická analýza [26].

### **2.4.1 Ropa (Crude Oil)**

Obchodovanie s ropou ponúka vynikajúce príležitosti na zisk takmer vo všetkých trhových podmienkach vďaka svojej jedinečnej pozícii v rámci svetových ekonomických

a politických systémov. V posledných rokoch tiež prudko vzrástla volatilita energetického sektoru, zabezpečujúca silné trendy, ktoré môžu priniesť konzistentné výnosy pre krátkodobé swingové obchody a dlhodobé stratégie. Účastníci trhu často nedokážu plne využiť fluktuácie ropy buď preto, že sa nenaučili jedinečné vlastnosti týchto trhov, alebo preto, že si neuvedomujú skryté úskalia, z ktorých môžu zisky plynúť. Okrem toho nie všetky finančné nástroje zamerané na energiu sú vytvárané rovnako, pričom podmnožina týchto cenných papierov pravdepodobne prinesie pozitívne výsledky [27].

Ropa prechádza vnímaním ponuky a dopytu ovplyvneným svetovou produkciou, ako aj globálnou ekonomickou prosperitou. Nadmerná ponuka a znižujúci sa dopyt povzbudzujú obchodníkov k predaju na trhoch s ropou, zatiaľ čo rastúci dopyt a klesajúca alebo stagnujúca produkcia nabádajú obchodníkov k tomu, aby ponúkali ropu vyššie. Na trhoch s termínovými obchodmi s energiou dominujú profesionálni obchodníci a zaistovatelia, pričom hráčov v tomto priemysle zaujímajú pozície na vyrovnanie fyzickej angažovanosti, zatiaľ čo hedžové fondy špekulujú o dlhodobom a krátkodobom smerovaní. Maloobchodní obchodníci a investori tu majú menší vplyv ako na emotívnejších trhoch, ako sú napríklad drahé kovy [27].

Práve vďaka vyššie uvedenému si, pre porovnanie, v nasledujúcej časti rozoberieme aj jeden z drahých kovov, konkrétne zlato.

## **2.4.2 Zlato**

Historicky bolo zlato vždy cenné a používané tak, aby krylo nejaké iné ceniny - typicky peniaze. Rada zemí pri vydávaní bankoviek zaviedla tzv. zlatý štandard, ktorý mal určiť hodnotu vydaných bankoviek s hodnotou zlata. Aj keď zlato nie je predmetom každodenných transakcií, je stále dôležité pre globálnu ekonomiku. Stačí sa pozrieť na rozvody centrálnych bánk a iných finančných organizácií, napríklad Medzinárodný menový fond. Tieto organizácie držia jednu pätinu svetovej ponuky nadlimitného zlata. Niekoľko centrálnych bánk k súčasným zlatým rezervám ešte ďalšie pridávajú. Investície a obchodovanie so zlatom slúžia niekoľkým dôležitým cieľom, ktoré si preberieme nižšie [28].



### **Zlato ako ochrana proti inflácii**

Kým zlato je schopné zachovať bohatstvo po stovky generácií, o papierových peniazoch sa to povedať určite nedá. Obchodovanie so zlatom môže slúžiť ako dobrá ochrana proti inflácii, ktorá je schopná totálne znehodnotiť hodnotu peňazí. Sedemdesiate roky predstavujú príklad rastu cien zlata uprostred rastúcej inflácie. Táto myšlienka sa stupňuje v prostredí, kde investori čelia poklesu ceny amerického dolára [28].

### **Zlato ako ochrana proti klesajúcemu doláru**

Dôvodom, prečo zlato ťaží z klesajúceho amerického dolára je globálne oceňovanie zlata práve v amerických dolároch. Pre tento vzťah existujú dva dôvody. Po prvé, tí, ktorí investujú do zlata, musia predávať svoje americké doláre, čo vedie k poklesu tejto meny. Druhý dôvod súvisí s tým, že oslabenie dolára robí zlato lacnejšie pre investorov, ktorí majú iné meny a o investovaní do zlata prejavia záujem. To má za následok väčší dopyt od investorov, ktorí držia meny, čo voči americkému doláru posilnilo [28].

### **Zlato ako bezpečné úložisko**

Politické napätie, ekonomickej neistoty, obchodné vojny, kolapsy mien, poklesy akciových trhov, všade tam zlato slúži ako jeden z bezpečných úložísk práve pre svoju schopnosť uchovať si hodnotu aj v ťažkých časoch. História je plná zrútených impérií, politických prevratov a kolapsov a tí ktorí držali zlato, boli schopní úspešne ochrániť svoje bohatstvo a uniknúť nepokojom [28].

### **Zlato ako diverzifikácia**

Zlato je všeobecne považované za diverzifikačnú zložku investícií. Je zrejmé, že zlato historicky slúžilo ako investícia, ktorá môže do portfólia pridať potrebný prvok zabezpečenia, bez ohľadu na to, či sa obávate inflácie, klesajúceho amerického dolára alebo chránite majetok pred kolapsom [28].

## **2.5 Technická analýza**

Ako sme si v teoretickej časti povedali, technická analýza je založená na myšlienke, že prakticky všetky relevantné informácie k obchodu možno vyčítať z grafu a tieto informácie sa objavujú skôr, ako verejnosť zareaguje. V súvislosti s technickou analýzou sa pozrieme na analýzu určitých indikátorov, využívajúcich sa na uľahčenie orientácie v grafoch a determinovanie nákupu, či predaja komodity.

### 2.5.1 Kľzavé priemery (MA)

Kľzavé priemery sú typickou „following“ metódou, čo značí metódu, ktorá nasleduje trend. Metoda kľzavých priemerov je veľmi názorne schopná ukázať druh nastúpeného trendu, ale predovšetkým identifikovať a potvrdiť jeho zmenu. Pojem kľzavý naznačuje zmenu, pohyb tohto priemeru po kurzovej rade. V dôsledku tohto pohybu priemeru po kurzovej rade je potom možné kľzavý priemer zachytiť smer vývoja kurzu hore či dole, avšak s určitým oneskorením [29].

Kľzavé priemery sú veľmi frekventovaný a spoľahlivý nástroj technickej analýzy. Je ich možno aplikovať na rôzne typy kurzov – otváracie, uzatváracie, maximálne, minimálne, priemerné, alebo na hodnoty určitého indikátoru, na objemy obchodov či na údaje o open interest. Metoda kľzavých priemerov taktiež slúži ako základ pre konštrukciu celej rady ďalších technických indikátorov ako napríklad MACD, Envelope, Bollingerovy pásy, Price oscilátor, Stochastic, McClellanov oscilátor a ďalšie. Kľzavé priemery taktiež predstavujú pomocný technický nástroj pre vyhľadanie veľmi kolísavej kurzovej rady alebo vývoja objemov obchodov s obdobným účelom ako je vyhľadanie prevádzaného pomocou trendových línií [29].

#### Konštrukcia a interpretácia metódy

Kľzavý priemer predstavuje priemerný kurz instrumentu alebo priemernú hodnotu indikátoru za určité vymedzené obdobie, ktoré je každý ďalší obchodný deň opravované, napríklad tak, že je vždy najnovšia hodnota kurzu z najaktuálnejšieho obchodného dňa do výpočtu zahrnutá, zatiaľ čo najstaršia hodnota kurzu je z výpočtu vyňatá [29].

V praxi je kalkulovaných niekoľko druhov kľzavých priemerov s odlišným spôsobom konštrukcie, ktoré sa líšia nielen postupom výpočtu, ale najmä svojou výpovednou schopnosťou a citlivosťou, čo je dané predovšetkým rôznymi váhami, ktoré sú priradované jednotlivým použitým dátam. Konkrétne sa jedná o tieto druhy kľzavých priemerov:

- Jednoduchý kľzavý priemer
- Vážený kľzavý priemer
- Exponenciálny kľzavý priemer
- Trojuholníkový kľzavý priemer
- Premennivý kľzavý priemer

- Kľzavý priemer prispôbených objemov
- Kľzavý priemer na predpoveď časových rád [29]

Rozhodovanie analytika o dĺžke časovej periódy kľzavého priemeru je determinované dĺžkou trendu, ktorý si praje pomocou kľzavého priemeru identifikovať a sledovať, a teda či sa jedná o hodiny, dni, týždne, mesiace, polroky alebo roky. Konkrétne údaje o druhoch trendov podľa dĺžky, významu a dĺžky časovej periódy kľzavého priemeru, ktorú je treba nastaviť pri sledovaní jednotlivých trendov, je možné vidieť v nasledujúcej tabuľke č.2. [29].

**Tabuľka 2: Druhy trendov podľa dĺžky, významu a dĺžky časovej periódy kľzavého priemeru**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 29)

Dĺžka trendu, ktorý je kľzavým priemerom sledovaný	Dĺžka periódy kľzavého priemeru
Veľmi krátky trend	5 - 13 obchodných dní
Krátkodobý (terciálny) trend	14 - 25 obchodných dní
Vedľajší stredný trend	26 - 49 obchodných dní
Stredný (sekundárny) trend	50 - 100 obchodných dní
Dlhodobý (primárny) trend	100 - 200 obchodných dní

Kľzavý priemer určuje smer trendu. To je jeho primárna funkcia. Keď kľzavý priemer rastie, značí to že aj trend je rastúci. Naopak, klesá ak je aj trend klesajúci. Perióda kľzavého priemeru ukazuje na dlhodobosť či krátkodobosť trendu. Smer kľzavého priemeru s periódou 20 ukazuje na krátkodobejší trend, zatiaľ čo smer priemeru s periódou 200 ukazuje na smer dlhodobejšie. Často sa preto kombinujú krátkodobý a dlhodobý kľzavý priemer. Kľzavý priemer je dobrým nástrojom pre odhad vrchole či dna trendového trhu a pre miesto načasovanie vstupu. Vzhľadom na to, že veľká časť investorov používa tento indikátor, cena má tendenciu na neho reagovať. Je ale potrebné pochopiť, že každý trh je iný a aj kľzavý priemer je potreba na jednotlivých trhoch trochu viac nasledovať [30].

