



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

# APLIKACE FUZZY LOGIKY PRO PODPORU ROZHODOVÁNÍ NA FINANČNÍCH TRZÍCH

APPLICATION OF FUZZY LOGIC AS A SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN FINANCIAL  
MARKET

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Abrahám

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Zuzana Janková, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav informatiky  
Student: **Bc. Adam Abrahám**  
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Zuzana Janková, Ph.D.**  
Akademický rok: 2022/23  
Studijní program: Informační management

Garant studijního programu 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:

## **Aplikace fuzzy logiky pro podporu rozhodování na finančních trzích**

### **Charakteristika problematiky úkolu:**

Úvod  
Cíle práce, metody a postupy zpracování  
Teoretická východiska práce  
Analýza současného stavu  
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

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

Diplomová práce se zabývá využitím fuzzy logiky pro podporu rozhodování na finančních trzích. Řešení bude využívat programové prostředí MS Excel a 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 2022/23

V Brně dne 5.2.2023

L. S.

---

doc. Ing. Miloš Koch, CSc.  
garant

---

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

## **Abstrakt**

Táto diplomová práca sa zaoberá aplikáciou fuzzy logiky na podporu rozhodovania na finančných trhoch, konkrétne pri investovaní do kryptomien. V práci je najskôr podrobne popísaná teória fuzzy logiky a jej aplikácie v rôznych oblastiach, vrátane finančného sveta. Následne sú analyzované kryptomeny a ich investičné kritériá. Na základe tejto analýzy je navrhnutý fuzzy systém, ktorý slúži ako podpora rozhodovania pri investovaní do kryptomien. Konkrétne, fuzzy systém umožňuje zhodnotiť riziko a výnosnosť investície do konkrétnej kryptomeny. V práci sa tiež popisuje implementácia navrhnutého systému pomocou MS Excel a MathWorks MATLAB. Výsledky experimentov ukazujú, že navrhnutý fuzzy systém je účinný nástroj na podporu rozhodovania pri investovaní do kryptomien.

## **Abstract**

This thesis focuses on the application of fuzzy logic in supporting of decision-making in financial markets, especially in cryptocurrency investment. Firstly, the theory of fuzzy logic and its various applications are comprehensively discussed. Subsequently, cryptocurrencies and their investment criteria are analyzed. Based on this analysis, a fuzzy system is proposed as a decision-making tool for cryptocurrency investment. Specifically, the fuzzy system enables the evaluation of the risk and return of the investment in a particular cryptocurrency. The implementation of the proposed system, using MS Excel and MathWorks MATLAB, is also described. The experimental results show that the proposed fuzzy system is an effective decision-making tool for cryptocurrency investment.

## **Klíčové slová**

fuzzy, fuzzifikácia, defuzzifikácia, investícia, investovanie, krypto, kryptomena, kryptomeny, kritériá, bitcoin, btc, ethereum, eth, monero, xmr, tether, usdt, dogecoin, doge, excel, matlab

## **Keywords**

fuzzy, fuzzification, defuzzification, investment, invest, crypto, cryptocurrency, cryptocurrencies, criteria, bitcoin, btc, ethereum, eth, monero, xmr, tether, usdt, dogecoin, doge, excel, matlab

## **Bibliografická citácia**

ABRAHÁM, Adam. *Aplikace fuzzy logiky pro podporu rozhodování na finančních trzích*. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/151891>.

Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Zuzana Janková.

## Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracoval som ju samostatne. Prehlasujem, že citácie použitých prameňov sú úplne, že som vo svojej práci neporušil autorské práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorskom a o právach souvisejících s právem autorským).

V Brne dňa 12. mája 2023

.....

Bc. Adam Abrahám

## **Podakovanie**

Ďakujem vedúcej práce Ing. et Ing. Zuzane Jankovej, Ph.D. za odborné vedenie a užitočné rady pri tvorbe tejto práce.

# Obsah

<b>ÚVOD</b>	<b>10</b>
<b>1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE</b>	<b>12</b>
1.1 Fuzzy logika . . . . .	12
1.2 História fuzzy logiky . . . . .	12
1.3 Princípy fuzzy logiky . . . . .	13
1.4 Fuzzy množina . . . . .	14
1.4.1 Operácie nad fuzzy množinami . . . . .	15
1.5 Proces fuzzy spracovania . . . . .	18
1.5.1 Fuzzifikácia . . . . .	18
1.5.2 Fuzzy inferencia . . . . .	19
1.5.3 Defuzzifikácia . . . . .	21
1.6 Tvorba fuzzy modelov . . . . .	21
1.6.1 Fuzzy modely v MS Excel . . . . .	21
1.6.2 Fuzzy modely v MATLABE . . . . .	22
<b>2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU</b>	<b>25</b>
2.1 Kryptomeny . . . . .	25
2.2 Blockchain . . . . .	26
2.2.1 Proces transakcie . . . . .	26
2.3 Finančný trh . . . . .	28
2.4 Investičné kritériá . . . . .	29
2.5 Popis zvolených kryptomien . . . . .	35
<b>3 VLASTNÝ NÁVRH RIEŠENIA</b>	<b>45</b>
3.1 MS Excel . . . . .	45
3.1.1 Uživatelské rozhranie . . . . .	48
3.2 MATLAB . . . . .	55
3.2.1 Vyhodnotenie cez príkazový riadok . . . . .	61
3.2.2 Vyhodnotenie cez užívateľské rozhranie . . . . .	63

<b>4</b>	<b>VÝSLEDNĚ VYHODNOTENIE</b>	<b>67</b>
4.1	Kritériá zvolených kryptomien . . . . .	67
4.2	Vyhodnotenie v MS Excel . . . . .	70
4.3	Vyhodnotenie v MathWorks MATLAB . . . . .	71
4.4	Porovnanie návrhov . . . . .	72
4.5	Prínosy navrhnutých riešení . . . . .	74
	<b>ZÁVER</b>	<b>76</b>
	<b>LITERATÚRA</b>	<b>78</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b>	<b>83</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH</b>	<b>84</b>

# ÚVOD

V posledných rokoch sme boli svedkami obrovského nárastu záujmu o kryptomeny, ako nový a revolučný spôsob investovania. Určité kryptomeny získali v poslednej dobe veľkú pozornosť vďaka vysokému potenciálu zisku a ich vysokému kolísaniu hodnoty. Tento nový finančný trh avšak prináša so sebou množstvo rizík, kvôli ich nepredvídateľnosti, a výziev, ktoré investori musia zohľadniť pri rozhodovaní o svojich investíciách. Vzhľadom na túto situáciu je vhodné využiť nástroje na podporu rozhodovania, ktoré by umožnili investorom zhodnotiť potenciálne riziká a získať ucelený pohľad na investíciu do kryptomien. Fuzzy logika ponúka vhodný matematický nástroj na riešenie problémov, ktoré sa vyskytujú v oblasti rozhodovania.

Cieľom tejto diplomovej práce je navrhnúť riešenie pomocou programov MS Excel a MathWorks MATLAB, ktoré používajú fuzzy logiku pre podporu rozhodovania pri investovaní do kryptomien.

Práca sa najprv bude zameriavať na technické východiská, kde sa čitateľ zoznámi s fuzzy logikou, históriou fuzzy logiky, operáciami nad fuzzy množinami, procesom fuzzy spracovania a tvorbou fuzzy modelov v zmienených programoch.

Druhá kapitola sa bude venovať analýze súčasného stavu, kde sa podrobne vysvetlia kryptomeny, blockchain, finančný trh a umiestnenie kryptomien vo finančnom trhu, ako aj kritériá investície, ktoré budú použité na podporu rozhodovania.

V tretej kapitole sa navrhne konkrétne riešenie pomocou programov MS Excel a MathWorks MATLAB. Bude sa skúmať, ako sa môže fuzzy logika použiť na modelovanie a predikciu vývoja cien kryptomien a ako sa môžu tieto modely integrovať do procesu rozhodovania.

Na základe tejto analýzy bude vo štvrtej kapitole navrhnutý fuzzy systém, ktorý bude slúžiť ako nástroj na podporu rozhodovania. Navrhnutý systém bude následne implementovaný pomocou MS Excel a MathWorks MATLAB, a jeho efektívnosť bude overená experimentálnymi výsledkami. Výsledky oboch riešení budú na záver popísané, graficky znázornené a porovnané medzi sebou s dodatkom o prínosoch realizovaných návrhov.

Cieľom tejto práce je poskytnúť investorom nástroj na podporu rozhodovania pri investovaní do kryptomien, ktorým by mohli minimalizovať riziká a zvýšiť svoje zisky. Veríme, že použitie fuzzy logiky v spojení s programami MS Excel a MathWorks MATLAB môže byť cenným príspevkom pre investičné rozhodovanie v oblasti kryptomien.

# 1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ PRÁCE

## 1.1 Fuzzy logika

Táto práca sa venuje využitiu fuzzy logiky pri navrhovaní rozhodovacích modelov, preto je vhodné si tento pojem vysvetliť. Fuzzy logika eliminuje nedostatky klasickej logiky, ktorá umožňuje rozhodnúť sa či prvok do množiny patrí alebo nepatrí.

Logika je veda o princípoch a spôsoboch myslenia v rôznych formách. Klasická matematická logika sa zaoberá výrokmi, ktoré môžu byť iba pravdivé alebo nepravdivé. Každý výrok má svoj opak, ktorý sa nazýva negáciou. Rozdiel fuzzy výrokov spočíva v rozsahu ich hodnôt. V tejto logike hodnota každého fuzzy výroku je definovaná číslom v rozsahu 0 až 1 [1].

Fuzzy logika je veda, ktorá sa zaoberá pravidlami správneho myslenia a vyvodenia záverov. Slovo fuzzy pochádza z angličtiny a znamená neostrý, nejasný alebo mlhavý, preto sa logika fuzzy taktiež označuje ako neostrá, nejasná, mlhavá logika. Hlavnou výhodou fuzzy logiky je schopnosť používať nejasné, neurčité pojmy. To je spôsobené tým, že v reálnom svete sa často nemôže vyjadriť myšlienka pomocou konkrétnych pojmov. Pomocou nejasných pojmov sa môže napríklad opísať teplota vody na kúpalisku, keď sa prirodzene povie, že je teplá alebo studená namiesto konkrétnej hodnoty teploty v stupňoch celsia, ktorú je ťažké vyvodiť [2].

Fuzzy logika je použiteľná vo viacerých prípadoch, medzi ktoré patrí napríklad opisovanie nejasných stavov, rozhodovanie pri riadení spoločnosti, alebo rozhodovanie pri investovaní na finančných trhoch. V oblasti finančných služieb sa používa strojové učenie a inteligentné systémy na podporu investovania. Tieto nástroje pomáhajú investorom správne a efektívne reagovať na zmeny na trhu a analyzovať budúci vývoj, ktorý môže mať významný vplyv na ich investície [3].

## 1.2 História fuzzy logiky

Ako už bolo v práci spomenuté, fuzzy logika pochádza z teórie množín s neostrými hranicami, ktoré sa nazývajú fuzzy množinami. Termín 'fuzzy množina' bol použitý prvýkrát v publikácii Lotfi Askar Zadeha v roku 1965, v článku 'Fuzzy sets'. Myšlienka Lotfi Askar Zadeha spočíva v množinách s neostrými hranicami. Klasické

množiny sa definujú pomocou funkcie, ale fuzzy množiny sú všeobecnejším pojmom klasických množín, ktoré možno opísať pomocou funkcie na intervale. Operácie ako zjednotenie, prienik, doplnok a ďalšie sa dajú aplikovať nielen na klasické množiny, ale taktiež aj na fuzzy množiny [2].

Po prvej publikácii článku sa výskumníci začali zaujímať aj o riešenie náročnejších problémov pomocou fuzzy logiky. V roku 1975 profesor Mamdani z Londýna vyvinul stratégiu na riadenie procesov a publikoval výsledky, ktoré dosiahol pri ovládaní parného motora. O niekoľko rokov neskôr, v roku 1978, dánska spoločnosť F.L. Smidth úspešne použila fuzzy logiku na riadenie cementovej pece, čo možno považovať za prvú skutočnú priemyselnú aplikáciu tejto technológie. Tieto úspechy viedli k rýchlemu vývoju fuzzy logiky a koncom 80-tých rokov začal tzv. 'fuzzy boom'. Fuzzy logika bola úspešne využívaná aj v Japonsku, kde bola zameraná na vysoko aplikovateľný výskum. V 80. rokoch sa fuzzy logika čoraz častejšie objavovala v malých elektronických zariadeniach, ako sú pračky, fotoaparáty a videokamery, ale aj v podzemných systémoch alebo vlakoch. Ďalšie aplikácie boli vyvinuté v oblastiach, ako sú financie a lekárska diagnostika [4].

### 1.3 Princípy fuzzy logiky

Ako už bolo v prvej kapitole uvedené, jednou z hlavných výhod používania fuzzy logiky je, že sa s ňou dá pracovať s nepresnosťami a významami slov v prirodzenom jazyku prostredníctvom neurčitých pojmov, čo je základným princípom, na ktorom fuzzy logika funguje. Fuzzy logika nachádza široké uplatnenie kvôli možnostiam pracovania s nepresnými výrazmi ľudského jazyka. Používa neurčité expertné znalosti, ale naráža na rozpor medzi presnosťou a dôležitosťou informácie. L. A. Zadeh nazval tento fakt princípom nezlučiteľnosti. Keď sa opisuje realita, musí sa rozhodovať medzi dôležitosťou informácie, ktorá je menej presná alebo presnosťou, ktorá bude menej dôležitá. Čím viac sa snažíme zvýšiť presnosť, tým viac sa dostávame k bodu, kde presnosť a dôležitosť sa stávajú protichodnými vlastnosťami. V prípade používania veľkého množstva precíznych výpočtov a čísel, na ich konečné pochopenie sa často používa prirodzený jazyk. Tým sa opäť dostávame k nepresnému charakterizovaniu, pretože sa pracuje s neurčitými pojmami. Ďalším dôležitým poznatkom

je podstata presnosti. Zdá sa, že úplná presnosť je nedosiahnuteľná, pretože pre jej dosiahnutie sa používajú rôzne hranice presnosti [5].