## Logika za používaním kľavých priemerov

### a) Rastúci trend

Predpokladáme, že cena po prerazení línie kľavého priemeru zostáva nad jeho hodnotami. Línia priemeru ďalej funguje ako línia podpory. Rýchlosť reakcie priemeru na zmenu správania trhu je závislá na použitej perióde. Pokiaľ línia priemeru "doženie" cenu, znamená to, že momentum oslabilo a vzniká riziko korekcie [30].



Obrázok 12: Kľavé priemery pre rastúci trend  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### b) Klesajúci trend

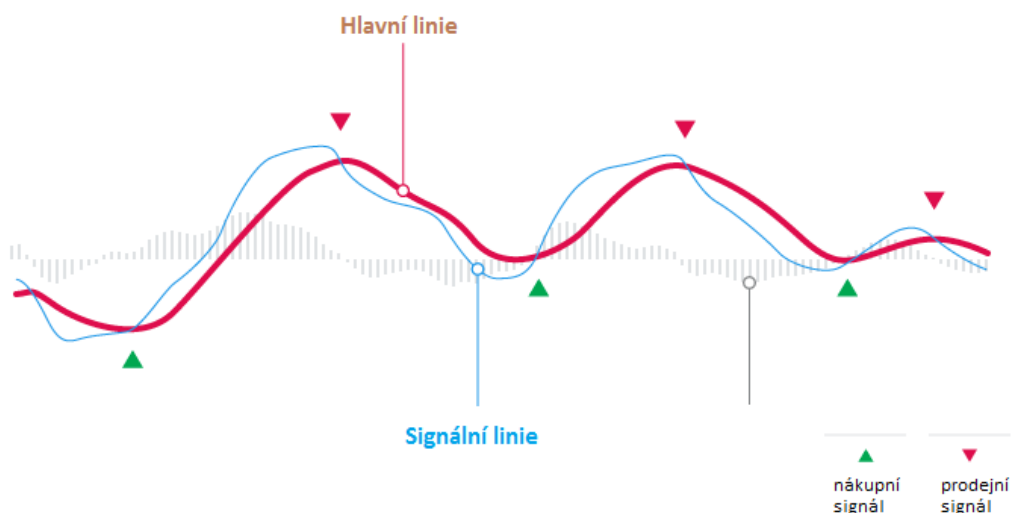
Opačne k rastúcemu trendu je tu pre nás signálom prerazenie smerom nadol. Pre potvrdenie predpokladáme, že sa cena bude držať pod líniou. K potenciálnemu konci pohybu dochádza, ak línie doženie cenu a prerazí smerom nad ňou [30].



Obrázok 13: Kľavé priemery pre klesajúci trend  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

## 2.5.2 MACD

MACD je skratka pre Moving Average Convergence Divergence a jedná sa o tzv. Momentum indikátor, ktorý je kalkulovaný na základe niekoľkých kĺzavých priemerov. Ukazuje smer trendu a predovšetkým jeho silu a dynamiku. Okrem toho uvedený indikátor vysiela nákupné či predajné signály. MACD sa skladá z dvoch línií a každá z nich je kalkulovaná rozdielnym spôsobom. Hlavná MACD línia je počítaná ako rozdiel kĺzavého priemeru za posledných 26 sviečok a priemernej ceny za posledných 12 sviečok. Druhá línia, na ktorú v tomto indikátore narazíme, je línia signálna. Ide o exponenciálny priemer spočítaný za posledných 9 sviečok. Obe krivky dohromady tvoria MACD indikátor. Dôležitý je nielen sklon a smer týchto línií, ale aj to, kde sa pretnú, čo sa považuje za nákupný prípadne predajný signál [31].



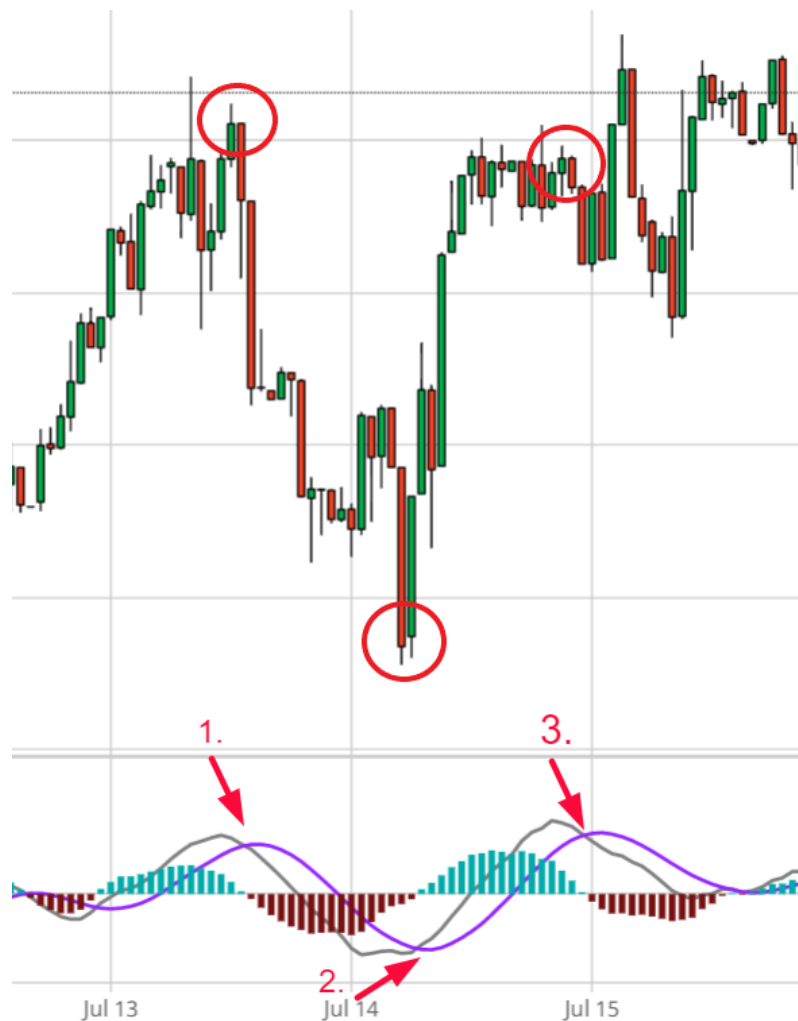
**Obrázok 14: Technický indikátor MACD**  
(Zdroj: 31)

### Signály MACD

V prvom rade MACD ukazuje na smer trendu. S rastúcou líniou MACD vieme, že trend je rastúci. Ak línia klesá, je aj trend klesajúci. Ďalej ukazuje nákupné a predajné signály práve vďaka kríženiu hlavnej línie s líniou signálnou. Ak je hlavná MACD línia skrížená signálnou líniou zdola hore, považuje sa to za nákupný signál. Pokiaľ naopak MACD líniu skríži línia signálna zhora nadol, považuje sa to za predajný signál [31].

Nakoniec, indikátor MACD vypovedá aj o sile a dynamike trendu. Čím väčšia je vzdialenosť medzi jednotlivými líniami, tým je trend prudší. Optikou histogramu ide jednoducho o veľkosť sviečok. Čím vyššia je svieca, tým je silnejší trend. MACD je tzv. momentum indikátor - teda trendový indikátor postavený na kľzavých priemeroch, s ktorým sa dá veľmi dobre určiť či trend silnie alebo slabne [31].

Je to indikátor založený na meraní rozdielov medzi 2 exponenciálnymi kľzavými priermi daného aktíva a následne na to ich porovnáva s exponenciálnym 9-periódovým priemerom. Za relevantné obdobie pre tvorbu MACD sa používajú periódy 12 a 26. Pointa jeho fungovania je v tom, že napríklad 12-denný priemer je rýchlejší, zatiaľ čo 26-denný priemer pomalší. Je to spôsobené skutočnosťou, že priemer 12 hodnôt reaguje na zmeny rýchlejšie ako priemer 26 hodnôt. Ten druhý je preto nie len pomalší, ale aj plochejší, čiže nemá tak veľkú volatilitu. Použitie kratšieho z priemerov produkuje rýchlejší, citlivejší, ale bohužiaľ aj chybnejšie výsledky. Zatiaľ čo dlhší priemer je spoľahlivejší a odolnejší voči krátkodobým výkyvom. K účelom výpočtu sa používajú hodnoty uzatváracej ceny. Výsledkom je línia, ktorá osciluje okolo nuly – nad uvedenou hodnotou alebo pod ňou [32].



**Obrázok 15: Príklad MACD**  
(Zdroj: vlastné spracovanie)

Za býčiu situáciu, čiže predpoklad pozitívneho budúceho vývoja, sa považuje moment, kedy krivka MACD pretína smerom zdola 9-dennú EMA (Exponential Moving Average – exponenciálny kľzavý priemer). Tomuto momentu v predchádzajúcom obrázku č.15 odpovedá zaznačená situácia číslo 2. Naopak predajné signály názorne vidíme v situácii 1 a 3. Histogram, ktorý často pre prehľadnosť dopĺňa MACD, udáva pozitívny alebo negatívny rozdiel opäť medzi MACD a 9-denným EMA. Samozrejme, že v bodoch pretnutia oboch línií je hodnota doplnkového stĺpcového grafu histogramu nulová. Pri nastavení 12 – 26 – 9 dní je zrejme isté meškanie, s ktorým priemery vyhodnocujú už historickú situáciu. Pri uvedenom nastavení je teda nutné vychádzať z najmenej 3 mesačného historického vývoja cien danej komodity, či akcie. Pri dlhšom nastavení dôb priemeru minimalizujeme percento chýb náhodných zmien, teda riziko predikcie, ale aj veľkosť zisku [32].

### 2.5.3 ADX

Indikátor technickej analýzy ADX alebo index priemerného smerového pohybu popisuje, či je trh trendový alebo nie. V kombinácii s DMI+ a DMI- môže generovať potenciaálne signály nákupu a predaja. Hlavným účelom ADX je zistiť, či je stav akcií, menových párov, alebo v našom prípade komodít, trendový alebo bez trendu. Určenie, v akom režime sa trh nachádza, je užitočné, pretože môže obchodníka viesť k tomu, ktoré ďalšie ukazovatele technickej analýzy má použiť. Smer ktorým sa pohybuje ADX, nezávisí od smeru podkladovej komodity, akcie, či menového páru. Všetko čo ukazuje ADX je sila trendu [33].

- Silný vzostupný trend = nárast ADX
- Silný klesajúci trend = nárast ADX [33]

ADX je efektívnym doplnkom k ďalším technickým indikátorom, pretože môže obchodníkovi pomôcť vyhnúť sa nástrahám niektorých ukazovateľov [33].

**Tabuľka 3: ADX sila trendu**

(Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 34)

Hodnota ADX	Trend
20 a menej	Trh bez trendov
20 - 30	Mierny trend
30 - 50	Silný trend
50 a viac	Veľmi silný trend



**Obrázok 16: Technický indikátor ADX**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.17 sú znázornené ADX – biela farba, +DMI – zelená farba, -DMI – červená farba. Samotný indikátor ADX je zložený z dvoch ďalších indikátorov, +DMI a +DMI,



pozitívny smerový indikátor a negatívny smerový indikátor. Uvedené indikátory už poukazujú na silu samotných trendov. +DMI vyjadruje silu rastúceho trendu a -DMI vyjadruje analogicky silu klesajúceho trendu. Ich kumuláciou dostávame indikátor DX, a po vyhladení trendu všeobecne spolu tvoria komplexný Systém smerového pohybu. Kvôli vyššie uvedenému sa ADX niekedy označuje ako DMI, Directional Movement Indicator, teda indikátor smerového pohybu [35].

### **Využitie ADX**

Ak hodnoty indikátora ADX prekročia hodnotu 20 smerom nahor, ide pravdepodobne o začiatok nového trendu, či už rastúceho alebo klesajúceho, sila trendu začína rásť. Ak hodnoty indikátora klesnú pod 40, ide pravdepodobne o koniec trendu – sila trendu začína slabnúť. Pre rozhodnutie, či vstúpiť do krátkej alebo dlhej pozície je možné používať spomínané súčasti ADX, a teda indikátory +DMI a -DMI [35].

Pre rastúci trh je charakteristické, že +DMI rastie a -DMI klesá, pre klesajúci trh je naopak typické, že rastie hodnota -DMI a klesá hodnota +DMI. Ak teda +DMI vzrastie nad -DMI smerom nahor, znamená to, že prevahu získava býčí trh a ide o rastúci trend. Ak -DMI vzrastie nad hodnotu +DMI, prevahu získava medvedí trh a jedná sa o klesajúci trend [35].

Obchodníci sa vyhýbajú trhom, kde sa +DMI a -DMI pohybujú paralelne vedľa seba, bez výraznejšieho náznaku vzrastu ktoréhokoľvek z uvedených indikátorov. Vtedy sa trh pravdepodobne pohybuje do strany, bez prevládajúceho trendu [35].

### **3 VLASTNÝ NÁVRH RIEŠENIA**

V nasledujúcej časti sa budeme venovať algoritmickej obchodovaniu. Najskôr si pripravíme jednoduché procedúry, vyhodnocujúce signály nákupu a predaja na základe jednotlivých technických indikátorov, spomenutých v predošlej kapitole.

V ďalšej časti pripravíme rozsiahlejšiu obchodnú stratégiu, obsahujúcu kombináciu uvedených technických indikátorov. Následne budeme vytvorenú stratégiu optimalizovať a porovnávať chovanie modulu na rôznych komoditách ako sú zlato a ropa, v meniacich sa časových horizontoch. Inými slovami, budeme testovať procedúru na diferencovaných vzorkách historických dát.

Na záver pripravíme finančné zhodnotenie hlavnej obchodnej stratégie porovnané so zhodnotením spomínaných jednoduchých procedúr.

#### **3.1 Jednoduché procedúry založené na jednom z technických indikátorov**

V nasledujúcej časti si priblížime jednotlivé technické indikátory, analyzované v predchádzajúcej kapitole. Pripravíme jednoduché procedúry vyhodnocujúce signály nákupu a predaja na základe uvedených technických indikátorov. Jednoduché sú z dôvodu využitia vždy len jedného z indikátorov v určitej procedúre. Počiatočný kapitál použitý v jednoduchých procedúrach bude nižší ako kapitál využitý v hlavnom module, keďže sa v uvedených jednoduchých procedúrach počíta s vyšším rizikom. Vstupnými hodnotami oboch jednoduchých procedúr bude Stop-Loss a Take-Profit vo výške 70 dolárov. Výsledky každej z procedúr si zhrnieme v tabuľkách a porovnáme aj graficky. Následne porovnáme nadobudnuté výsledky z jednoduchých procedúr aj so spomínaným vlastným návrhom modulu obsahujúceho kombináciu uvedených technických indikátorov.

### 3.1.1 Procedúra založená na kĺzavých priemeroch

#### Princíp procedúry

Pomocou jednoduchej podmienky s kĺzavými priemermi, kde sa hodnota uvedeného technického indikátora porovnáva s hodnotami vstupnej a výstupnej ceny jednotlivých sviečok sme pripravili procedúru. Na základe spomínanej podmienky si procedúra vyhodnocuje signál nákupu, či predaja. Ako je možné vidieť na obrázku č.18, pokiaľ určitá sviečka vstúpi na trh s hodnotou menšou ako hodnota kĺzavého priemeru a vystúpi z cenou vyššou ako hodnota kĺzavého priemeru, považuje to procedúra za signál nákupu, pretože očakáva nárast ceny. Pri signály predaja je naopak vstupná hodnota ceny sviečky vyššia ako výstupná.



Obrázok 17: Signál nákupu pri kĺzavých priemeroch  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

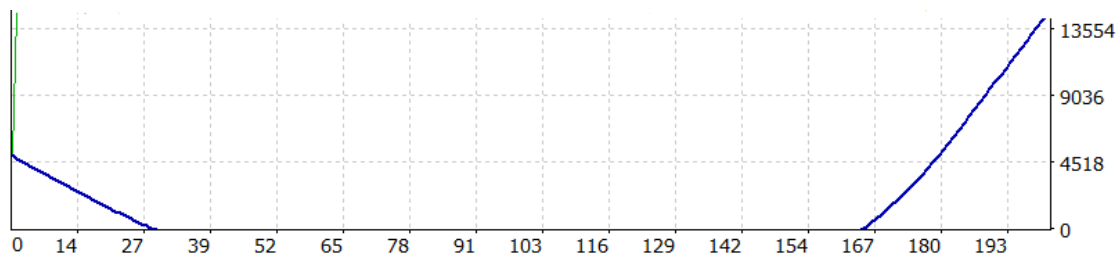
## Výsledky procedúry

Keďže sa jedná o veľmi prostú procedúru, kde o signály predaja či nákupu rozhoduje jednoduchá podmienka hodnoty kĺzavého priemeru porovnávaná so vstupnou a výstupnou cenou určitej sviečky, riziko je pomerne vysoké. Kvôli tomu je vstupný kapitál nastavený na menšej hodnote ako tomu bude pri hlavnom module.

**Tabuľka 4: Výsledky backtestu „out of sample“ nad indikátorom MA**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

MA (Kĺzavé priemery)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2014.01.01 - 2018.12.31
Počiatkový depozit	5000.00 USD
Transakcie celkom	200
Počet ziskových transakcií	96
Počet stratových transakcií	104
Priemerný ziskový obchod	224.31 USD
Priemerný stratový obchod	-114.42 USD
Hrubý zisk	21534.20 USD
Hrubá strata	-11899.80 USD
Ziskový faktor	1,81
Celkový čistý zisk	9634.40 USD

Ako je možné vidieť v tabuľke č.4, výsledky backtestu jednoduchej procedúry založenej na kĺzavých priemeroch vyšli pozitívne s celkovým čistým ziskom 9634,4 dolárov. Napriek tomu, že je nastavený denný časový rámec, počet transakcií backtestu bol pomerne vysoký, konkrétne 200. Z toho stratových transakcií bolo 104 a ziskových 96, čo poukazuje na riziko používania podobnej procedúry, založenej na jednoduchej podmienke. Napriek nepriaznivému pomeru stratových a ziskových transakcií, vyšli nad testovaným obdobím kladné výsledky, čo bolo spôsobené vyššími hodnotami pri ziskových transakciách oproti stratovým. Netreba sa však spoliehať na vyššie hodnoty pri ziskových transakciách, pretože ich môže byť výrazne menej pri testovaní nad iným obdobím.



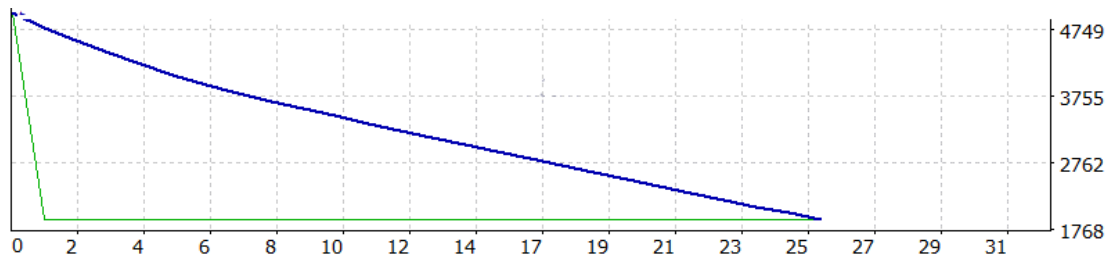
**Obrázok 18: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" nad indikátorom MA**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.18 sú výsledky z prvého backtestu, zobrazené graficky. V nasledujúcej tabuľke sú zobrazené výsledky procedúry spustenej nad iným obdobím.