## 1.4 Fuzzy množina

Vo fuzzy logike sa využíva pojem fuzzy množina, ktorý predstavuje určité rozšírenie klasického pojmu množiny. Predtým, ako sa definuje pojem fuzzy množina je dôležité vysvetliť pojem množina v širšom kontexte.

Matematika považuje objavenie množiny za jedno z najdôležitejších objavov v histórii tejto vedy. Základnými pojmami v teórii množín sú pojmy trieda a prvok. Ak  $\phi$  je vlastnosť, potom sa hovorí, že objekt  $Y$  je prvkom triedy  $X$ , len vtedy, ak má vlastnosť  $\phi$ . Trieda  $X$  je definovaná vlastnosťou  $\phi$ . Zmiený fakt sa matematicky zapisuje nasledovne:

$$X = \{Y; \phi(Y)\} [5] \quad (1.1)$$

Množina sa dá predstaviť ako zoznam objektov, ktorý je súčasťou tejto množiny. Množina tiež predstavuje triedu, ktorá je definovaná vlastnosťou, že je súčasťou danej množiny. Matematický zápis faktu  $x$  je množina a  $y$  je množina, ktorá je jej prvkom, zapisuje sa nasledovne:

$$x = \{y; y \in x\} [5] \quad (1.2)$$

Fuzzy množina, na rozdiel od matematickej množiny, ktorá požaduje jasne definované hranice, umožňuje čiastočnú príslušnosť k množine. Je tvorená prvkami, ktoré sú charakterizované stupňom príslušnosti k danej množine. Hranice fuzzy množiny sú rozmazané a neostre, na čo už názov fuzzy napovedal. [6] Grafické znázornenie oboch typov množín je viditeľné na obrázku 1.1.

Fuzzy množiny poskytujú spôsob presného určenia úrovne príslušnosti prvkov k danej množine. Nepoužívajú sa iba dve možnosti 0;1, ako je to v prípade klasických množín [2].

Forma funkcie príslušnosti fuzzy množiny  $A$  na ostre množine  $X$  má nasledujúci tvar:

$$\mu_A; X \rightarrow [0; 1] [2] \quad (1.3)$$

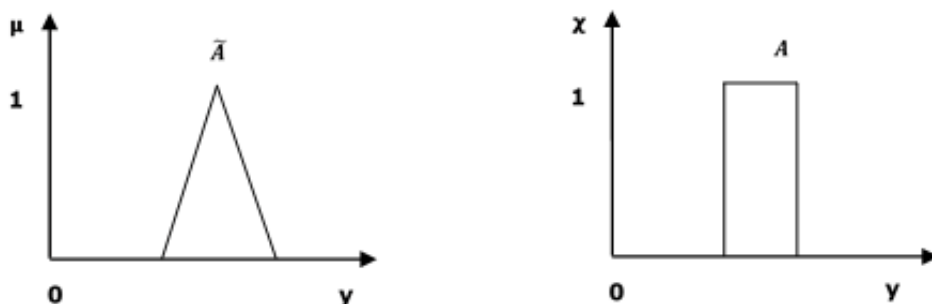


**Obr. 1.1: Porovnanie matematickej množiny a fuzzy množiny**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Hodnota  $\mu_A; X$  predstavuje vo fuzzy množine spojitú mieru a udáva stupeň členstva prvku  $x$  v množine  $A$ ,  $x \in A$  [2].

Grafická interpretácia tohto porovnania je znázornená na obrázku 1.2.



**Obr. 1.2: Porovnanie funkcie vzťahu fuzzy množiny(vľavo) a klasickej množiny(vpravo)**

(Zdroj: [7])

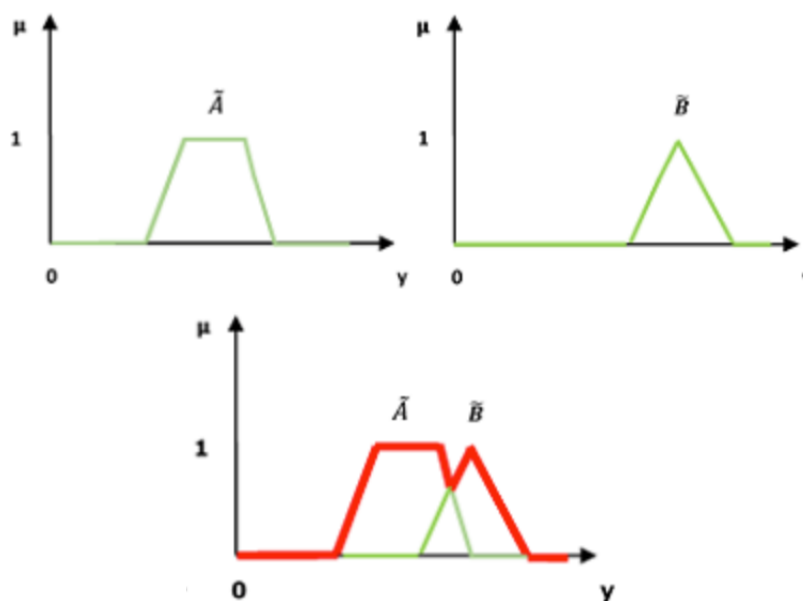
### 1.4.1 Operácie nad fuzzy množinami

V tejto pod sekcii sú popísané a graficky znázornené vzťahy vyjadrujúce operácie zjednotenia, prieniku a doplnku na fuzzy množinách. Predpokladá sa, že máme dve fuzzy množiny  $\tilde{A}$  a  $\tilde{B}$ , vesmír informácií  $U$  a prvok vesmíru  $y$  [7].

## Zjednotenie

Následujúca reprezentácia je zobrazená, aby sa jednoduchšie pochopilo ako funguje vzťah zjednotenia 'AND'. V nasledujúcom zápise predstavuje  $\wedge$  operáciu 'max' [7].

$$\mu_{\bar{A}\bar{B}}(y) = \mu_{\bar{A}} \wedge \mu_{\bar{B}} \quad \forall y \in U \quad [7] \quad (1.4)$$



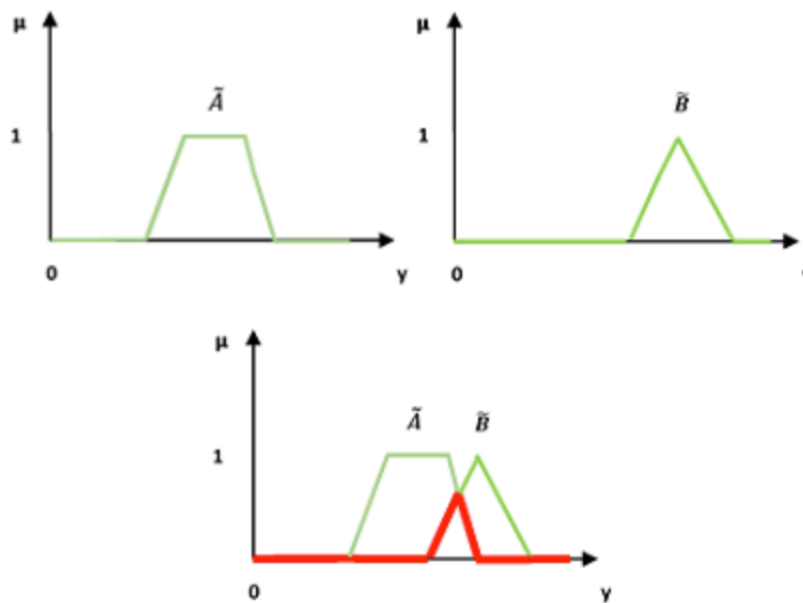
Obr. 1.3: Zjednotenie fuzzy množiny

(Zdroj: [7])

## Prienik

Následujúca reprezentácia slúži na jednoduchšie pochopenie ako funguje vzťah prieniku 'OR' na fuzzy množine. V nasledujúcom zápise predstavuje  $\vee$  operáciu 'min' [7]. Grafická interpretácia je znázornená na obrázku 1.4.

$$\mu_{\bar{A}\bar{B}}(y) = \mu_{\bar{A}} \vee \mu_{\bar{B}} \quad \forall y \in U \quad [7] \quad (1.5)$$



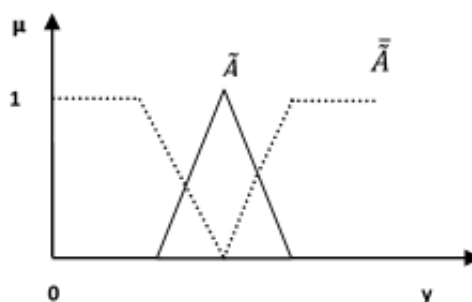
Obr. 1.4: Prienik fuzzy množiny

(Zdroj: [7])

## Doplnok

Následujúca reprezentácia slúži na jednoduchšie pochopenie ako funguje vzťah doplnku 'NOT' na fuzzy množine [7]. Grafická interpretácia je znázornená na obrázku 1.5.

$$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_{\tilde{A}} \quad \forall y \in U \quad [7] \quad (1.6)$$



Obr. 1.5: Doplnok fuzzy množiny

(Zdroj: [7])

## 1.5 Proces fuzzy spracovania

Proces tvorby fuzzy logického systému pozostáva z troch hlavných krokov: premenenie reálnych premenných na jazykové premenné (fuzzifikácia), vykonanie fuzzy operácie (fuzzy inferencia) a opätovné premenenie jazykových premenných na reálne premenné (defuzzifikácia) [2].

Zmienené kroky sú graficky interpretované na obrázku 1.6.

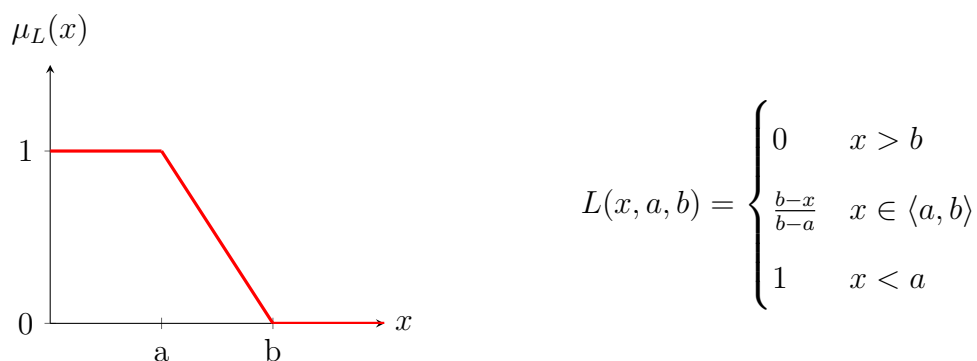


**Obr. 1.6: Kroky fuzzy procesu**

(Zdroj: vlastné spracovanie podľa [2])

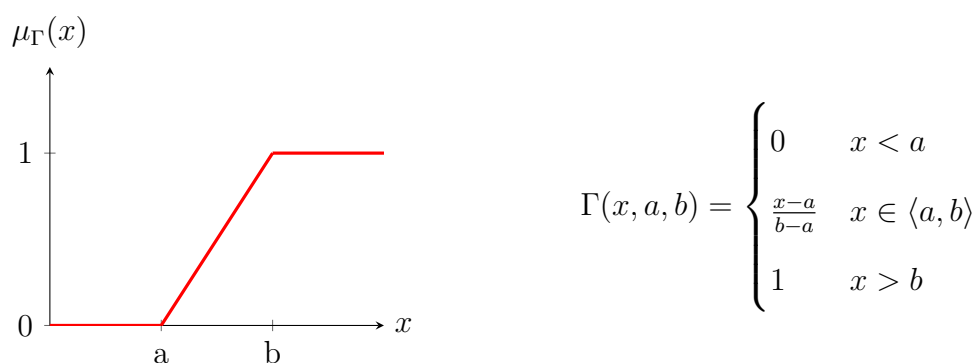
### 1.5.1 Fuzzifikácia

Fuzzifikácia je prvým krokom v procese tvorby fuzzy modelu. V rámci tejto fázy sa reálne premenné prevedú na jazykové premenné. Jazykové premenné sú definované na základe lingvistickej premennej. Napríklad pre premennú riziko sa definujú atribúty: žiadne, veľmi nízke, nízke, stredné, vysoké a veľmi vysoké. Bežný počet atribútov sa pohybuje od 3 do 7. Stupeň členstva atribútov pre danú premennú v množine sa vyjadruje matematickou funkciou. Existuje mnoho tvarov členských funkcií, avšak najčastejšie sa v praxi používajú takzvané štandardné funkcie členstva, ako napríklad typy  $\Lambda$ ,  $\Pi$ ,  $L$  a  $\Gamma$  (znázornené na obrázkoch nižšie). Stupeň členstva v množine sa týka nielen vstupných, ale aj výstupných funkcií. Okrem štandardných funkcií existuje aj množstvo ďalších funkcií členstva [2].