**Tabuľka 5: Výsledky backtestu "in sample" nad indikátorom MA**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

MA (Kľzavé priemery)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2019.01.01 - 2020.12.31
Počiatočný depozit	5000.00 USD
Transakcie celkom	25
Počet ziskových transakcií	0
Počet stratových transakcií	25
Priemerný ziskový obchod	0 USD
Priemerný stratový obchod	-123.11 USD
Hrubý zisk	0 USD
Hrubá strata	-3077.80 USD
Ziskový faktor	0,00
Celkový čistý zisk	-3077.80 USD

Z negatívnych výsledkov v tabuľke č.5 môžeme konštatovať, že využitie procedúry s jednoduchou podmienkou založenou na kľzavých priemeroch je pomerne rizikové a napriek priaznivým výsledkom z prvého testingu, v druhom testingu nebola ani jedna zisková transakcia. Konštatujeme teda, že využitie podobnej procedúry je veľmi ovplyvnené trendom v akom sa komodita zrovna nachádza. Výsledky z druhého testingu si zobrazíme aj graficky na obrázku nižšie.



**Obrázok 19: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" nad indikátorom MA**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.1.2 Procedúra založená na indikátore MACD

#### Princíp procedúry

Ako sme si v predošlej kapitole spomenuli, indikátor MACD využíva dve línie kalkulované rozdielnym spôsobom. Jedna je hlavná línia, počítaná rozdielom kĺzavého priemeru za posledných 26 sviečok a priemernej ceny za posledných 12 sviečok. Druhá línia je signálna, pričom ide o exponenciálny priemer spočítaný za posledných 9 sviečok. Výsledkom je línia ktorá osciluje okolo nuly, pričom MACD dosiahne hodnoty 0 pokiaľ sa hlavná a signálna línia pretnú. S uvedenou výslednou hodnotou budeme v prípade nasledujúcej jednoduchej procedúry pracovať, s tým, že nám posluží ako signál predaja či nákupu. Konkrétne budeme sledovať výslednú hodnotu MACD pri aktuálnej sviečke a zároveň hodnotu MACD pri predošlej sviečke, pričom obe hodnoty budeme porovnávať s nulou.



**Obrázok 20: Signály nákupu a predaja pri procedúre s indikátorom MACD**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.20 je názorný príklad oboch signálov. Výsledná hodnota MACD je histogram, oscilujúci okolo nuly. Na obrázku máme znázornené signály, ktoré je vidno z uvedeného histogramu.

- **Signál nákupu (1 prípad)** – hodnota MACD na histograme pri predošlej sviečke je menšia od 0 a zároveň hodnota MACD pri aktuálnej sviečke je väčšia od 0,
- **Signál predaja (2 prípad)** – hodnota MACD na histograme pri predošlej sviečke je väčšia od 0 a zároveň hodnota MACD pri aktuálnej sviečke je menšia od 0

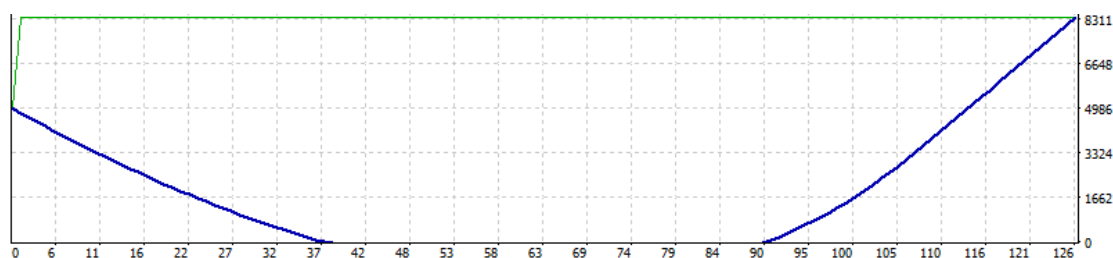
### Výsledky procedúry

Podobne ako pri prvej procedúre, o signáloch predaja či nákupu rozhoduje jednoduchá podmienka. V tomto prípade je podmienka založená na výsledných hodnotách indikátora MACD pri aktuálnej a predošlej sviečke. Z tohto dôvodu je pri backtestoch používaný menší kapitál ako pri hlavnej procedúre, ktorú si priblížime neskôr.

**Tabuľka 6: Výsledky backtestu „out of sample“ nad indikátorom MACD**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

MACD	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2016.01.01 - 2018.12.31
Počiatkový depozit	5000.00 USD
Transakcie celkom	126
Počet ziskových transakcií	61
Počet stratových transakcií	65
Priemerný ziskový obchod	159.60 USD
Priemerný stratový obchod	-98.03 USD
Hrubý zisk	9735.60 USD
Hrubá strata	-6371.90 USD
Ziskový faktor	1,53
Celkový čistý zisk	3363.70 USD

Z tabuľky č.6 môžeme vyčítať že backtest nad jednoduchou procedúrou založenou na technickom indikátore MACD vyšiel v kladných číslach s celkovým čistým ziskom necelých 3364 dolárov. Transakcií bolo pri skúmanej procedúre menej, čo je spôsobené užším časovým obdobím a taktiež faktom, že indikátor MACD používa tri rôzne periódy kľzavých priemerov a teda podmienka signálu nákupu či predaja je ovplyvnená o niečo väčším množstvom faktorov. Napriek tomu je 126 transakcií pomerne vysoké číslo, keď berieme do úvahy používanie denného časového rámca. Podobne ako pri prvej jednoduchšej procedúre je počet stratových obchodov o pár transakcií vyšší ako počet ziskových obchodov. Celkový čistý zisk však vyšiel kladný, čo je spôsobené výrazne vyšším priemerným ziskovým obchodom v porovnaní s výškou stratových obchodov. Rovnako však treba brať do úvahy jednoduchosť podmienky pri sledovanej procedúre a rátať s možným rizikom.



**Obrázok 21: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" nad indikátorom MACD**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

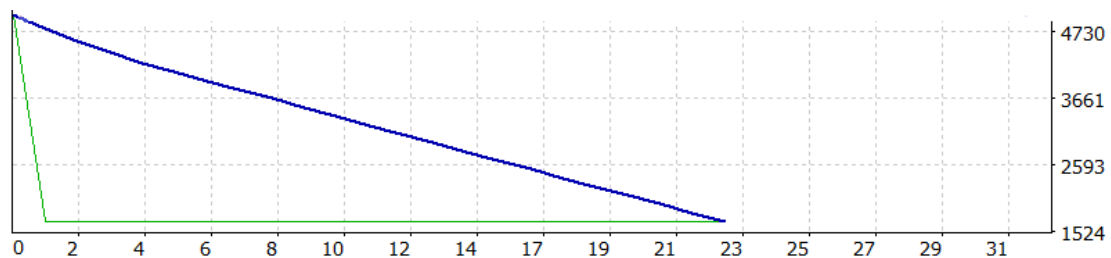


Grafické zobrazenie výsledkov z prvého backtestu nad procedúrou s indikátorom MACD je možné vidieť na obrázku č.21 vyššie. Následne si zhrnieme výsledky druhého backtestu v tabuľke nižšie.

**Tabuľka 7: Výsledky backtestu „in sample“ nad indikátorom MACD**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

MACD	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2019.01.01 - 2020.12.31
Počiatkový depozit	5000.00 USD
Transakcie celkom	22
Počet ziskových transakcií	0
Počet stratových transakcií	22
Priemerný ziskový obchod	0 USD
Priemerný stratový obchod	-150.48 USD
Hrubý zisk	0 USD
Hrubá strata	-3310.60 USD
Ziskový faktor	0,00
Celkový čistý zisk	-3310.60 USD

Ako je možné vidieť v tabuľke č.7, výsledky druhého backtestu vyšli negatívne, s celkovou stratou 3310,6 dolárov. Podobne ako pri prvej procedúre teda môžeme konštatovať, že napriek kladným výsledkom z prvého backtestu je využitie jednoduchej procedúry s podmienkou založenou len na indikátore MACD pomerne rizikové a výrazne ovplyvnené netrendovým vývojom komodity. Grafické zobrazenie výsledkov je možné vidieť na obrázku nižšie.



**Obrázok 22: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" nad indikátorom MACD**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

## 3.2 Tvorba hlavnej obchodnej stratégie

Nasledujúca časť je zameraná na vytvorenie hlavnej obchodnej stratégie, zloženej z analyzovaných indikátorov v kapitole číslo 2. Konkrétne využijeme technický indikátor MACD, ktorého princíp je zložený z kĺzavých priemerov. Z predošlej jednoduchej procedúry sme konštatovali, že využitie MACD indikátora v období bez trendu je pomerne rizikové. Z uvedeného dôvodu, v hlavnej obchodnej stratégii využijeme aj indikátor ADX, ktorého hlavnou funkciou je zistenie, či sa daná komodita nachádza v trende alebo nie.

### 3.2.1 Nastavenie vstupných parametrov

Vstupnými parametrami hlavnej obchodnej stratégie je veľkosť pre Stop Loss, Take Profit, Break/Even, ale taktiež parametre periódy kĺzavých priemerov, z ktorých vychádza indikátor MACD. Okrem MACD berieme do úvahy aj implementovaný indikátor ADX, so vstupným parametrom priemerovanej periódy.