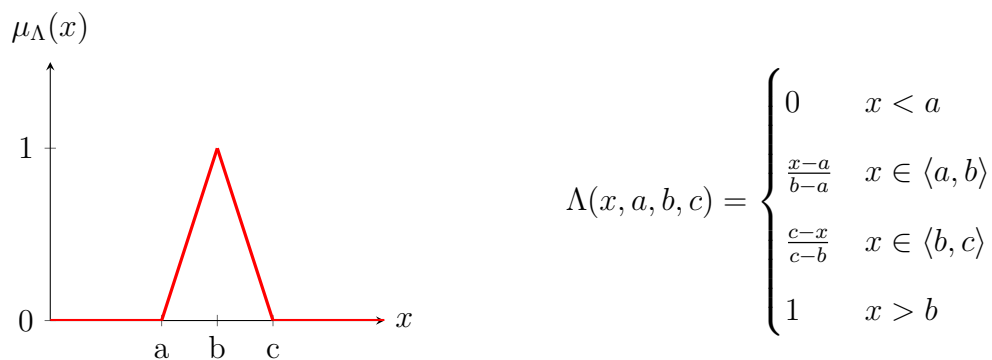
**Obr. 1.7: L-funkcia**

(Zdroj: [2])



**Obr. 1.8: Γ-funkcia**

(Zdroj: [2])

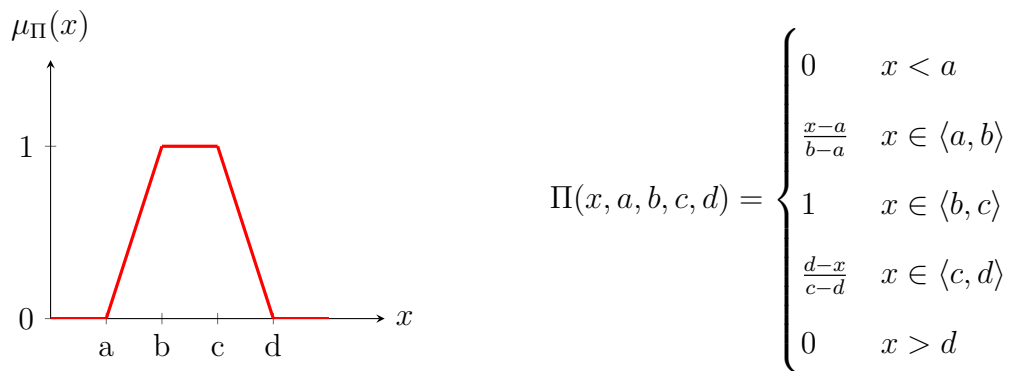


**Obr. 1.9: Λ-funkcia**

(Zdroj: [2])

### 1.5.2 Fuzzy inferencia

Po fuzzifikácii, v druhom kroku procesu fuzzy logiky sa vykonáva fuzzy inferencia, čo znamená, že sa definuje správanie systému pomocou pravidiel, ako sú napríklad



Obr. 1.10:  $\Pi$ -funkcia

(Zdroj: [2])

$\langle \text{Keď} \rangle$ ,  $\langle \text{Potom} \rangle$ ,  $\langle \text{S váhou} \rangle$ . Tieto pravidlá sú na jazykovej úrovni a sú to algoritmy s podmienkovými vetami, ktoré vyjadrujú samotné hodnotenie stavu jednotlivých premenných. Podmienkové vety sú podobné tým, ktoré sa používajú v programovacích jazykoch. Pri určitej kombinácii vstupných atribútov systému sa tieto atribúty uvádzajú v podmienke  $\langle \text{Keď} \rangle$ ,  $\langle \text{Potom} \rangle$  a stávajú sa súčasťou jedného konkrétneho pravidla s výstupom  $\langle \text{S váhou} \rangle$ . Pravidlá majú vlastnú váhu, ktorá závisí od zvolenej kombinácie a validity základných premenných. Preto je výsledok fuzzy systému v určitej miere závislý na správnosti a vhodnosti určenia významu definovaných pravidiel. Týmto pravidlám možno v príbehu optimalizácie meniť ich významnú váhu. Rovnako ako v časti pravidla za  $\langle \text{Keď} \rangle$ , je potrebné zvoliť príslušné pravidlo za časťou  $\langle \text{Potom} \rangle$ . Ako konečný výsledok fuzzy inferencie sa vytvorí jazyková premenná [8].

Vyššie zmienená jazyková premenná sa tvarom podobá na programovacie jazyky. A vyzerá nasledovne:

$$\langle \text{Keď} \rangle \text{ VstupA} \langle \text{A} \rangle \text{ VstupB} \dots, \text{VstupX} \langle \text{A} \rangle \text{ VstupY} \dots \langle \text{Potom} \rangle \text{ Vystup1} \langle \text{S váhou} \rangle z \text{ [8]} \quad (1.7)$$

To znamená, že keď sa vyskytne kombinácia stavov  $\text{VstupA VstupB} \dots \text{VstupX}$  a  $\text{VstupY} \dots$ , potom nastane situácia  $\text{Výstup1}$  s váhou pravidla  $z$ , kde  $z$  je číslo v rozsahu od 0 do 1 [8].

### 1.5.3 Defuzzifikácia

Defuzzifikácia je posledným krokom v procese fuzzy logiky. Tento proces je opačným procesom fuzzifikácie. V tejto fáze sa výsledky fuzzy inferencie prevedú na reálne čísla. Cieľom tohto kroku je premeniť nejasnú hodnotu výstupnej premennej na takú, ktorá čo najlepšie vystihuje výsledok fuzzy výpočtu. Inými slovami, je potrebné zabezpečiť, aby slovné vyjadrenie čo najlepšie odpovedalo numerickým výsledkom dosiahnutým v fuzzy výpočtovej operácii [2].

## 1.6 Tvorba fuzzy modelov

Táto podkapitola sa zaoberá tvorbou fuzzy modelov pomocou programu MS Excel a MATLAB. Kapitola obsahuje popis jednotlivých programov a grafickú interpretáciu pre jednoduchšie pochopenie.

### 1.6.1 Fuzzy modely v MS Excel

Proces tvorby fuzzy modelov v programe MS Excel v sebe zahŕňa vytvorenie jednotlivých matic, ktoré sú podrobne popísané nižšie.

#### Transformačná matica

V procese realizácie fuzzy logiky v MS Excel je prvým krokom zvyčajne definovanie číselných hodnôt jednotlivých vybratých atribútov pomocou matice. Pre zlepšenie orientácie používateľa v riešenom príklade sa bežne pridáva ďalšia forma transformačnej matice, ktorá definuje transformačnú maticu slovnými opismi. V hlavičke sú jednotlivé atribúty, ktoré sa budú brať v modeli do úvahy. Po stanovení atribútov sa určujú hodnoty, rozsahy alebo slovné vyjadrenia, ktoré jednotlivé atribúty môžu prijať. Nižšie v tretej kapitole je uvedený príklad transformačnej matice so slovnými popismi. Po určení atribútov a nastavení hodnôt sa k jednotlivým hodnotám pripojí ich váha [9].

#### Stavová matica

Zo vstupných hodnôt a transformačnej matice sa vytvorí stavová matica, jednotlivé políčka matice môžu nadobúdať hodnoty 0, alebo 1, kde číslo 1 znamená, že zadaný

atribút zodpovedá daným hodnotám. Číslo 0 znamená, že dané hodnoty nezodpovedajú. Model môže obsahovať viacero stavových matic. V každom stĺpci musí byť len jedno číslo 1. Preto sa pri tvorbe stavovej matice vykoná kontrola správnosti zadania [9].

### **Retransformačná matica**

Retransformačná matica poskytuje odporúčanie v podobe slovného hodnotenia, ktoré je založené na číselnom výsledku. Môže obsahovať viacero možností slovných hodnotení, ktoré závisia od počtu hodnotení, ktoré používateľ určí. Skúma sa využitie fuzzy množín a operácií na nich, aby sa určilo slovné hodnotenie pre daný výsledok. Cieľom je zabezpečiť jednoznačné a presné slovné hodnotenie pre výsledok fuzzy logického procesu [9].

### **1.6.2 Fuzzy modely v MATLABE**

Inžiniersky nástroj a interaktívne prostredie s názvom MATLAB je používaný miliónmi inžiniermi a vedcami po celom svete, na vedecké a technické výpočty, analýzu dát, vizualizáciu a vývoj algoritmov. Program MATLAB umožňuje skúmanie a vizualizáciu nápadov a riešenie úloh v rôznych oblastiach. Poskytuje riešenia v aplikovanej matematike, strojovom učení, spracovaní signálov a komunikácie, spracovaní obrazu a počítačovom videní, finančnej analýze a modelovaní, návrhu riadiacich systémov, robotike a ďalších oblastiach [10].

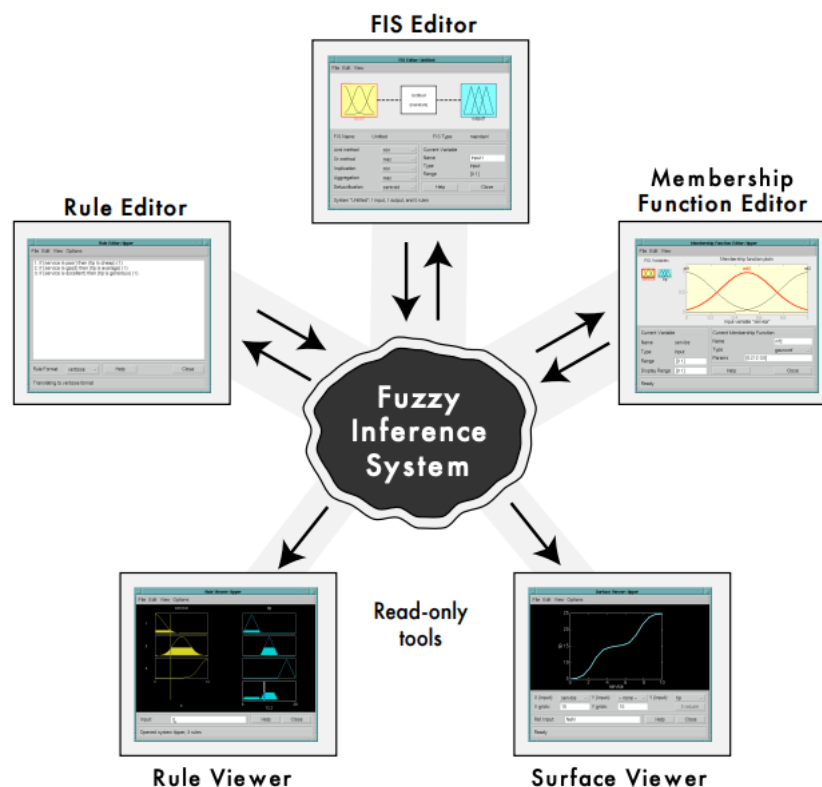
V tejto práci sa MATLAB používa s doplnkom Fuzzy Logic Toolbox pre prácu s fuzzy inferenčnými systémami.

### **Fuzzy Logic Toolbox**

Fuzzy Logic Toolbox je kolekcia funkcií vytvorených v prostredí numerického výpočtu MATLAB®. Poskytuje nástroje na vytváranie a úpravu fuzzy inferenčných systémov v rámci MATLAB-u, taktiež umožňuje integráciu fuzzy systémy do simulácií pomocou Simulink-u, alebo dokonca vytváranie samostatných programov v jazyku C, ktoré volajú fuzzy systémy, ktoré sa vytvorili s MATLAB-om.

Táto sada nástrojov sa silno spolieha na nástroje grafického používateľského rozhrania (GUI), ktoré pomáhajú pri práci, aj keď umožňuje prácu aj v príkazovom riadku, podľa preferencie. Táto sada poskytuje niekoľko interaktívnych nástrojov, ktoré umožňujú prístup k mnohým funkciám pomocou používateľského rozhrania. Spolu poskytujú GUI nástroje prostredie pre návrh, analýzu a implementáciu fuzzy inferenčných systémov. V nástroji Fuzzy Logic Toolbox existuje päť hlavných nástrojov s grafickým rozhraním (GUI) na vytváranie, úpravu a pozorovanie rozmazaných inferenčných systémov. Týmito nástrojmi sú: editor fuzzy inferenčných systémov (FIS Editor), editor členstvových funkcií (Membership Function Editor), editor pravidiel (Rule Editor), zobrazovač pravidiel (Rule Viewer) a zobrazovač povrchov (Surface Viewer). Tieto rôzne nástroje sú si v podstate rovnocenné, takže môže byť otvorený jeden alebo všetky z nich pre akýkoľvek daný systém [11].

Vzťah jednotlivých nástrojov s fuzzy inferenčným systémom je znázornený na obrázku 1.11.



Obr. 1.11: Vzťah nástrojov s fuzzy inferenčným systémom  
(Zdroj: [11])

Editor fuzzy inferenčných systémov sa zaoberá otázkami na vysokej úrovni týkajúcimi sa systému, ako napríklad: Koľko vstupných a výstupných premenných je definovaných, alebo aké sú ich názvy?

Editor členstvových funkcií sa používa na definovanie tvarov všetkých členstvových funkcií súvisiacich s jednotlivými premennými.

Editor pravidiel slúži na úpravu zoznamu pravidiel, ktoré definujú správanie systému.

Posledné dva užívateľské rozhrania sa používajú na zobrazenie fuzzy inferenčného systému, narozdiel od jej úpravy. Sú to nástroje striktne iba na čítanie, ako to aj vyššie zobrazený obrázok znázorňuje.

Zobrazovač pravidiel slúži na zobrazenie fuzzy inferenčného diagramu v MATLAB-e, ktorý bol zobrazený na konci poslednej časti. Používa sa ako diagnostický nástroj, ktorý napríklad môže ukázať ktoré pravidlá sú aktívne alebo ako tvar členstvových funkcií ovplyvňuje výsledky. Je to nástroj plný dôležitými informáciami.

Posledný z päťice nástrojov s grafickým rozhraním je zobrazovač povrchov. Tento nástroj zobrazuje ako jeden z výstupov závisí na akejkoľvek jednej alebo dvoch vstupoch - to znamená, že generuje a zobrazuje mapu povrchu výstupu pre systém.

Niektoré nástroje s grafickým rozhraním majú potenciál ovplyvňovať ostatné. Napríklad, ak sa pridá pravidlo, môže sa očakávať zmena povrchu výstupu. Týchto päť hlavných editorov s grafickým rozhraním si navzájom vymieňajú informácie. Akýkoľvek z nich môže čítať a zapisovať do pracovného priestoru aj na disk. Pre akýkoľvek fuzzy inferenčný systém môže byť otvorený akýkoľvek z týchto piatich editorov, alebo aj všetky. Ak je otvorených viac editorov navzájom pre jeden systém, jednotlivé GUI okná si sú vedomé existencie ostatných a ak je to potrebné, aktualizujú súvisiace okná. Ak teda pomocou editora členstvových funkcií sa zmení názov členstvových funkcií, tieto zmeny sa prejavia v pravidlách zobrazených v editore pravidiel. Editory pre ľubovoľný počet rôznych fuzzy inferenčných systémov môžu byť otvorené súčasne.

## 2 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

### 2.1 Kryptomeny

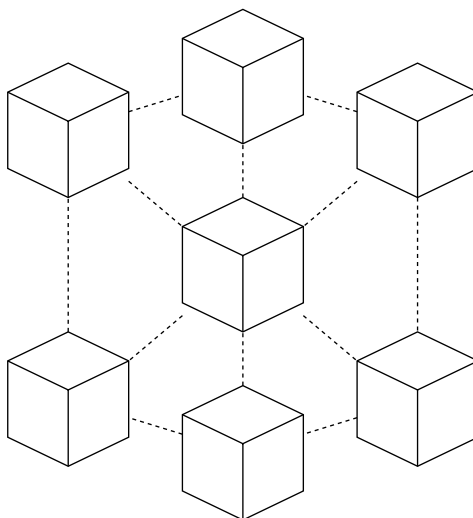
Kryptomeny v posledných niekoľkých rokoch zaznamenali obrovský rozmach. Sú to digitálne, alebo virtuálne meny zabezpečené kryptografiou. Pomocou kryptografie je ich falzifikácia takmer nemožná, ktorá taktiež rieši často diskutovaný problém dvojitého utrácania [12]. Problém dvojitého utrácania predstavuje stav, pri ktorom by boli konkrétne peniaze utratené viackrát, rozdielnymi ľuďmi v rovnakom čase [13].

V stručnosti by sa mohli kryptomeny označiť za elektronické platobné systémy, ktoré kladú najväčší dôraz na decentralizáciu, slobodu a na úplnú zvrchovanosť jednotlivca. Decentralizovaný systém je systém, ktorý nemá konkrétne stredisko riadenia. V takomto systéme existujú uzly, ktoré samostatne prepojujú celý systém. Tým pádom keď jeden z uzlov z nejakého dôvodu vypadne, systém bez problémov pokračuje vo fungovaní. Decentralizácia rozdeľuje každé rozhodovacie funkcie medzi všetkými úrovňami hierarchie. Opačným príkladom je centralizovaný systém, napríklad štát. Centralizácia zameriava každé funkcie rozhodovania na vrchol manažérskej hierarchie, ktorý rozhoduje za všetky nižšie úrovne [14].

Pôvodná myšlienka kryptomien bola platidlo, ktoré pracuje na báze Peer-to-Peer. Peer-to-Peer odkazuje na výmenu alebo zdieľanie informácií, dát, alebo aktivít medzi jednotlivými stranami bez zapojenia centrálnych autorít. V digitálnej peer-to-peer sieti sú všetci užívatelia rovnakými majiteľmi a prispievateľmi siete. Sieť tohto typu môže byť použitá na zdieľanie hocijakých informácií a súborov [15]. Pri výmene digitálnych mien sa peer-to-peer používa hlavne z dôvodu, že nevyžaduje spracovanie žiadnej finančnej inštitúcie. Táto vlastnosť vyžadovala použitie šifrovacích algoritmov a vytvorenie blockchain technológie na umožnenie bezpečného riadenia transakcie medzi dvomi účastníkmi, bez nutnosti tretej strany. Jednotlivé transakcie sa zapisujú u každého člena siete, tým pádom prepísanie, alebo falšovanie účtovnej knihy je extrémne náročné a výpočtovo nepraktické, kvôli tomu poskytuje významnú bezpečnosť [16].

## 2.2 Blockchain

Ústredným prvkom funkčnosti kryptomien je blockchainová technológia. Ako jej názov indikuje, blockchain je v podstate sada prepojených blokov, alebo iným názvom účtovná kniha(ledger) [12]. Každý blok obsahuje sadu transakcií, ktoré boli nezávisle overené každým jedným členom siete. Každý novo vygenerovaný blok musí prejsť cez overenie každým uzlom pre jeho potvrdenie, tým pádom falšovanie histórie transakcie je takmer nemožné [16]. S obsahom online účtovnej knihy musí súhlasiť celá sieť jednotlivých uzlov, alebo počítačov, ktorá udržiava kópiu účtovnej knihy [12].



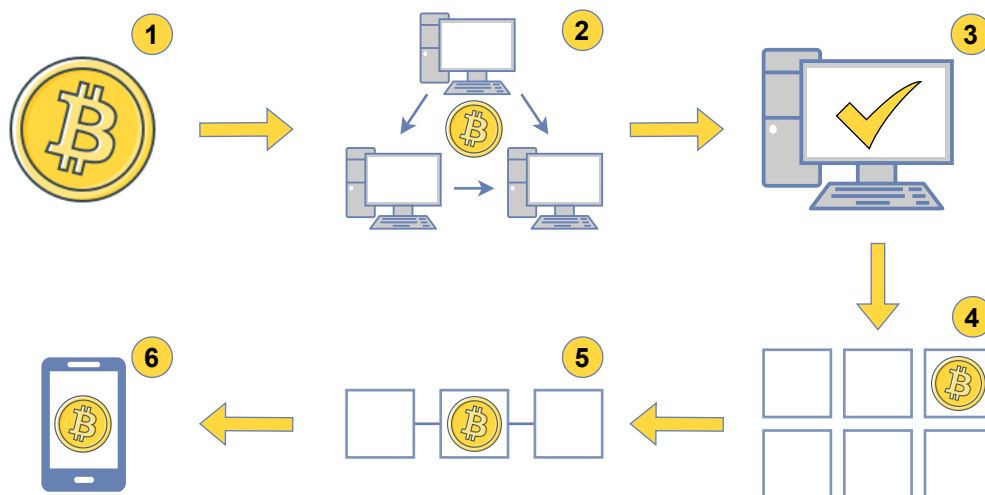
**Obr. 2.1: Jednoduchá predstava blockchainu**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

### 2.2.1 Proces transakcie

Transakcie nasledujú špecifický proces v závislosti od blockchainu, na ktorom sa uskutočňujú. Napríklad na blockchaine Bitcoinu sa spustí postupnosť udalostí. Na Bitcoine sa transakcia odošle do pamäťového pola, kde je uložená a zaradená do fronty. Vo fronte zostáva, kým ju nezoberie niektorý ťažiteľ alebo overovateľ. Keď sa transakcia dostane do bloku a blok sa naplní transakciami, uzavrie sa a zašifruje sa pomocou šifrovacieho algoritmu. Následne sa začne ťažba [17].

Celý postup transakcie je zobrazený na obrázku 2.2 a je popísaný pod obrázkom.



**Obr. 2.2: Proces transakcie Bitcoinu**

(Zdroj: vlastné spracovanie podľa [17])

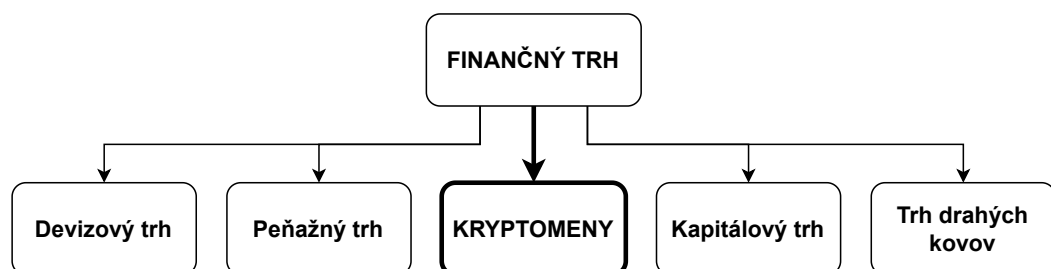
- **1. krok:** Vstup novej transakcie.
- **2. krok:** Transakcia sa následne prenesie do siete počítačov typu peer-to-peer, ktoré sú rozložené po celom svete.
- **3. krok:** Táto sieť počítačov potom rieši rovnice, aby potvrdila platnosť transakcie.
- **4. krok:** Keď sú transakcie potvrdené ako legitímne, zoskupia sa do blokov.
- **5. krok:** Tieto bloky sú následne navzájom prepojené, čím vytvárajú dlhú históriu všetkých transakcií, ktorá je trvalá.
- **6. krok:** Transakcia je hotová.

Celá sieť pracuje súčasne a snaží sa vyriešiť šifru. Každý generuje náhodnú šifru, okrem *nonce*, čo je skratka pre číslo použité iba raz. Každý ťažiteľ začína s *nonce* hodnotou nula, ktorá sa pridá k ich náhodne generovanej šifre. Ak táto hodnota nie je rovná alebo menšia ako cieľová šifra, pridá sa k *nonce* hodnote číslo jedna a generuje sa nová bloková šifra. Tento postup pokračuje, až kým niektorý ťažiteľ nevygeneruje platnú šifru, čím vyhrá pretek a získa odmenu. Generovanie náhodných šifier, až kým sa nenájde určitá hodnota, sa nazýva *proof-of-work*. Týmto procesom sa "dokáže", že ťažiteľ vykonal prácu. Množstvo práce, ktorú treba vykonať na ove-

renie šifry, je dôvodom, prečo sieť Bitcoinu spotrebúva toľko výpočtového výkonu a energie. Ak je blok uzavretý, transakcia je dokončená. Avšak blok nie je považovaný za potvrdený, kým nebolo potvrdených päť ďalších blokov. Sieť potrebuje na potvrdenie približne hodinu, pretože priemerný čas na jeden blok trvá okolo desať minút a blokov dokopy je šesť. Nie všetky blockchainy nasledujú tento proces. Napríklad sieť Ethereum náhodne vyberie jedného validátora zo všetkých užívateľov, ktorí vlastnia Ether, a validuje bloky, ktoré následne sieť potvrdí. Tento proces je oveľa rýchlejší a menej náročný na energiu ako proces Bitcoinu a nazýva sa *proof-of-stake* [17].

## 2.3 Finančný trh

Finančný trh je široké označenie pre rôzne trhy, na ktorých sa obchodujú finančné produkty, ako sú akcie, dlhopisy, komodity, devízy, kryptomeny a ďalšie. Finančné trhy sú dôležitou súčasťou hospodárstva a poskytujú osobám, spoločnostiam a vládám prístup k financovaniu. Zohrávajú kľúčovú úlohu pri zabezpečovaní plynulého fungovania ekonomiky tým, že alokujú zdroje a vytvárajú likviditu pre podniky a podnikateľov. Trhy uľahčujú obchodovanie s finančnými aktívami medzi kupujúcimi a predávajúcimi. Vytvárajú finančné produkty, ktoré poskytujú návratnosť pre tých, ktorí majú nadbytočné finančné prostriedky a zabezpečujú tieto prostriedky pre tých, ktorí potrebujú ďalšie peniaze [18]. Finančné trhy sa delia na päť hlavných trhov, medzi ktoré patrí devízový trh, peňažný trh, kapitálový trh, trh drahých kovov a kryptomeny.



Obr. 2.3: Rozdelenie finančného trhu

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## **Kryptomeny vo finančnom trhu**

Vzhľadom na svoju povahu sú kryptomeny relatívne novým prírastkom na finančnom trhu a ich zapojenie do finančného systému sa stále vyvíja. Kryptomeny sa môžu obchodovať na rôznych burzách a platformách, ktoré sú zamerané na digitálne aktíva. Ich hodnota je určovaná ponukou a dopytom, a môže sa meniť v závislosti na mnohých faktoroch, ako sú nové technologické zlepšenia, regulácie alebo obavy z rizika. Aj keď kryptomeny sú relatívne novým a inovatívnym prírastkom na finančnom trhu, stále sa považujú za rizikové aktíva, ktoré majú vysokú volatilitu a výrazné cenové fluktuácie. Vlády a regulačné orgány sa zaoberajú reguláciou kryptomien a snažia sa zabezpečiť, aby ich používanie bolo bezpečné a transparentné pre investovanie.

## **2.4 Investičné kritériá**

Investovanie do kryptomien sa stalo populárnym spôsobom, ako získať výnos z rastúceho trhu digitálnej meny. Kryptomeny sú decentralizované, čo znamená, že nie sú pod kontrolou žiadnej centrálnej authority, ako napríklad štát alebo banka. To prináša veľa výhod, ale aj rizík, ktoré by mali byť zvážené pred investovaním. Existuje množstvo kryptomien, z ktorých si investor môže vybrať, a rovnako aj množstvo kritérií, ktoré je potrebné zvážiť predtým, ako sa do investície pustí. V tejto kapitole sa preto podrobnejšie predstavujú niektoré z kľúčových investičných kritérií kryptomien, ktoré by mohli pomôcť pri rozhodovaní, kam uložiť svoje finančné prostriedky.