Veľkosť vstupných parametrov bola nastavená nasledovne:

- Stop Loss = 30 dolárov
- Take Profit = 35 dolárov
- Break/Even = 3 doláre
- MACD (12, 26, 9)
  - Rýchla perióda EMA = 12
  - Pomalá perióda EMA = 26
  - Perióda signálovej línie = 9
- ADX – priemerovaná perióda = 9

### 3.2.2 Načítanie indikátorov

Premenná MACD\_Current vracia hodnotu indikátora MACD aktuálnej sviečky, pri vstupných premenných uvedených v predošlej podkapitole.

```

//MACD Calculation for a current candle
double MACD_Current = iMACD(
0, // symbol (0 = current symbol)
0, // timeframe (0 = current timeframe)
Fast_Ema, // Fast EMA period
Slow_Ema, // Slow EMA period
Signal_Period, // Signal line period
PRICE_CLOSE, // applied price
0, // line index (0=MODE_MAIN)
0); // shift

```

**Obrázok 23: Premenná MACD\_Current**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Premenná MACD\_Previous vracia hodnotu indikátora MACD predošlej sviečky, pri vstupných premenných uvedených v predošlej podkapitole.

```

//MACD Calculation for a previous candle
double MACD_Previous = iMACD(
0, // symbol (0 = current symbol)
0, // timeframe (0 = current timeframe)
Fast_Ema, // Fast EMA period
Slow_Ema, // Slow EMA period
Signal_Period, // Signal line period
PRICE_CLOSE, // applied price
0, // line index (0=MODE_MAIN)
1); // shift

```

**Obrázok 24: Premenná MACD\_Previous**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Premenná ADX vracia hodnotu indikátora ADX pri aktuálnej sviečke, ktorú budeme používať na zistenie trendu.

```
//ADX Calculation for a current candle
double ADX = iADX(
    0, // symbol (0 = current symbol)
    0, // timeframe (0 = current timeframe)
    ADX_Period, // averaging period
    PRICE_CLOSE, // applied price
    0, // line index (0=MODE_MAIN)
    0); // shift
```

**Obrázok 25: Premenná ADX**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.2.3 Podmienky na nákup

Automatický obchodný systém používa premenné MACD\_Current, MACD\_Previous a ADX na rozpoznanie signálu na nákup. Ako sme si už viac krát uviedli, indikátor MACD osciluje okolo hodnoty 0, čo sa dá využiť ako signál.

Nákupný signál nastáva za uvedených podmienok:

- MACD predošlej sviečky < 0
- MACD aktuálnej sviečky > 0
- ADX > 25

V prípade hodnoty MACD pri predošlej sviečke menšej ako 0, pričom hodnota MACD pri aktuálnej sviečke prevýšila hodnotu 0, tak sa jedná o nákupný signál. Pre eliminovanie rizika nákupu v netrendovom stave je do príkazu zakomponovaný aj identifikátor ADX, ktorý musí byť väčší ako 25, čo signalizuje, že cena danej komodity je v trende.

```
//Buy Condition
if ((MACD_Previous < 0 ) && (MACD_Current > 0) && ADX > 25)
{
    final_decision = "buy";
}
```

**Obrázok 26: Podmienky signálu na nákup**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

V prípade splnenia všetkých podmienok na nákup sa otvorí takzvaná Long position, a teda obchodná žiadosť na nákup.

```
//Open Long Position
if (final_decision == "buy")
{
    int buyticket = OrderSend(
        Symbol(), // symbol
        OP_BUY, // operation
        1, // amount to buy
        Ask, // price
        1, // slippage
        NormalizeDouble(Ask-(SL),3), // stop loss
        NormalizeDouble(Ask+(TP),3), // take profit
        0, // comment
        0, // magic number
        TimeCurrent()+1000, // pending order expiration
        Green); // color
};
```

**Obrázok 27: Open Long Position**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.2.4 Podmienky na predaj

Automatický obchodný systém používa premenné MACD\_Current, MACD\_Previous a ADX na rozpoznanie signálu na predaj. Signál bude opäť indikovaný pomocou hodnôt indikátorov MACD a ADX.

Predajný signál nastáva za uvedených podmienok:

- MACD predošlej sviečky > 0
- MACD aktuálnej sviečky < 0
- ADX > 25

V prípade hodnoty MACD pri predošlej sviečke väčšej ako 0, pričom hodnota MACD pri aktuálnej sviečke spadla pod hodnotu 0, tak sa jedná o predajný signál. Podmienka pre ADX zostáva rovnaká, teda  $ADX > 25$ , pretože hodnota tohto indikátora hovorí o sile trendu, či už býčieho alebo medvedieho.

```
//Sell Condition
if ( (MACD_Previous > 0 ) && (MACD_Current < 0) && ADX > 25)
{
    final_decision = "sell";
}
}
```

**Obrázok 28: Podmienky signálu pre predaj**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

V prípade splnenia všetkých podmienok na predaj sa otvorí takzvaná Short position, a teda obchodná žiadosť na predaj.

```
//Open Short Position
if (final_decision == "sell")
{
    int sellticket = OrderSend(
        Symbol(), // symbol
        OP_SELL, // operation
        1, // amount to sell
        Bid, // price
        1, // slippage
        NormalizeDouble(Bid+(SL),3), // stop loss
        NormalizeDouble(Bid-(TP),3), // take profit
        0, // comment
        0, // magic number
        TimeCurrent()+1000, // pending order expiration
        Green); // color
};
```

**Obrázok 29: Open Short Position**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.2.5 Nastavenie Break/Even

Break/Even je cena vstupu na trh. Pojem Break/Even sa potom používa v spojení so stop-loss. Ak hovoríme, že sme posunuli Stop-Loss na Break/Even, znamená to, že sme posunuli Stop-Loss na vstupnú úroveň, takže sme už v obchode "bez rizika" a nemôžeme prerobiť [36].

V našom prípade berieme Break/Even ako jednu zo vstupných hodnôt, o ktorú sa bude stop-loss posúvať.

```

//Break/Even
for (int i = 0; i < OrdersTotal(); i++)
{
    int order = OrderSelect(i, SELECT_BY_POS);
    if ((OrderType() == OP_BUY) || (OrderType() == OP_SELL))
    {
        double sl = 0; //stop-loss

        if ((OrderType() == OP_BUY) && (OrderStopLoss() < OrderOpenPrice() ) )
        {
            if(Ask > (OrderOpenPrice()+BE))
            {
                sl = OrderOpenPrice() ;
                Comment("Buy");
            }
        }

        if ((OrderType() == OP_SELL) && (OrderStopLoss() > OrderOpenPrice()) )
        {
            if(Bid < (OrderOpenPrice()-BE))
            {
                sl = OrderOpenPrice() ;
                Comment("Sell");
            }
        }

        if (sl != 0){
            OrderModify(
                OrderTicket(), // ticket
                0, // price
                NormalizeDouble(sl,2), // stop loss
                OrderTakeProfit(), // take profit
                0); // expiration
        }
    }
}

```

**Obrázok 30: Break/Even**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.30 je skript, použitý na posunutie Stop-Loss na Break/Even po dosiahnutí určitej úrovne otvoreného zisku. Pomocou cyklu a podmienok v ňom zistí, či je otvorená pozícia. Následne porovná či sa za čas od otvorenia pozície cena zmenila a posunie Stop-Loss o úroveň Break/Even vyššie prípadne nižšie, podľa toho či sa jedná o nákupnú alebo predajnú pozíciu.

### 3.2.6 Výsledky Backtestov na zlate pred optimalizáciou

Keďže je pri hlavnej obchodnej stratégii použitá zložená podmienka a taktiež princíp posúvania Stop-Loss na Break/Even, počiatočný depozit je posunutý na vyššiu hodnotu, ako pri jednoduchých procedúrach zo začiatku kapitoly.

V hlavnej obchodnej stratégii je teda podmienka opäť založená na výsledných hodnotách indikátora MACD pri aktuálnej a predošlej sviečke. Do tejto podmienky však prichádza

aj kombinácia indikátora ADX, ktorý musí byť vyšší ako 25, čím eliminuje riziko vstupu obchodu do netrendového vývoja komodity. Okrem toho bola na začiatku skriptu stratégie pridaná podmienka indikujúca prvý tick každej novej cenovej úsečky.

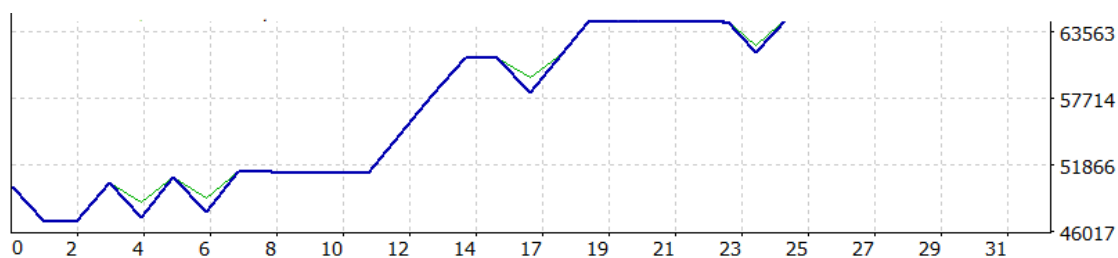
**Tabuľka 8: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Pred optimalizáciou)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2016.01.01 - 2018.12.31
Počiatkový depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	24
Počet ziskových transakcií	9
Počet stratových transakcií	15
Priemerný ziskový obchod	3394.41 USD
Priemerný stratový obchod	-1039.61 USD
Hrubý zisk	30549.66 USD
Hrubá strata	-15594.15 USD
Ziskový faktor	1,96
Celkový čistý zisk	14955.51 USD

Ako je možné vidieť v tabuľke č.8, prvý backtest hlavnej obchodnej stratégie vyšiel s kladnými číslami s celkovým čistým ziskom takmer 14956 dolárov. Keďže obchodujeme nad časovým rámcom jedného dňa, pri období 2 rokov, celkových sviečok je pomerne málo. Vďaka malému množstvu sviečok a taktiež faktu, že sa jedná a kombinovanú podmienku nákupu či predaja, je transakcií pomerne málo. Napriek nepriaznivému pomeru ziskových a stratových obchodov, výsledky dosiahli pozitívne hodnoty. Bolo to najmä spôsobené priemernou výškou ziskových obchodov, trojnásobne prevyšujúcu výšku stratových obchodov, k čomu hlavne prispelo posúvanie Stop-Loss na Break/Even.