Vo svete kryptomien je veľa faktorov, ktoré ovplyvňujú ich hodnotu a atraktivitu pre investorov. Niektoré z týchto faktorov sa môžu líšiť v závislosti od konkrétnej kryptomeny a jej charakteristík, ale existuje aj niekoľko bežných kritérií, ktoré sú relevantné pre väčšinu kryptomien. V nasledujúcich odstavcoch sú popísané niektoré z týchto kritérií.

### **Bezpečnosť**

Jedným z najdôležitejších kritérií pre investovanie do kryptomien je bezpečnosť. Vzhľadom na to, že kryptomeny sú digitálne, existuje vždy riziko, že budú náchylné k útokom hackerov a k iným bezpečnostným rizikám. Preto je dôležité si zvoliť kryptomenu, ktorá má vysokú mieru zabezpečenia a ktorá sa v minulosti ukázala ako

spolahlivá. Zabezpečenie kryptomien a technológií, ktoré ich podporujú, je komplexná otázka, ktorá zahŕňa množstvo faktorov, ako sú kryptografické protokoly, autentifikácia, autorizácia, zálohovanie, sledovanie a mnoho ďalších.

Technológie sú čoraz sofistikovanejšie a rýchlejšie, čo umožňuje vývoj nových a inovatívnych kryptomien a technológií s nimi súvisiacich. Zároveň je však potrebné ich zabezpečenie a ochrana pred zneužitím, čo môže byť čoraz ťažšie s rýchlym vývojom technológií. Preto bezpečnosť úzko súvisí aj s tímom, ktorý stojí za kryptomenou. Tím vývojárov zohráva kľúčovú rolu v udržiavaní aktuálnych bezpečnostných trendov pri rýchlom vývoji technológií, ktorý prináša nové riziká.

### Trhová kapitalizácia

Trhová kapitalizácia je celková hodnota všetkých akcií spoločnosti - v prípade Bitcoinu alebo iných kryptomien, všetkých mincí, ktoré boli ťažené. Pri kryptomenách sa trhová kapitalizácia vypočíta násobením celkového počtu mincí, ktoré boli ťažené, cenou jednej mince v akomkoľvek danom čase 2.1 [19].

$$\text{Trhová kapitalizácia} = \text{Celkový počet mincí} \times \text{Cena jednej mince} [19] \quad (2.1)$$

Kryptomena s väčšou trhovou kapitalizáciou je pravdepodobnejšie stabilnejšou investíciou ako tá s menšou trhovou kapitalizáciou. Naopak digitálne meny s menšou trhovou kapitalizáciou sú náchyľnejšie na vplyvy trhu a môžu vidieť obrovské zisky alebo dramatické straty. Cena je len jedným spôsobom, ako merať hodnotu kryptomeny. Investori používajú trhovú kapitalizáciu na to, aby dostali jasnejší pohľad a porovnali hodnoty kryptomien. Ako kľúčová štatistika môže naznačovať rastový potenciál kryptomeny a to, či jej kúpa je bezpečná v porovnaní s inými [19].

Kryptomeny sú zoradené podľa svojej trhovej kapitalizácie do troch kategórií:

- **Kryptomeny s veľkou trhovou kapitalizáciou**, vrátane Bitcoinu a Ethereumu, majú trhovú kapitalizáciu viac ako 10 miliárd dolárov. Investorom sa zdajú byť nižším rizikom, pretože majú preukázanú stopu rastu a často majú vyššiu likviditu - čo znamená, že môžu odolať väčšiemu počtu ľudí, ktorí sa rozhodnú predať, bez dramatického vplyvu na cenu [19].

- **Kryptomeny so strednou trhovou kapitalizáciou** medzi 1 a 10 miliárd dolárov sa zvyčajne považujú za kryptomeny s väčším potenciálom nárastu, ale aj s vyšším rizikom [19].
- **Kryptomeny s malou trhovou kapitalizáciou** majú hodnotu menej ako 1 miliardu dolárov a sú najviac náchylné na dramatické výkyvy na základe nálady trhu [19].

## Likvidita

Likvidita je veľmi dôležitým faktorom pri investovaní do kryptomien, pretože ovplyvňuje schopnosť nakupovať a predávať kryptomeny. Likvidita môže byť definovaná ako schopnosť previesť kryptomenu na hotovosť bez zbytočného oneskorenia a bez veľkých strát na hodnote. Počet kupujúcich a predávajúcich, ktorí sú pripravení obchodovať s aktívom, alebo celková suma hotovosti alebo kryptomeny, ktorá sa vymieňa medzi kupujúcimi a predávajúcimi, sú obidva dobrými indikátormi toho, ako likvidné je aktívum. Kryptomeny s nízkou likviditou môžu byť náchylné na vysoké výkyvy ceny (rozdielu medzi očakávanou cenou objednávky a cenou, za ktorú sa objednávka skutočne vykonala) pri nákupe alebo predaji aktíva a riziko straty investície môže byť väčšie ako pri kryptomenách s vyššou likviditou [20].

Pri nízkej likvidite môže byť ťažké nájsť kupujúceho alebo predávajúceho pre menu a obchodovanie s nou môže byť nákladné. To môže mať vplyv na cenu kryptomeny, pretože v prípade nedostatku záujmu sa cena môže znížiť a naopak v prípade nadmerného záujmu sa cena môže zvýšiť.

## Anonymita

Jednou z najväčších dezinformácií o kryptomenách je, že všetky poskytujú úplnú anonymitu a sú nevystopovateľné. Preto je dôležité, aby investori kryptomien mali realistické očakávania o úrovni anonymity, ktorú môžu očakávať od konkrétnych kryptomien a mali by si uvedomovať riziká spojené s nedostatočnou anonymitou.

Napriek tomu, že najpopulárnejšie kryptomeny ako Bitcoin a Ethereum nie sú úplne anonymné, poskytujú niekoľko spôsobov, ako minimalizovať digitálny odtlačok a množstvo informácií, ktoré sú o používateľoch týchto mien dostupné.

V neposlednom rade, niektoré kryptomeny sú navrhnuté tak, aby poskytovali úplnú anonymitu. V tomto prípade sa transakcie zaznamenávajú iba v rámci siete a nie sú viditeľné pre verejnosť. Táto úplná anonymita robí kryptomenu obľúbenou pre niektorých investorov, ktorí preferujú chránenie svojho súkromia v porovnaní s ostatnými kritériami.

### **Maximálna zásoba**

Maximálna zásoba sa týka celkového počtu mincí alebo tokenov, ktoré budú v obehu pre určitú kryptomenu. Toto číslo je fixné a nemôže byť zmenené. Obvykle je maximálne množstvo stanovené limitom definovaným protokolom každej digitálnej meny. Pred definovanie maximálnej zásoby môže byť hodnotné pre kontrolu inflačnej miery kryptomeny, čo môže potenciálne viesť k dlhodobému rastu hodnoty aktíva. Všeobecne platí, že keď je dosiahnuté maximálne množstvo, bude na trhu k dispozícii menej mincí. Očakáva sa, že to vytvorí nedostatok na trhu, ktorý by nakoniec mohol viesť k deflačným podmienkam (alebo k 0% inflačnej miere). Niektoré kryptomeny avšak nemajú predom definované maximálne množstvo, čo znamená, že ich je možné ťažiť alebo raziť neustále. Ethereum je významným príkladom kryptomenového systému, ktorý nemá stanovené maximálne množstvo. Zásoba Etheru neustále narastá s generovaním nových blokov. [21]

### **Volatilita**

Volatilita je miera pohybu ceny nahor a nadol konkrétnej kryptomeny. Všeobecne platí, že čím je aktívum volatilnejším, tým je rizikovejším ako investícia - a tým má väčší potenciál ponúkať buď vyššie výnosy alebo vyššie straty v kratšom časovom horizonte ako relatívne menej volatilné aktíva. Kryptomeny sú všeobecne považované za volatilné - s potenciálom významných pohybov nahor a nadol v kratších časových obdobiach. Akcie sú považované za aktívum so širokým rozsahom volatility, od relatívnej stability veľkých spoločností (ako Apple alebo Berkshire Hathaway) po menšie spoločnosti. Naopak, dlhopisy sa považujú za aktívum s nižšou volatilitou a zvyčajne sa pri nich vyskytujú menej dramatické pohyby v dlhších časových obdobiach. Keď ľudia hovoria o meraní volatility, zvyčajne hovoria o "historickej volatilitate", o čísle odvodenom zo štúdie cien v určitom časovom období (často 30

dní alebo rok). Kvantifikovanie volatility sa dá urobiť niekoľkými spôsobmi, najviac využívaná je metóda nazývaná beta, ktorá meria, ako je jedno aktívum volatilné v porovnaní s iným trhom (typickým benchmarkom je S&P 500) [22].

### Sharpeho pomer

Sharpeho pomer je výkonnostný ukazovateľ, ktorý ukazuje efektívnosť investičného portfólia v porovnaní s jeho rizikom. Pomáha investorom pochopiť, či je vyšší výnos portfólia výsledkom vyššieho rizika alebo lepších investičných rozhodnutí. Pri porovnávaní kryptomien alebo portfólií by mali investori zohľadniť nielen absolútne výnosy, ale aj riziká. Zatiaľ čo jedno portfólio alebo kryptomena by mohla mať vyššie výnosy, je to dobrá investícia iba v prípade, ak tieto vyššie výnosy neprichádzajú s dodatočným vysokým rizikom. Všeobecne platí, že čím vyšší je Sharpeho pomer, tým vyššia je riziková výkonnosť portfólia [23].

Výpočet Sharpeho pomeru je nasledovný 2.2:

$$\text{Sharpeho pomer} = \frac{\text{výnos portfólia} - \text{bezrizikový výnos}}{\text{štandardná odchýlka nadbytočného výnosu portfólia}} [23] \quad (2.2)$$

### Sortinov pomer

Sortinov pomer je ukazovateľ, ktorý meria výkonnosť portfólia s ohľadom na riziko. Podobne ako Sharpeho pomer, ale používa negatívnu odchýlku ako mieru rizika. Sortinov pomer je pomer nadbytočného výnosu portfólia k riziku. Používa sa ako indikátor 'kvality' investičného aktíva alebo portfólia. Tento ukazovateľ pripomína bežnejší Sharpeho pomer, s kľúčovým rozdielom v meraní rizika. Sharpeho pomer používa volatilitu investičného portfólia (štandardnú odchýlku) ako mieru rizika. Berie do úvahy oba smerové pohyby ceny portfólia nahor aj nadol. Skoky v cene portfólia nahor môžu významne znížiť Sharpeho pomer, pretože ovplyvňujú celkovú volatilitu. To však nemá zmysel, pretože väčšina investorov víta významné pozitívne výnosy [24].

Výpočet Sortinovho pomeru je nasledovný 2.3:

$$\text{Sortinov pomer} = \frac{\text{výnos portfólia} - \text{minimálna akceptovateľná návratnosť}}{\text{negatívna odchýlka}} [24] \quad (2.3)$$

## Návratnosť investície (ROI)

Návratnosť investície je metrika, ktorú používajú investori s kryptomenami na meranie výkonnosti a efektívnosti investície do kryptomien, alebo na porovnanie výkonnosti viacerých kryptoinvestícií v portfóliu. Kladné číslo ROI znamená, že investícia do kryptomeny prináša zisky, zatiaľ čo záporná hodnota ROI ukazuje stratu. ROI sa vypočíta odčítaním počiatkovej hodnoty investície od súčasnej hodnoty investície a následne sa tento výsledok vydelení počiatkovou hodnotou investície. Miera návratnosti sa potom vypočíta násobením tejto hodnoty číslom 100 [25].

Vzorec pre výpočet ROI je nasledovný 2.4:

$$ROI = \frac{\text{súčasná hodnota investície} - \text{počiatočná hodnota investície}}{\text{počiatočná hodnota investície}} [25] \quad (2.4)$$

## Blockchain technológia

Pre mnohých sa môže zdať blockchain ako monolitická technológia, existuje avšak veľa rozdielov medzi tým, ako fungujú rôzne blockchain siete. Jedným z kľúčových rozlišovacích faktorov je typ konsenzuálnych mechanizmov, ktorý každý blockchain používa. Konsenzuálny mechanizmus je proces, prostredníctvom ktorého distribuovaná sieť dosahuje zhodu ohľadne informácií na sieti - napríklad, či sú transakcie platné a v akom poradí sa uskutočňujú. Konsenzuálny mechanizmus tiež hrá kľúčovú úlohu pri zabezpečovaní blockchain siete pred zlomyseľnými aktérmi, ako sú hackeri. Väčšina verejných blockchainových sietí dnes používa procesy označované ako *dôkaz práce (Proof-of-Work)* alebo *dôkaz podielu (Proof-of-Stake)*, aby poskytovali zhodu, zatiaľ čo súkromné alebo "oprávnené" blockchainya a distribuované technológie záznamu (DLT) môžu byť štruktúrované rôznymi spôsobmi, aby bola prioritizovaná rýchlosť, bezpečnosť alebo škálovateľnosť [26].

## 2.5 Popis zvolených kryptomien

Táto kapitola sa zameriava na popis zvolených kryptomien. Kryptomeny sú digitálne aktíva, ktoré sa stali súčasťou moderného finančného sveta. Ich popularita a vplyv na trh je neustále rastúci, čo viedlo k vzniku mnohých nových kryptomien a tokenov. Táto práca sa zameriava na niekoľko kľúčových kryptomien a analyzuje ich základné charakteristiky, technologické vlastnosti, vývoj ceny, trhovú kapitalizáciu a využitie v praxi. Cieľom je poskytnúť ucelený prehľad o zvolených kryptomenách a ich mieste v rastúcom svete digitálnych aktív.