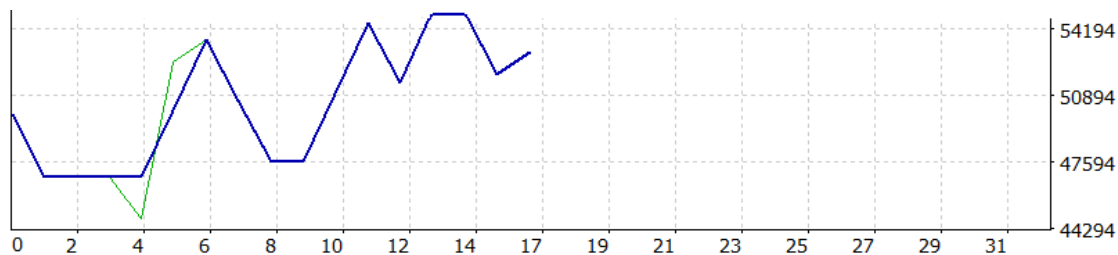
**Obrázok 31: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Obrázok č.31 poskytuje grafické zobrazenie výsledkov prvého backtestu nad hlavnou obchodnou stratégiou, pred optimalizáciou. V tabuľke nižšie si zhrnieme výsledky druhého backtestu.

**Tabuľka 9: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Pred optimalizáciou)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2019.01.01 - 2020.12.31
Počiatkový depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	16
Počet ziskových transakcií	6
Počet stratových transakcií	10
Priemerný ziskový obchod	3055.84 USD
Priemerný stratový obchod	-1524.33 USD
Hrubý zisk	18335.02 USD
Hrubá strata	-15243.26 USD
Ziskový faktor	1,20
Celkový čistý zisk	3091.77 USD

Z výsledkov v tabuľke č.9 môžeme konštatovať, že aj druhý backtest vyšiel v kladných číslach, avšak oproti prvému testu celkový čistý zisk pomerne klesol. Počet transakcií je opäť nízky, najmä kvôli malému počtu testovaných sviečok, keďže pracujeme v časovom horizonte jedného dňa. Celkový zisk však vyšiel pozitívne, čo je spôsobené vyhovujúcim pomerom výšky ziskových obchodov oproti stratovým. Na obrázku nižšie sú zobrazené výsledky druhého backtestu graficky.



**Obrázok 32: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.3 Optimalizovanie hlavnej obchodnej stratégie na zlate

Na historických dátach z rokov 2016 – 2018 sme spustili backtest s účelom optimalizácie periód kľzavých priemerov, využívajúcich sa v indikátore MACD. Optimalizovali sme taktiež periódu indikátora ADX a v neposlednom rade bol test prínosný pre nájdenie optimálnych hodnôt Stop-Loss, Take-Profit a Break/Even.

Proměnná	Hodnota	Začátek	Krok	Konec
<input checked="" type="checkbox"/> SL	55.0	50.0	0.5	80.0
<input checked="" type="checkbox"/> TP	60.0	50.0	0.5	80.0
<input checked="" type="checkbox"/> BE	5.0	3.0	2.0	7.0
<input checked="" type="checkbox"/> Fast_Ema	14	10	2	14
<input checked="" type="checkbox"/> Slow_Ema	30	22	2	30
<input checked="" type="checkbox"/> Signal_Period	10	8	1	10
<input checked="" type="checkbox"/> ADX_Period	9	8	1	10

**Obrázok 33: Optimalizácia vstupných parametrov**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Keďže všetkých možných kombinácií vstupných parametrov je viac než 50 000, využijeme genetický algoritmus, opierajúci sa o základy umelej inteligencie a expertných systémov, spomínaných v kapitole 1.2. Algoritmus slúži na optimalizáciu a skúmanie výsledkov na každej kombinácii, čo nám umožní vybrať najvyhovujúcejšiu kombináciu vstupných parametrov.

Potrebuje si taktiež stanoviť kritériá výberu optimálnej varianty. Hlavným účelom optimalizácie je zvýšenie zisku, ziskového faktoru, zaistenie stability obchodného

systému s úlohou minimalizácie poklesu. Dôležité bude taktiež vybrať takú kombináciu kde je úroveň Stop-Loss nižšia ako úroveň Take-Profit.

Z pomerne rozsiahlych výsledkov optimalizácie sme na základe kritérií vybrali nižšie uvedené nastavenie vstupných parametrov:

- Stop-Loss = 55
- Take-Profit = 60
- Break/Even = 5
- MACD (14,30,10)
  - Rýchla perióda EMA = 14
  - Pomalá perióda EMA = 30
  - Perióda signálovej línie = 10
- ADX – priemerovaná perióda = 9

### 3.3.1 Výsledky BackTestov na zlate po optimalizácii

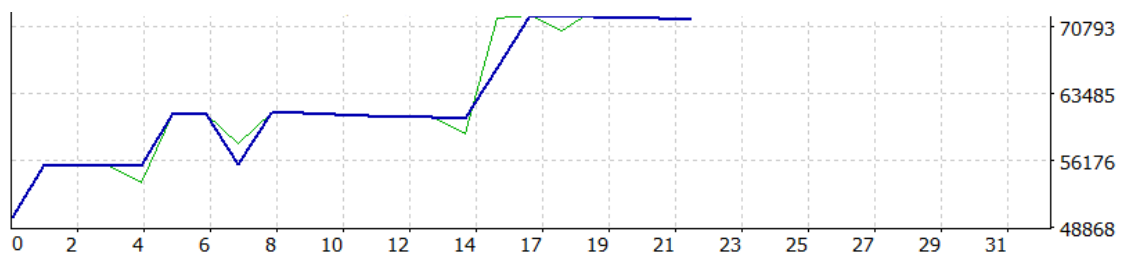
Po optimalizácii vstupných parametrov hlavnej obchodnej stratégie sme spustili prvý backtest nad obdobím rokov 2016-2018 pre komoditu zlato. Nižšie si zhrnieme výsledky.

**Tabuľka 10: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Po optimalizácii)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2016.01.01 - 2018.12.31
Počiatočný depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	21
Počet ziskových transakcií	10
Počet stratových transakcií	11
Priemerný ziskový obchod	5778.95 USD
Priemerný stratový obchod	-3343.91 USD
Hrubý zisk	28420.46 USD
Hrubá strata	-6825.96 USD
Ziskový faktor	4,16
Celkový čistý zisk	21594.50 USD

Z tabuľky č.10 môžeme konštatovať, že prvý backtest hlavnej obchodnej stratégie po optimalizácii vstupných parametrov vyšiel v kladných číslach s viac než dvojnásobným zlepšením ziskového faktoru, v porovnaní s prvým backtestom pred optimalizáciou. Celkový čistý zisk vyšiel takmer 21595 dolárov, čo je viac než 20% ročné zhodnotenie počiatočného depozitu. Napriek mierne nepriaznivému pomeru ziskových a stratových obchodov, výsledky dosiahli pozitívne hodnoty, čo bolo spôsobené priemernou výškou ziskových obchodov.



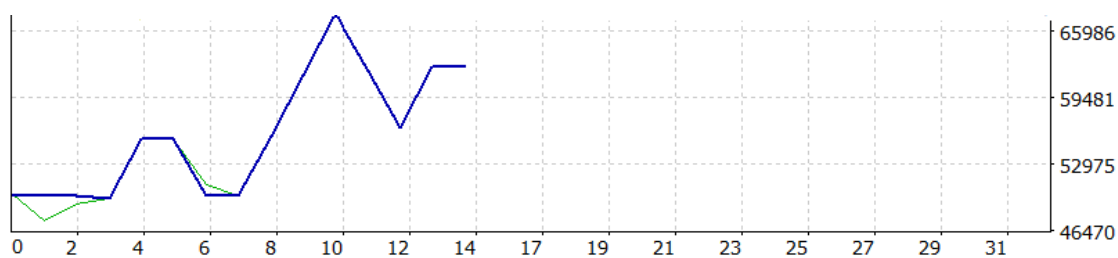
**Obrázok 34: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.34 môžeme vidieť grafické zobrazenie výsledkov prvého backtestu nad hlavnou obchodnou stratégiou, po optimalizácii. V tabuľke nižšie si zhrnieme výsledky druhého backtestu.

**Tabuľka 11: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Po optimalizácii)	
Komodita	Zlato
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2019.01.01 - 2020.12.31
Počiatkový depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	14
Počet ziskových transakcií	6
Počet stratových transakcií	8
Priemerný ziskový obchod	5896.93 USD
Priemerný stratový obchod	-1889.86 USD
Hrubý zisk	29484.64 USD
Hrubá strata	-17008.73 USD
Ziskový faktor	1,73
Celkový čistý zisk	12475.91 USD

Druhý backtest hlavnej obchodnej stratégie po optimalizácii vyšiel taktiež v kladných číslach s celkovým čistým ziskom takmer 12476 dolárov, čo značí viac než 12% percentné zhodnotenie počiatkového depozitu. V porovnaní s prvým backtestom po optimalizácii, je zaznamenaný pokles. Na druhú stranu, v porovnaní s backtestom rovnakého obdobia hlavnej obchodnej stratégie pred optimalizáciou nastáva štvornásobné zlepšenie. Aj keď opäť objavuje viacej stratových obchodov ako ziskových, môžeme považovať stratégiu za stabilnú, pretože priemerný ziskový obchod značne prevyšuje priemerný stratový obchod pri všetkých testovaných obdobiach. Na obrázku nižšie si výsledky druhého backtestu po optimalizácii zobrazíme aj graficky.



**Obrázok 35: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

### 3.4 Optimalizovanie hlavnej obchodnej stratégie na rope

Hlavnú obchodnú stratégiu budeme optimalizovať na ďalšej komodite, konkrétne na rope. Pre účely optimalizácie použijeme opäť historické dáta z rokov 2016 -2018. Rovnako ako pri zlate budeme pri optimalizácii sledovať vstupné parametre kľavých priemerov pri indikátore MACD, periódu ADX a taktiež nájdeme optimálne hodnoty Stop-Loss, Take-Profit a Break/Even.