### Bitcoin(BTC)

Bitcoin je decentralizovaná kryptomena, ktorá bola pôvodne popísaná v bielom papieri v roku 2008 osobou alebo skupinou ľudí, ktorí používali pseudonym Satoshi Nakamoto. Bola spustená krátko potom, v januári 2009. Bitcoin je online peer-to-peer mena, čo znamená, že všetky transakcie sa odohrávajú priamo medzi rovnocennými, nezávislými účastníkmi siete, bez potreby akejkoľvek sprostredkujúcej osoby na ich povolenie alebo ulahčenie. Bitcoin bol vytvorený, ako Nakamoto sám povedal, aby umožnil "posielanie online platieb priamo od jednej strany k druhej bez zásahu finančných inštitúcií-[27].

Funguje ako systém elektronických transakcií bez závislosti na dôvere. Mince sú založené na digitálnych podpisoch, ktoré poskytuje silnú kontrolu vlastníctva. Bitcoin by bol neúplný bez spôsobu, ako zabrániť dvojitému utrácaniu. Na tento problém sa navrhlo riešenie pomocou už spomenutej peer-to-peer siete, ktorá využíva *proof-of-work* mechanizmus na zaznamenávanie verejnej histórie transakcií. História sa takto stáva nezmeniteľnou pre útočníkov, keďže všetky uzly kontrolujú správnosť reťaza blokov. Uzly môžu kedykoľvek opustiť sieť a znova s ňou pripojiť. Hlasujú pomocou svojho výkonu procesora, vyjadrujúc svoje prijatie platných blokov tým, že na nich pracujú a odmietajú neplatné bloky tým, že na nich odmietajú pracovať. Akékoľvek potrebné pravidlá môžu byť uplatňované pomocou tohto konsenzuálneho mechanizmu [16].

Bitcoin má tú výhodu oproti iným konceptom podobného druhu decentralizovanej elektronickej meny, že je prvou kryptomenou, ktorá sa dostala do skutočného po-

užitia. Tejto kryptomene sa podarilo vytvoriť globálnu komunitu, čo viedlo k vzniku celkom nového priemyslu miliónov nadšencov, ktorí vytvárajú, investujú, obchodujú a používajú Bitcoin a iné kryptomeny vo svojom každodennom živote. Vznik prvej kryptomeny vytvoril konceptuálnu a technologickú základňu, ktorá neskôr inšpirovala vývoj tisíce konkurenčných projektov. Vďaka svojej pionierskej povesti BTC zostáva na čele tohto dynamického trhu po viac ako desaťročí od svojho vzniku. Dokonca aj po tom, čo Bitcoin stratil svoje neotrasiteľné postavenie, zostáva najväčšou kryptomenou s trhovou kapitalizáciou, ktorá v roku 2021 prekročila hranicu 1 bilióna dolárov, potom čo cena Bitcoinu dosiahla 14. apríla 2021 historický vrchol 64 863,10 dolárov. To je z veľkej časti vďaka rastúcemu záujmu inštitucionálnych investorov o Bitcoin a rozšírenosti platforiem, ktoré poskytujú prípady použitia pre BTC, ako sú peňaženky, burzy, platobné služby, online hry a ďalšie [27].

Vývoj ceny bitcoinu je znázornený na čiarovom grafe nižšie 2.4. Na ose X sa nachádza rok a na ose Y cena v dolároch.



**Obr. 2.4: Vývoj ceny BTC**

(Zdroj: CoinMarketCap [27])

## Ethereum(ETH)

Ethereum je decentralizovaný open-source<sup>1</sup> blockchain systém, ktorý má vlastnú kryptomenu Ether. ETH slúži ako platforma pre mnoho ďalších kryptomien, ako

<sup>1</sup>Open-source označuje softvérové projekty, ktoré umožňujú slobodný prístup k zdrojovému kódu ich programov. To znamená, že každý má právo na stiahnutie, použitie, modifikáciu a distribú-

aj pre realizáciu decentralizovaných smart kontraktov. Ethereum bol prvýkrát popísaný v bielom papieri od Vitalika Buterina v roku 2013 [28].

Cieľom Etherea je vytvoriť alternatívny protokol pre vytváranie decentralizovaných aplikácií. Ethereum to dosahuje tým, že buduje abstraktnú základnú vrstvu: blockchain s vnútorne zabudovaným Turingovsky úplným programovacím jazykom, ktorý umožňuje každému písať decentralizované aplikácie, kde si môžu vytvárať vlastné, ľubovoľné pravidlá pre vlastníctvo, formáty transakcií a funkcie prechodu stavov. Pôvodným zámerom Etherea bol byť vylepšenou verziou kryptomeny, prostredníctvom vysoko generalizovaného programovacieho jazyka. Existencia Turingovsky úplného programovacieho jazyka znamená, že je možné vytvoriť ľubovoľné zmluvy pre akýkoľvek typ transakcie alebo aplikácie. Čo je však ešte zaujímavejšie na Ethereu, je, že protokol Etherea sa pohybuje oveľa ďalej, ako iba mena. Protokoly okolo decentralizovaného ukladania súborov, decentralizovanej výpočtovej sily a decentralizovaných trhov s predpoveďami majú potenciál výrazne zvýšiť efektívnosť výpočtového priemyslu a poskytnúť masívny impulz iným protokolom typu peer-to-peer. Na záver, existuje aj značné množstvo aplikácií, ktoré nemajú vôbec nič spoločné s peniazmi [29].

Buterin a jeho spoluzakladatelia získali finančné prostriedky pre projekt v letnom online verejnom predaji v roku 2014. Tím projektu dokázal získať 18,3 milióna dolárov v Bitcoine a cena Etherea, v ponuke mincí, bola 0,311 dolárov, pričom bolo predaných viac ako 60 miliónov Etheréí. Ak sa vezme cena Etherea dnes, tak to znamená návratnosť investície v ročnom meradle viac ako 270%, čo znamená, že sa vlastne skoro štvornásobne zvýšila cena ročne od leta 2014. Ethereum Foundation oficiálne spustila blockchain 30. júla 2015 pod prototypom s názvom "Frontier". Odvtedy bolo niekoľko aktualizácií siete - 'Constantinople' 28. februára 2019, 'Istanbul' 8. decembra 2019, 'Muir Glacier' 2. januára 2020, 'Berlin' 14. apríla 2021 a najnovšie 5. augusta 2021 hard fork 'London'. Cieľom Etherea je stať sa globálnou platformou pre decentralizované aplikácie, ktoré umožňujú používateľom z celého sveta písať a spúšťať softvér, ktorý je odolný voči cenzúre, výpadkom a podvodom. Ethereum zaviedol ciu daného softvéru bez poplatku. Týmto spôsobom sa podporuje spolupráca a zdieľanie medzi vývojármi, čím sa často dosahuje vyššia kvalita softvéru a znižujú sa jeho náklady.

koncept platformy pre blockchain smart kontrakty. Smart kontrakty sú počítačové programy, ktoré automaticky vykonávajú akcie potrebné na splnenie dohody medzi viacerými stranami na internete. Boli navrhnuté na zníženie potreby dôveryhodných intermediárov medzi zmluvnými stranami, čím sa znižujú transakčné náklady a zvyšuje sa spoľahlivosť transakcií. Hlavnou inováciou Ethereum bolo navrhnutie platformy, ktorá umožnila vykonávať smart kontrakty pomocou blockchainu, čím sa ďalej posilnili už existujúce benefity technológie smart kontraktov. Podľa spoluzakladateľa Etherea, Gavina Wooda, bol blockchain Etherea navrhnutý ako akýsi "jeden počítač pre celý svet", ktorý teoreticky dokáže urobiť akýkoľvek program odolnejší voči cenzúre a menej náchylný k podvodom tým, že ho spustí na globálne distribuovanom sieti verejných uzlov. Okrem smart kontraktov dokáže blockchain Etherea hostovať aj iné kryptomeny, nazývané "tokeny", prostredníctvom jeho kompatibilného štandardu ERC-20. V skutočnosti bola toto najčastejšie využitie pre platformu ETH: doteraz bolo spustených viac ako 280 000 tokenov kompatibilných s ERC-20. Viac ako 40 z nich tvoria top-100 kryptomien podľa trhovej kapitalizácie, ako napríklad USDT, LINK a BNB [28].

Vývoj ceny etherea je znázornený na čiarovom grafe nižšie 2.5. Na ose X sa nachádza rok a na ose Y cena v dolároch.



**Obr. 2.5: Vývoj ceny ETH**

(Zdroj: CoinMarketCap [28])

## Tether(USDT)

Tether je stabilná kryptomena (stablecoin), ktorá zrkadlí cenu amerického dolára. Vydáva ju spoločnosť Tether so sídlom v Hongkongu. Viazanosť tokenu na americký dolár sa dosahuje udržiavaním sumy obchodných dokladov, záväzných vkladov, hotovosti a pokladničných poukážok v rezervách, ktorá má hodnotu v USD rovnajúcu sa počtu USDT v obeh. Pôvodne bol spustený v júli 2014 pod názvom Realcoin, ako kryptomenový token druhej vrstvy. Bol postavený na Bitcoin blockchaine pomocou platformy Omni, neskôr bol premenovaný na USTether a nakoniec na USDT. Okrem Bitcoinu bol USDT neskôr aktualizovaný na prácu s blockchainmi Ethereum, EOS, Tron, Algorand a OMG. Cieľom USDT je kombinovať neobmedzenú povahu kryptomien, ktoré môžu byť odosielané medzi používateľmi bez dôveryhodnej sprostriedkujúcej tretej strany, so stabilnou hodnotou amerického dolára. V poslednej dobe sa stablecoiny stávajú čoraz častejšie používanými ako ochrana pred infláciou. V porovnaní s ukladaním fiat<sup>2</sup> meny na úsporný účet s priemerným výnosom 0,06% si používatelia môžu poskytovať svoje stabilné kryptomeny a získať výnosy od 3% až po 20%. Treba si však pamätať, že s tým sú spojené riziká regulácie, platformy a ďalšie. Jedinečnou vlastnosťou USDT je skutočnosť, že jeho hodnota je zaručená spoločnosťou Tether, aby ostala viazaná na americký dolár. Podľa Tetheru, vždy keď sa vydá nový token USDT, alokuje rovnakú sumu USD do svojich rezerv, čím zabezpečuje, že USDT je plne podporený hotovosťou a jej ekvivalentmi [30].

Tento digitálny token podporený fiat menou poskytuje jednotlivcom a organizáciám robustný a decentralizovaný spôsob výmeny hodnoty pri použití známeho účtovníctva. Inovácia blockchainov je auditovateľný a kryptograficky zabezpečený globálny účtovník. Protokol Tetheru používa *proof-of-reserve* mechanizmus a ďalšie auditové metódy na preukázanie, že vydané tokeny sú vždy plne podporené a rezervované [31].

---

<sup>2</sup>Fiat mena je bežne používaný termín pre tradičné meny, ktoré sú vydávané centrálnou riadenými inštitúciami, ako sú centrálny banky. Tieto meny majú hodnotu stanovenú vládou alebo centrálnou bankou a nie sú podporované ničím iným ako dôverou ľudí v ich hodnote a vládnej garancie. Príklad fiat mien zahŕňa napríklad americký dolár, euro, britskú libru alebo japonský jen.

Pretože kryptomeny sú obvykle veľmi nestabilné a ich hodnota sa môže v priebehu jedného dňa zvýšiť alebo znížiť o 10-20%, nie sú spoľahlivou formou uchovávanía hodnoty. USDT je naopak chránený pred týmito fluktuáciami. Táto vlastnosť robí z USDT bezpečný prístav pre investorov v kryptomenách: počas obdobia vysokých fluktuácií môžu svoje portfóliá umiestniť v stabilných kryptomenách, bez toho aby sa museli úplne preniesť na fiat meny. Okrem toho USDT poskytuje jednoduchý spôsob prenosu ekvivalentu amerického dolára medzi regiónmi, krajinami a dokonca aj kontinentmi prostredníctvom blockchainu, bez toho aby sa museli spoliehať na pomalé a drahé sprostredkovateľské služby, ako sú banky alebo finančné služby. V priebehu rokov však vzniklo niekoľko kontroverzií ohľadom pravdivosti tvrdení spoločnosti Tether o svojich rezervách v USD, ktoré občas narušili cenu USDT, ktorá klesla až na úroveň 0,88 dolárov v určitom období svojej histórie. Mnohí vyjadrili obavy o skutočnosť, že rezervy Tetheru nikdy neboli plne auditované nezávislou tretou stranou [30].

Vývoj ceny je znázornený na čiarovom grafe nižšie 2.6. Na ose X sa nachádza rok a na ose Y cena v dolároch.



**Obr. 2.6: Vývoj ceny USDT**

(Zdroj: CoinMarketCap [30])

## Monero(XMR)

Monero bolo spustené v roku 2014 a jej cieľ je jednoduchý: umožniť uskutočňovanie transakcií súkromne a anonymne. Pôvodne bol známy ako BitMonero, ale komunita

ho okamžite skrátla na Monero. Monero je slovo pochádzajúce z najrozšírenejšieho medzinárodno plánovaného jazyka Esperanto, ktoré sa prekladá ako *minca* [32].