Z výsledkov optimalizácie sme na základe kritérií, spomenutých v predošlej podkapitole, vybrali nižšie uvedené nastavenie vstupných parametrov:

- Stop-Loss = 30
- Take-Profit = 30
- Break/Even = 5
- MACD (14,28,10)
  - Rýchla perióda EMA = 14
  - Pomalá perióda EMA = 28
  - Perióda signálovej línie = 10
- ADX – priemerovaná perióda = 10

#### 3.4.1 Výsledky BackTestov na rope po optimalizácii

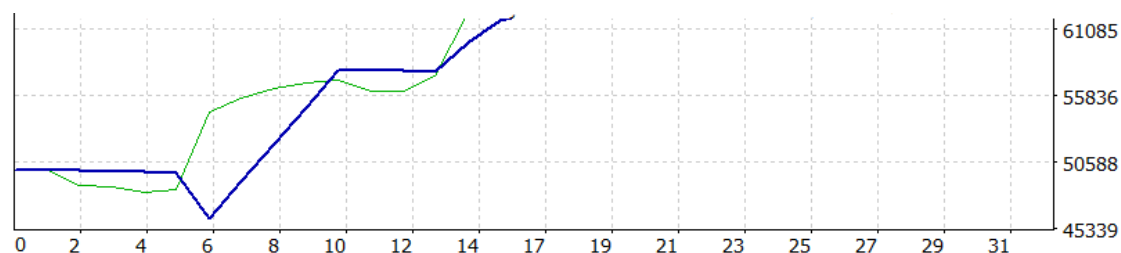
Po optimalizácii vstupných parametrov hlavnej obchodnej stratégie sme spustili backtest nad obdobím rokov 2016-2018 pre komoditu ropa. Výsledky sú zhrnuté nižšie.

**Tabuľka 12: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Po optimalizácii)	
Komodita	Ropa
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2016.01.01 - 2018.12.31
Počiatkový depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	16
Počet ziskových transakcií	7
Počet stratových transakcií	9
Priemerný ziskový obchod	2332.88 USD
Priemerný stratový obchod	-435.46 USD
Hrubý zisk	16330.19 USD
Hrubá strata	-3919.17 USD
Ziskový faktor	4,17
Celkový čistý zisk	12411.03 USD

Z tabuľky č.12 je možné vidieť, že výsledky obchodnej stratégie nad prvým backtestom pri rope vyšli taktiež v kladných číslach. Podobne ako pri zlate je počet ziskových transakcií menší ako stratových, avšak výška ziskového obchodu značne prevyšuje výšku stratového.



**Obrázok 36: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii**

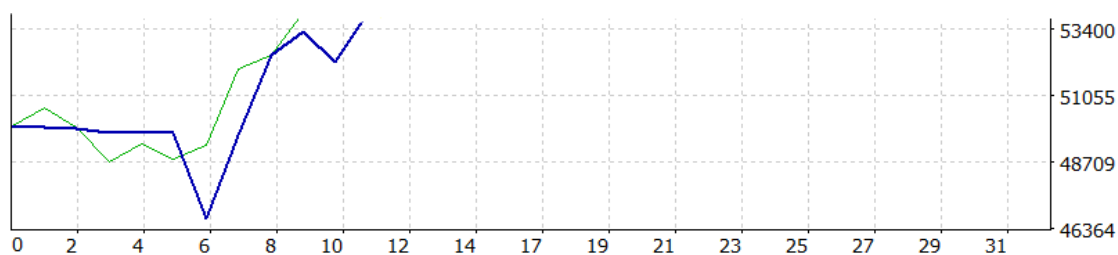
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku č.36 sú výsledky prvého backtestu na rope zobrazené v grafickej podobe. V ďalšej časti budú zobrazené výsledky druhého backtestu na rope v období rokov 2019-2020.

**Tabuľka 13: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Hlavná obchodná stratégia (Po optimalizácii)	
Komodita	Ropa
Časový rámec	Denný
Testované obdobie	2019.01.01 - 2020.12.31
Počiatkový depozit	50000.00 USD
Transakcie celkom	11
Počet ziskových transakcií	5
Počet stratových transakcií	6
Priemerný ziskový obchod	2082.07 USD
Priemerný stratový obchod	-619.34 USD
Hrubý zisk	8328.27 USD
Hrubá strata	-4335.36 USD
Ziskový faktor	1,92
Celkový čistý zisk	3992.91 USD

Z tabuľky výsledkov druhého backtestu je možné vidieť takmer štvornásobný pokles celkového čistého zisku. Výsledok je stále kladný, z čoho môžeme konštatovať, že stratégia je pomerne stabilná aj nad komoditou ropy, avšak efektívnosť obchodnej stratégie je výrazne lepšia pri zlate. Na obrázku nižšie sú výsledky z druhého backtestu zobrazené graficky.



**Obrázok 37: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)



### 3.5 Ekonomické zhodnotenie

V nasledujúcej kapitole sa budeme venovať zhodnotení dosiahnutých výsledkov a prínosov optimalizácie hlavnej obchodnej stratégie. Cieľom bolo vytvoriť modul založený na obchodnej stratégii, testovaný a optimalizovaný za účelom dosiahnutia zisku a stability. Výsledky testov hlavnej obchodnej stratégie z rokov 2016-2018 sú zhrnuté v tabuľke nižšie.

**Tabuľka 14: Ekonomické zhodnotenie výsledkov hlavnej obchodnej stratégie**  
(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Komodita	Pred optimalizáciou	Po optimalizácii	
	Zlato	Zlato	Ropa
Počiatkový kapitál	50000 USD	50000 USD	50000 USD
Čistý zisk	<b>14955,51 USD</b>	<b>21594,5 USD</b>	<b>12411,03 USD</b>
Ziskový faktor	<b>1,96</b>	<b>4,16</b>	<b>4,17</b>
Počet ziskových obchodov	9	10	7
Počet stratových obchodov	15	11	9
Priemerná výška ziskového obchodu	3394,41 USD	5778,95 USD	2332,88 USD
Priemerný výška stratového obchodu	-1039,61 USD	-3343,91 USD	-435,46 USD

Z výsledkov môžeme konštatovať, že optimalizácia výrazne prispela k zlepšeniu ziskového faktora, čo je možné vidieť na výsledkoch obchodnej stratégie testovanej na oboch komoditách po optimalizácii. Na zlato sa počiatkový kapitál, za dvoj ročné testované obdobie, zhodnotil takmer o 44%. Ročné zhodnotenie vstupného kapitálu na zlato je teda približne 22%. Čo sa týka komodity ropy, celkový čistý zisk je nižší, avšak výška stratových obchodov je v pomere so ziskovými obchodmi výrazne nižšia. Tým pádom môžeme hovoriť o stabilnej obchodnej stratégii.

## ZÁVER

Cieľom práce bolo navrhnuť modul automatického obchodného systému s využitím umelej inteligencie pre obchodovanie na finančných trhoch. Po dôkladnej analýze a porovnaní programu MATLAB s platformami vytvorenými pre obchodovanie na finančných trhoch, bola praktická časť práce realizovaná v prostredí MetaTraderu, vďaka jeho natívnym funkciám určeným na obchodovanie a taktiež možnosti backtestingu nad historickými dátami.

Najskôr boli vytvorené jednoduché procedúry obsahujúce podmienku nad jedným z analyzovaných technických indikátorov. Pri testovaní však dosahovali dobré výsledky len v prípade trendového vývoja komodity. V prípade postranného vývoja trhu generovali jednoduché procedúry falošné signály, preto bol hlavný obchodný systém upravený.

Signál predaja či nákupu v hlavnej obchodnej stratégii spočíva vo využití technického indikátora MACD, pozostávajúceho z krížiacich sa kľzavých priemerov nad rôznymi periódami. Eliminovanie falošných signálov vzniknutých postranným vývojom trhu bolo zabezpečené pomocou ďalšieho indikátora ADX, určujúceho silu trendu.

Následne boli použité genetické algoritmy na optimalizáciu vstupných parametrov modulu za účelom dosiahnutia zisku a stability obchodného systému. Výsledný optimalizovaný systém bol nakoniec testovaný nad rôznymi časovými obdobiami historických dát.

Ďalej bolo pripravené ekonomické zhodnotenie za vybrané obdobie pri komoditách zlata a ropy. Pri porovnaní výsledkov pred a po optimalizácii bolo zaznamenané výrazné zlepšenie v rámci zhodnotenia počiatočného kapitálu, a teda aj vyšší ziskový faktor.

## ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- (1) MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. *Umělá inteligence*. Praha: ACADEMIA, 2013. 2473 s. ISBN 978-80-200-2276-9.
- (2) GOSMAN, Svatoslav. *Umělá inteligence a expertní systémy*. Praha: Kancelářské stroje, 1990. ISBN 80-7018-004-8.
- (3) DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi*. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1338-1.
- (4) *Examples of artificial intelligence* [online]. [cit. 2021-1-21]. Dostupné z: <https://builtin.com/artificial-intelligence/examples-ai-in-industry>
- (5) REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy: učebnice s programem na generování cvičných testů*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. Partners. ISBN 978-80-247-5871-8.
- (6) REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Partners. ISBN 978-80-247-3671-6.
- (7) *Burza* [online]. [cit. 2020- 12-26]. Dostupné z: <https://uspesnynaburze.sk/obchodovanie-na-burze/>
- (8) *Diskreční obchodování* [online]. [cit. 2020- 12-15]. Dostupné z: <https://www.financnik.cz/clanky/praxe/mechanicke-vs-diskrecni-obchodovani-r542/>
- (9) *Úvod do automatických obchodních systémů (AOS)* [online]. [cit. 2020- 12-15]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.cz/uvod-do-automatickych-obchodnich-systemu-aos.html>
- (10) *Psychologická analýza* [online]. [cit. 2020-12-17]. Dostupné z: <http://daytrade.cz/psychologicka-analyza/>
- (11) VESELÁ, Jitka. *Investování na kapitálových trzích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. ISBN 978-80-7357-647-9.
- (12) *Technická analýza* [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <http://daytrade.cz/technicka-analyza/>
- (13) *Tech. analýza* [online]. [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/technicka-analyza-kdy-nakoupit-akcie/>

- (14) NESNÍDAL, Tomáš a Petr PODHAJSKÝ. *Obchodování na komoditních trzích: průvodce spekulanta. 2., rozš. vyd.* Praha: Grada, 2006. Investice. ISBN 80-247-1851-0.
- (15) *Support and resistance* [online]. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <http://www.rightline.net/education/supportandresistance.html>
- (16) *Úvod do technických indikátorů* [online]. 2014 [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <http://www.fxstreet.cz/uvod-do-technickyh-indikatoru.html>
- (17) DVORŤÁK, Roman. *Trading strategie: moderní styl obchodování na burze : včetně popisu třech funkčních trading strategií.* Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-2240-2.
- (18) *Druhy grafů* [online]. [cit. 2020-12-30]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.cz/charting-a-druhy-grafu-v-technicke-analyze.html>
- (19) *Spätné testovanie a budúce testovanie* [online]. [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/articles/trading/10/backtesting-walkforward-important-correlation.asp>
- (20) HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. *Mastering MATLAB.* Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.
- (21) *Fxstreet* [online]. [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: <http://www.fxstreet.cz/>
- (22) *Zrovnání platforem* [online]. [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.forex-zone.cz/uz-obchoduji/srovnani-platforem>
- (23) *MetaQuotes* [online]. [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.metaquotes.net/>
- (24) *Programovanie v MQL* [online]. [cit. 2021-2-11]. Dostupné z: <https://ftmo.com/cs/programovani-v-mql/>
- (25) *Admiral Markets* [online]. [cit. 2021-4-23]. Dostupné z: <https://investplus.cz/investice/admiral-markets-recenze/>
- (26) *Obchodovanie s komoditami* [online]. [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.xtb.com/sk/obchodovanie-s-komoditami-kb>
- (27) *Investopedia Crude Oil* [online]. [cit. 2021-3-21]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/articles/investing/100515/learn-how-trade-crude-oil-5-steps.asp>

- (28) *Investície do zlata* [online]. [cit. 2021-3-20]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/investice-do-zlata/>
- (29) VESELÁ, Jitka a Martin OLIVA. *Technická analýza na akciových, měnových a komoditních trzích*. Praha: Ekopress, 2015. ISBN 978-80-87865-22-4.
- (30) *Klížavé priemery* [online]. [cit. 2021-3-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/klouzavy-prumer-pomocnik-pro-urceni-trendu/>
- (31) *Indikátor MACD* [online]. [cit. 2021-3-30]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/indikator-macd-urcuje-smer-a-silu-trendu/>
- (32) KRÁL, Miloš. *Techniky ziskového obchodování na světových finančních trzích: studijní pomůcka pro distanční studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-650-0.
- (33) *ADX description* [online]. [cit. 2021-3-28]. Dostupné z: <https://commodity.com/technical-analysis/adx/>
- (34) *ADX sila trendu* [online]. [cit. 2021-3-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/obchodujte-pomoci-indikatoru-adx/>
- (35) *ADX - DMI* [online]. [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.etrading.sk/technicka-analyza/100-indikatory/81-adx-average-directional-index>
- (36) *Break/Even* [online]. [cit. 2021-4-30]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.cz/forex-slovník-pojmu+breakeven.html>

## ZOZNAM OBRÁZKOV

<b>Obrázok 1: Rozdelenie finančného trhu</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 6) .....	16
<b>Obrázok 2: Medvedí trend</b> (Zdroj 12) .....	24
<b>Obrázok 3: Býčí trend</b> (Zdroj 12).....	24
<b>Obrázok 4: Support vs Resistance</b> (Zdroj 15) .....	26
<b>Obrázok 5: Čiarový graf</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	28
<b>Obrázok 6: Stĺpcový graf - vypovedajúce hodnoty</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie)....	29
<b>Obrázok 7: Stĺpcový graf</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	29
<b>Obrázok 8: Sviečkový graf - vypovedajúce hodnoty</b> (Zdroj 18).....	30
<b>Obrázok 9: Sviečkový graf</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	30
<b>Obrázok 10: Dáta vo vzorke verzus dáta mimo vzorky</b> (Zdroj 19) .....	33
<b>Obrázok 11: MetaEditor v platforme Metatrader</b> (Zdroj: 24).....	36
<b>Obrázok 12: Kľzavé priemery pre rastúci trend</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	44
<b>Obrázok 13: Kľzavé priemery pre klesajúci trend</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) ....	44
<b>Obrázok 14: Technický indikátor MACD</b> (Zdroj: 31) .....	45
<b>Obrázok 15: Príklad MACD</b> (Zdroj: vlastné spracovanie).....	47
<b>Obrázok 16: Technický indikátor ADX</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	48
<b>Obrázok 17: Signál nákupu pri kľzavých priemeroch</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	51
<b>Obrázok 18: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" nad indikátorom MA</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	53
<b>Obrázok 19: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" nad indikátorom MA</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	54
<b>Obrázok 20: Signály nákupu a predaja pri procedúre s indikátorom MACD</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	55
<b>Obrázok 21: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" nad indikátorom MACD</b> (Zdroj. Vlastné spracovanie).....	56
<b>Obrázok 22: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" nad indikátorom MACD</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	57
<b>Obrázok 23: Premenná MACD_Current</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie) .....	59
<b>Obrázok 24: Premenná MACD_Previous</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	59

<b>Obrázok 25: Premenná ADX (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	60
<b>Obrázok 26: Podmienky signálu na nákup (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	60
<b>Obrázok 27: Open Long Position (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	61
<b>Obrázok 28: Podmienky signálu pre predaj (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	62
<b>Obrázok 29: Open Short Position (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	62
<b>Obrázok 30: Break/Even (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	63
<b>Obrázok 31: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b>	65
<b>Obrázok 32: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b>	66
<b>Obrázok 33: Optimalizácia vstupných parametrov (Zdroj: Vlastné spracovanie) ...</b>	66
<b>Obrázok 34: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	68
<b>Obrázok 35: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	70
<b>Obrázok 36: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	71
<b>Obrázok 37: Grafické zobrazenie výsledkov backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	72

## ZOZNAM TABULIEK

<b>Tabuľka 1: Porovnanie typov grafu (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	31
<b>Tabuľka 2: Druhy trendov podľa dĺžky, významu a dĺžky časovej periódy klzavého priemeru (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 29)</b> .....	43
<b>Tabuľka 3: ADX sila trendu (Zdroj: Vlastné spracovanie podľa 34)</b> .....	48
<b>Tabuľka 4: Výsledky backtestu „out of sample“ nad indikátorom MA (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	52
<b>Tabuľka 5: Výsledky backtestu "in sample" nad indikátorom MA (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	53
<b>Tabuľka 6: Výsledky backtestu „out of sample“ nad indikátorom MACD (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	56
<b>Tabuľka 7: Výsledky backtestu „in sample“ nad indikátorom MACD (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	57
<b>Tabuľka 8: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	64
<b>Tabuľka 9: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate pred optimalizáciou (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	65
<b>Tabuľka 10: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	67
<b>Tabuľka 11: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na zlate po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	69
<b>Tabuľka 12: Výsledky backtestu "out of sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	71
<b>Tabuľka 13: Výsledky backtestu "in sample" hlavnej obchodnej stratégie na rope po optimalizácii (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	72
<b>Tabuľka 14: Ekonomické zhodnotenie výsledkov hlavnej obchodnej stratégie (Zdroj: Vlastné spracovanie)</b> .....	73



## **ZOZNAM PRÍLOH**

<b>Príloha 1: Hlavná obchodná stratégia</b> (Zdroj: Vlastné spracovanie).....	<b>I</b>
---	----------

# PRÍLOHY

## Príloha 1: Hlavná obchodná stratégia

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

```
extern double SL,TP,BE;
extern int Fast_Ema, Slow_Ema, Signal_Period, ADX_Period;

void OnTick()
{
    if(iVolume(0,0,0)==1)
    {
        //MACD Calculation for a current candle
        double MACD_Current = iMACD(
            0, // symbol (0 = current symbol)
            0, // timeframe (0 = current timeframe)
            Fast_Ema, // Fast EMA period
            Slow_Ema, // Slow EMA period
            Signal_Period, // Signal line period
            PRICE_CLOSE, // applied price
            0, // line index (0=MODE_MAIN)
            0); // shift

        //MACD Calculation for a previous candle
        double MACD_Previous = iMACD(
            0, // symbol (0 = current symbol)
            0, // timeframe (0 = current timeframe)
            Fast_Ema, // Fast EMA period
            Slow_Ema, // Slow EMA period
            Signal_Period, // Signal line period
            PRICE_CLOSE, // applied price
            0, // line index (0=MODE_MAIN)
            1); // shift

        //ADX Calculation for a current candle
        double ADX = iADX(
            0, // symbol (0 = current symbol)
            0, // timeframe (0 = current timeframe)
            ADX_Period, // averaging period
            PRICE_CLOSE, // applied price
            0, // line index (0=MODE_MAIN)
            0); // shift

        string final_decision = "";
```

```

//Buy Condition
if ((MACD_Previous < 0 ) && (MACD_Current > 0) && ADX > 25)
{
    final_decision = "buy";
}

//Sell Condition
if ((MACD_Previous > 0 ) && (MACD_Current < 0) && ADX > 25)
{
    final_decision = "sell";
}

//Open Long Position
if (final_decision == "buy")
{
    int buyticket = OrderSend(
        Symbol(), // symbol
        OP_BUY, // operation
        1, // amount to buy
        Ask, // price
        1, // slippage
        NormalizeDouble(Ask-(SL),3), // stop loss
        NormalizeDouble(Ask+(TP),3), // take profit
        0, // comment
        0, // magic number
        TimeCurrent()+1000, // pending order expiration
        Green); // color

};

//Open Short Position
if (final_decision == "sell")
{
    int sellticket = OrderSend(
        Symbol(), // symbol
        OP_SELL, // operation
        1, // amount to sell
        Bid, // price
        1, // slippage
        NormalizeDouble(Bid+(SL),3), // stop loss
        NormalizeDouble(Bid-(TP),3), // take profit
        0, // comment
        0, // magic number
        TimeCurrent()+1000, // pending order expiration
        Green); // color

};

```