Hoci sa často predpokladá, že BTC môže skryť totožnosť osoby, často je ľahké vystopovať platby späť k ich pôvodnému zdroju, pretože blockchain je transparentný. Na druhej strane je XMR navrhnutý tak, aby skryl odosielateľov aj príjemcov pomocou pokročilej kryptografie. Tím za Monerom tvrdí, že súkromie a bezpečnosť sú ich najväčšou prioritou, s jednoduchosťou použitia a efektivitou na druhom mieste. Cieľom je poskytnúť ochranu všetkým používateľom, bez ohľadu na to, ako sú technologicky kompetentní. Celkovo má XMR za cieľ umožniť rýchle a lacné platby bez obáv z cenzúry. Používatelia by nemali považovať všetky kryptomeny zamerané na súkromie za rovnocenné služby, pretože nie všetky dosahujú súkromie rovnakým spôsobom. Napríklad, XMR by mal byť považovaný za technológiu, ktorá pri správnom použití skrýva používateľské údaje na blockchaine, čo sťažuje identifikáciu jeho používateľov. Tajnosť a anonymita, ktoré Monero ponúka, sú to, čo väčšina používateľov považuje za hodnotné. Poskytuje ľuďom slobodu vykonávať transakcie s kryptomenami kedykoľvek chcú bez obáv, že ich sleduje vláda, hackeri alebo iné vonkajšie strany. XMR mince nie je možné vysledovať, preto ich firmy nemôžu čiernou listinou označiť za údajne nezákonné. Investori, ktorí si myslia, že dopyt po súkromí v budúcnosti vzrastie, čím sa zvýši cena a celková trhovú kapitalizácia XMR, môžu nájsť hodnotu v Monere okrem jej použitia ako prostriedok výmeny. Existuje niekoľko vecí, ktoré robia Monero jedinečným. Jedným z najväčších cieľov projektu je dosiahnutie maximálnej decentralizácie, čo znamená, že používateľ sa nemusí spoliehať na nikoho iného v sieti. Súkromie sa dosahuje pomocou niekoľkých výnimočných funkcií. Zatiaľ čo každý Bitcoin v obehu má svoje vlastné sériové číslo, čo znamená, že používanie kryptomeny možno monitorovať, XMR je úplne fungibilná<sup>3</sup>. Implicitne sa údaje o odosielateľoch, príjemcoch a množstve, ktoré sa prenáša, skrýva. Zástancovia Monera tvrdia, že táto vlastnosť ponúka výhodu oproti konkurenčným súkromným minciam, ako napríklad Zcash, ktoré sú "selektívne transparentné". Skres-

---

<sup>3</sup>Fungibilný znamená, že dve veci sú navzájom zameniteľné a majú rovnakú hodnotu. V prípade kryptomien to znamená, že jedna jednotka kryptomeny má rovnakú hodnotu ako iná jednotka tej istej kryptomeny.

lenie sa dosahuje použitím kruhových podpisov. Tu sa minulé transakčné výstupy vyberajú z blockchainu a slúžia ako falošná návnada, takže vonkajší pozorovatelia nemôžu zistiť, kto ich podpísal. Ak by jeden používateľ posielal 200 XMR druhému používateľovi, toto množstvo by sa mohlo rozdeliť aj na náhodné časti, aby sa zvýšila ďalšia úroveň náročnosti. Aby sa zabezpečilo, že transakcie nie je možné navzájom prepojiť, vytvárajú sa pre každú jednotlivú transakciu skryté adresy, ktoré sú použité iba raz. Všetky tieto jedinečné funkcie viedli k tomu, že sa XMR stáva stále viac používanou na nezákonné transakcie namiesto Bitcoinu a to najmä na nelegálnych trhoch, ako je darkweb. Vlády po celom svete, najmä v USA, tiež ponúkli stovky tisíce dolárov osobám, ktorí dokážu rozlúštiť kód Monera [33].

Vývoj ceny je znázornený na čiarovom grafe nižšie 2.7. Na ose X sa nachádza rok a na ose Y cena v dolároch.



**Obr. 2.7: Vývoj ceny XMR**

(Zdroj: CoinMarketCap [33])

## Dogecoin(DOGE)

Dogecoin (DOGE) bol vytvorený ako humoristická alternatíva k tradičným kryptomenám, ako je napríklad Bitcoin, v roku 2013. Jeho názov a logo s plemenom Shiba Inu sú založené na populárnom internetovom meme<sup>4</sup>"doge". Na rozdiel od Bitcoinu,

<sup>4</sup>Meme znamená v slovenčine "mém". Ide o kultúrny prvok alebo trend, ktorý sa šíri prostredníctvom internetu a sociálnych médií. Meme môže byť textový, obrazový, zvukový alebo audiovizuálny a zvyčajne má humoristický alebo ironický podtón.

ktorý bol navrhnutý tak, aby bol vzácny, je Dogecoin úmyselne hojný - s ťažbou 10 000 nových mincí každú minútu a bez maximálnej zásoby [34].

Open-source digitálna mena bola vytvorená Billym Markusom z Portlandu v Oregone a Jacksonom Palmerom z Sydney v Austrálii a bola odvetvená od kryptomeny Litecoinu v decembri 2013. Tvorcovia Dogecoinu ju predstavovali ako zábavnú a ľahkú kryptomenu, ktorá by mala vyvolať väčší záujem, najmä mladej generácie, pretože je založená na vtipoch. Riaditeľ spoločnosti Tesla, Elon Musk uverejnil niekoľko príspevkov na sociálnych médiách, kde zverejňuje, že Dogecoin je jeho obľúbenou kryptomenou. Úspech Dogecoinu úzko súvisí s Elonovou Muskovou vášňou pre túto kryptomenu. Musk začal tweetovať o Dogecoinu na začiatku roku 2021. Tento jav spustil divoký rast ceny, s dočasnými poklesmi, ktorý vyvrcholil Muskovým vystúpením v televízii. Po vystúpení DOGE krachlo napriek Muskovým sľubom zvýšiť jeho cenu. V nasledujúcich mesiacoch Musk zjavne stratil záujem a cena DOGE klesla o viac ako 70% od svojho historického maxima. Musk však stále má moc nad Dogecoinom, ako ukazujú príležitostné príspevky na sociálnych sieťach. Dogecoin sa hlavne používa ako systém odmeny na sociálnych médiách, ako je Reddit a Twitteri, aby sa odmenilo vytváranie alebo zdieľanie kvalitného obsahu. Dogecoin môže užívateľ dostať ako odmenu za účasť v komunite, ktorá používa digitálnu menu, alebo si dá získať z takzvaného faucetu. Dogecoin faucet je webová stránka, ktorá poskytuje malé množstvo zadarmo, ako úvod do tejto meny, aby sa mohla začať interagovať v komunitách používajúcich Dogecoin [35].

Základným faktorom hodnoty Dogecoinu je jeho popularita a nie jeho užitočnosť alebo potreba na trhu. To znamená, že cena Dogecoinu je často ovplyvnená marketingovými kampaňami a popularitou celebrit na sociálnych médiách, oproti faktickým dopytom a užívaním. Dogecoin nie je navrhnutý tak, aby bol vzácny alebo ťažko dostupný, na rozdiel od niektorých iných kryptomien. Má neobmedzený zdroj zásob, tým pádom jeho cena nemusí byť stabilná a môže byť ovplyvnená niekoľkými faktormi, ako je napríklad trhová kapitalizácia a manipulácia trhu. Kryptomeny, ako Dogecoin, majú väčšiu tendenciu k výraznej fluktuácii cien a vyššiemu riziku straty hodnoty v krátkodobom horizonte. To znamená, že investície do Dogecoinu môžu byť

považované za špekulatívne a menej spoľahlivé ako investície do iných, etablovaných kryptomien s dlhodobým potenciálom rastu.

Vývoj ceny je znázornený na čiarovom grafe nižšie 2.8. Na ose X sa nachádza rok a na ose Y cena v dolároch.



**Obr. 2.8: Vývoj ceny DOGE**

(Zdroj: CoinMarketCap [35])

## 3 VLASTNÝ NÁVRH RIEŠENIA

### 3.1 MS Excel

Táto podkapitola sa zameriava na rozhodovanie o výbere investícií do kryptomien v programe MS Excel. Na tento účel sa využijú vyššie popísané kritériá, ktoré sú dôležité pre hodnotenie atraktívnosti jednotlivých kryptomien ako investičných príležitostí. Výber investícií do kryptomien v tomto programe je založený na maticiach a matematických funkciách, ktoré MS Excel poskytuje.

Medzi použité matice patrí slovná transformačná matica, číselná transformačná matica, retransformačná matica a stavové matice pre jednotlivé kryptomeny.

Kapitola prezentuje praktický prístup k rozhodovaniu o výbere investícií do kryptomien v programe MS Excel, s dôrazom na použitie uvedených matíc a kritérií. Prezentuje rôzne metódy a techniky, ktoré umožňujú efektívne a systematické hodnotenie investičných možností v oblasti kryptomien.

#### Slovná transformačná matica

Prvým krokom v postupe riešenia v programe MS Excel je vytvorenie slovnej transformačnej matice. Táto matica obsahuje všetky kritéria pre vyhodnotenie investície do jednotlivých kryptomien, ktoré boli popísané v kapitole analýzy súčasného stavu. Jednotlivé kritéria majú pridelené viacero slovných hodnotení, pre jednoduchšie porozumenie.

Prvá časť popísanej transformačnej matice je zobrazená na obrázku 3.1 a následujúca druhá časť na obrázku 3.2.

N	Bezpečnosť	Trhová kapitalizácia	Likvidita	Anonymita	Maximálna zásoba
1	Veľmi vysoká	> 500 mld	Veľmi vysoká	Úplná	Obmedzená
2	Vysoká	> 200 mld	Vysoká	Stredná	Neobmedzená
3	Nízka	> 50 mld	Nízka	Pseudo	
4		> 10 mld			
5		< 5 mld			

Obr. 3.1: Slovná transformačná matica - 1. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

N	Volatilita	Sharpeho pomer	Sortinov pomer	Návratnosť investície	Blockchain technológia
1	Veľmi nízka	Veľmi vysoký	Veľmi vysoký	> 15%	Proof-of-Work
2	Nízka	Vysoký	Vysoký	> 8%	Proof-of-Stake
3	Vysoká	Nízky	Nízky	< 5%	Proof-of-Reserve
4	Veľmi vysoká	Veľmi nízky	Veľmi nízky	< 0%	
5					

Obr. 3.2: Slovná transformačná matica - 2. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

### Číselná transformačná matica

Ďalším krokom v postupe riešenia je vytvorenie číselnej transformačnej matice, ktorá nadväzuje na predošlú slovnú transformačnú maticu. V tejto matici sú očíslené slovné hodnotenia z prvej matice. K jednotlivým slovným popisom sú pridelené číselné hodnotenia, pomocou ktorých sa bude investícia vyhodnocovať. Hodnoty v tabuľke predstavujú dôležitosť daného hodnotiaceho kritéria pre kryptomenu. Jednotlivé hodnotenia nadobúdajú číselné hodnoty z rozmedzí 0 až 60, kde hodnota 0 predstavuje nevyhovujúci stav a hodnota 60 ideálny stav. Najväčší dôraz sa kladie na trhovú kapitalizáciu, návratnosť investície a ukazatele rizika, preto sú hodnotené najvyšším číslom.

Nasledujúcim krokom je získanie súčtu maximálnych a minimálnych hodnôt jednotlivých kritérií. Najskôr sú získané jednotlivé hraničné hodnoty pomocou funkcie MIN, respektíve MAX, a to pre každý stĺpec v transformačnej matici s číselnými hodnotami. Suma maximálnych hodnôt nadobúda hodnotu 425 a suma minimálnych hodnôt číslo 75, tieto údaje sú použité pri vyhodnotení celkového hodnotenia v percentách.

Prvá časť číselnej transformačnej matice je zobrazená na obrázku 3.3 a nasledujúca druhá časť na obrázku 3.4.

N	Bezpečnosť	Trhová kapitalizácia	Likvidita	Anonymita	Maximálna zásoba
1	50	60	20	40	20
2	35	50	15	30	0
3	10	30	10	10	
4		20			
5		10			

MAX	50	60	20	40	20
MIN	10	10	10	10	0

Obr. 3.3: Číselná transformačná matica - 1. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

N	Volatilita	Sharpeho pomer	Sortinov pomer	Návratnosť investície	Blockchain technológia
1	25	60	60	60	20
2	20	50	50	50	30
3	15	30	30	40	5
4	10	10	10	0	
5					

MAX	25	60	60	60	30
MIN	10	10	10	0	5

Obr. 3.4: Číselná transformačná matica - 2. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

### Retransformačná matica

Poslednou maticou tohto riešenia je retransformačná matica. Retransformačná matica následne podľa percentuálneho hodnotenia určí vhodnosť skúmanej kryptomeny podľa toho, v ktorom rozmedzí sa nachádza. Percentuálne rozmedzia so slovným popisom hodnôt sú zobrazené na obrázku 3.5.

V prípade ideálnej kryptomeny, je táto kryptomena hodnotená najvyšším percentuálnym ziskom, a to v rozmedzí 100% až 80%. Za ňou v rozmedzí medzi 80% až 65% je kryptomena, ktorá nedosiahla maximálne hodnotenia v skúmaní, ale napriek tomu je stále vyhovujúca. V rozmedzí 65% až 50% sa nachádza kryptomena, ktorej vhodnosť je ponechaná na zváženie investora. Po nej nasleduje kryptomena v rozsahu 50% až 30%, ktorá je už takmer nevyhovujúca, ale stále jej vlastníenie môže mať využitie. Pod 30%-nou hranicou sa nachádza nevyhovujúca kryptomena z pohľadu zadaných kritérií.

Retransformačná matica		
N	Percentuálne hodnotenie (%)	Verbálne hodnotenie
1	100-80	Ideálna kryptomena
2	80-65	Vyhovujúca kryptomena
3	65-50	Kryptomena na zváženie
4	50-30	Takmer nevyhovujúca kryptomena
5	30-0	Nevyhovujúca kryptomena

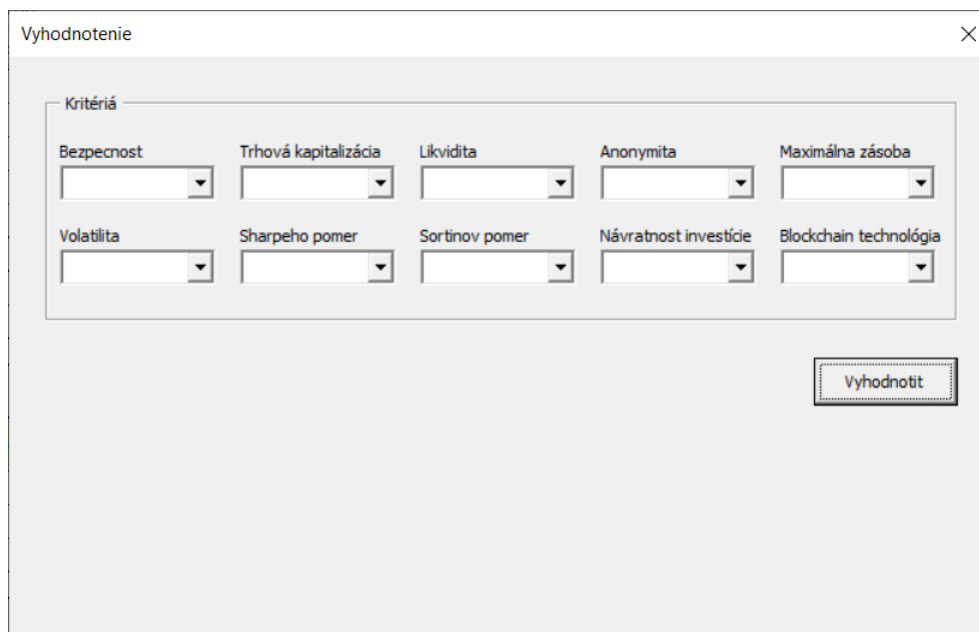
**Obr. 3.5: Retransformačná matica**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

### 3.1.1 Uživatelské rozhranie

Visual Basic je jedným z najpopulárnejších programovacích jazykov, ktoré sú používané na vývoj aplikácií pre Excel. Je to objektovo-orientovaný jazyk, ktorý ponúka širokú škálu funkcií a nástrojov na tvorbu užívateľského rozhrania, ktoré je možné integrovať priamo do Excelu. Implementácia užívateľského rozhrania pre Excel pomocou Visual Basic umožňuje vytvárať interaktívne, prispôsobiteľné a užívateľsky prívetivé aplikácie, ktoré môžu výrazne zvýšiť produktivitu a efektivitu používateľov pri práci s Excelom.

Užívateľské rozhranie je znázornené na obrázku 3.6. Na vrchnej časti aplikácie sa nachádzajú jednotlivé kritériá, ktoré si užívateľ musí zvoliť na vyhodnotenie. Pod kritériami je umiestnené tlačidlo, ktoré po kliknutí vykoná funkciu vyhodnotenie.



**Obr. 3.6: Riešenie v MS Excel**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## Inicializácia

Aplikácia sa spúšťa pomocou tlačidla s názvom *Otvoriť formulár*, ktorý sa nachádza v úvodnom hárku excelovského súboru. Po kliknutí sa vykoná makro funkcia na zobrazenie formulára vyhodnotenia, implementovaná v module aplikácie. Funkcia je implementovaná cez kľúčové slovo *Sub* a nazíva sa *showForm()*. Rozdiel medzi funkciami *Sub* a *Function* spočíva v tom, že *Function* vráti hodnotu vykonanej úlohy a *Sub* len úlohu vykoná, ale nič nevracia. Zdrojový kód logiky je zobrazený na ukážke 3.1.

---

```

1 Sub showForm()
2     VyhodnotenieForm.Show
3 End Sub

```

---

**Výpis 3.1: Zobrazenie formulára vyhodnotenia**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Pri inicializácii aplikácie sa hneď vykoná načítanie kritérií do jednotlivých výberových polí(ComboBox), ktoré slúžia na ich voľbu. Jednotlivé popisy kritérií sa na-

čítavajú zo slovnej transformačnej matice. Lokácia slovných popisov je pomocou manažéra mien(Name Manager) pomenovaná ako *bezpLoc*, ktorá umožňuje aplikácii jednoduchý prístup k údajom nachádzajúcim sa v hárku s názvom *matice*. Ukážka zdrojového kódu načítania je znázornená nižšie 3.2. Ukážka popisuje naplnenie výberového pola pre kritérium bezpečnosti s názvom *bezpCombo*. Jednotlivé popisy sa načítavajú pomocou cyklu *For Each*, ktorý cyklí cez slovné popisy kritéria v transformačnej matici podľa zadaného mena lokácie. Jednotlivé hodnoty buniek sú prístupné cez *Value* a sú pridané k možnostiam voľby výberového pola pomocou členovskej funkcie *AddItem*. Podobný cyklus sa vykoná pre všetky kritériá a výberové polia.

---

```
1 Dim ws As Worksheet
2 Set ws = Worksheets("matice")
3
4 For Each bezp In ws.Range("bezpLoc")
5     With Me.bezpCombo
6         .AddItem bezp.Value
7     End With
8 Next bezp
```

---

**Výpis 3.2: Načítanie možností výberového pola pre bezpečnosť**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

## Vyhodnotenie

Tlačidlo s názvom *Vyhodnotiť* slúži na spustenie funkcie vyhodnotenia investície podľa zvolených kritérií. Vyhodnocuje sa pomocou stavovej matice, ktorá obsahuje hodnoty 0 alebo 1. Hodnota 1 identifikuje stav, ktorý odpovedá zvolenému kritériu. Všetky ostatné možné stavy sú ohodnotené opačnou hodnotou, nulou. Príkladom tejto matice je stavová matica pre kryptomenu bitcoin, ktorá je znázornená na obrázku 3.7 a 3.8.

N	Bezpečnosť	Trhová kapitalizácia	Likvidita	Anonymita	Maximálna zásoba
1	0	1	1	0	1
2	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	
4		0			
5		0			

Obr. 3.7: Stavová matica pre bitcoin - 1. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

N	Volatilita	Sharpeho pomer	Sortinov pomer	Návratnosť investície	Blockchain technológia
1	0	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0
4	0	0	0	0	
5					

Obr. 3.8: Stavová matica pre bitcoin - 2. časť

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Jednotlivé matice aktuálneho vyhodnotenia sa ukladajú v súbore pod hárkom *vypocet*. Hárok obsahuje číselnú transformačnú maticu a stavovú maticu, do ktorej sa podľa zvolených kritérií nastaví správne hodnoty.

Nastavenie stavu kritéria *bezpečnosť* je znázornené na ukážkovom zdrojovom kóde 3.3. Najprv sa nastaví pracovný hárok *vypocet*, následne sa pomocou cyklu *For* porovnáva hodnota vo výberovom poli s hodnotami kritéria v slovnej transformačnej matici. Pri zhode sa v stavovej matici nastaví hodnota 1 do príslušnej bunky, do ostatných nezhodných buniek sa nastaví hodnota 0. Podobný cyklus sa vykoná pre všetky výberové polia.

---

```
1   Set Worksheet = ThisWorkbook.Sheets("vypocet")
2
3   With VyhodnotenieForm
4       For i = 9 To 11
5           If .bezpCombo.Value = Worksheet.Cells(i, 1) Then
6               Worksheet.Cells(i, 12) = 1
7           Else
8               Worksheet.Cells(i, 12) = 0
9           End If
10      Next i
11  End With
```

---

**Výpis 3.3: Nastavenie stavu kritéria bezpečnosti v stavovej matici**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledné ohodnotenie je následne získané skalárnym súčinom váh stavovej matice a číselnej transformačnej matice. Skalárny súčin je vykonaný pomocou funkcie *Sum-Product*. Prvým parametrom je rozmedzie číselnej retransformačnej matice a druhým parametrom je stavová matica. Lokácie jednotlivých rozsahov sú znova pomenované pomocou manažéra mien, kvôli jednoduchosti a priehľadnosti. Výsledok skalárneho súčinu sa ukladá do premennej *celkoveHodnotenie*, ktorý sa vypíše a naďalej použije k výpočtu celkovej hodnoty v percentách. Následne sa stavová matica vyčistí a pripraví pre následujúce vyhodnotenie. Ukážka popísaného výpočtu vo Visual Basic je znázornená nižšie 3.4.

---

```
1   celkoveHodnotenie =
2       Application.WorksheetFunction
3           .SumProduct(Worksheet.Range("ciselnaTransformacnaMatica"),
4                       Worksheet.Range("stavovaMatica"))
5
6   Worksheet.Range("stavovaMatica").ClearContents
```

---

#### Výpis 3.4: Skalárny súčin vo Visual Basic

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po sčítaní je celkové hodnotenie prevedená do percentuálneho ohodnotenia, ktoré určuje záverečné odporúčenie z retransformačnej matice. Na výpočet percentuálneho hodnotenia sa využije suma maximálnych hodnôt jednotlivých kritérií číselnej retransformačnej matice a suma minimálnych hodnôt jednotlivých kritérií matice. Percentuálna hodnota sa vypočíta podľa vzorca 3.5, ktorá je uložená do premennej *percentaHodnotenie*.

---

```
1   percentaHodnotenie =
2       (celkoveHodnotenie - Worksheet.Range("minSum"))
3       / (Worksheet.Range("maxSum") - Worksheet.Range("minSum"))
4       * 100
```

---

#### Výpis 3.5: Výpočet percentuálnej hodnoty

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Táto hodnota sa po úspešnom vyhodnotení zobrazí na spodnej časti aplikácie, v kolónke *Výsledok* a obsahuje jednotlivé hodnoty retransformačnej matice, ako to je zobrazené na ukážke 3.6.

---

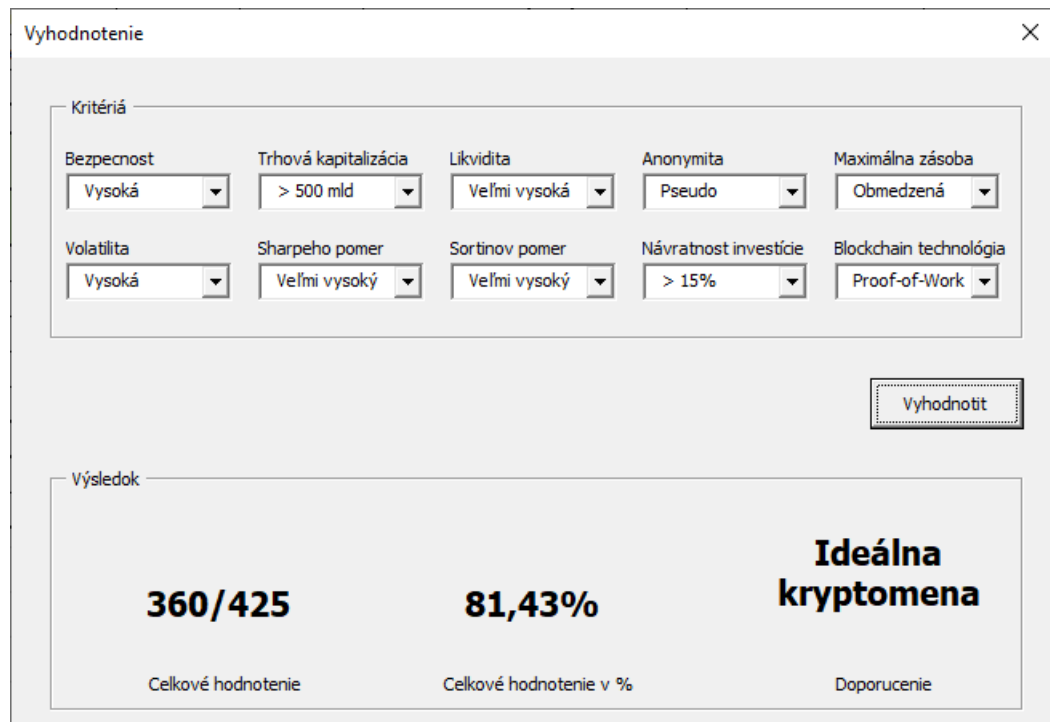
```
1 With VyhodnotenieForm
2     .frameVysledok.Visible = True
3     .labelCelkove =
4         celkoveHodnotenie & "/" & Worksheet.Range("maxSum")
5     .labelPercenta = Round(percentaHodnotenie, 2) & "%"
6
7     If percentaHodnotenie < 30 Then
8         .labelDoporucenie = Worksheet.Range("nevyhovujuca")
9     ElseIf percentaHodnotenie < 50 Then
10        .labelDoporucenie = Worksheet.Range("takmerNevyhovujuca")
11    ElseIf percentaHodnotenie < 65 Then
12        .labelDoporucenie = Worksheet.Range("zvazit")
13    ElseIf percentaHodnotenie < 80 Then
14        .labelDoporucenie = Worksheet.Range("vyhovujuca")
15    Else
16        .labelDoporucenie = Worksheet.Range("idealna")
17    End If
18 End With
```

---

**Výpis 3.6: Vyplnenie výsledku**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Na obrázku 3.9 je viditeľná vyhodnotená investícia s kritériami pre kryptomenu bitcoin.



**Vyhodnotenie**

Kritériá

Bezpečnosť	Trhová kapitalizácia	Likvidita	Anonymita	Maximálna zásoba
Vysoká	> 500 mld	Veľmi vysoká	Pseudo	Obmedzená
Volatilita	Sharpeho pomer	Sortinov pomer	Návratnosť investície	Blockchain technológia
Vysoká	Veľmi vysoký	Veľmi vysoký	> 15%	Proof-of-Work

Vyhodnotiť

Výsledok

<b>360/425</b>	<b>81,43%</b>	<b>Ideálna kryptomena</b>
Celkové hodnotenie	Celkové hodnotenie v %	Doporučenie

Obr. 3.9: Vyhodnotená investícia s kritériami bitcoinu

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## 3.2 MATLAB

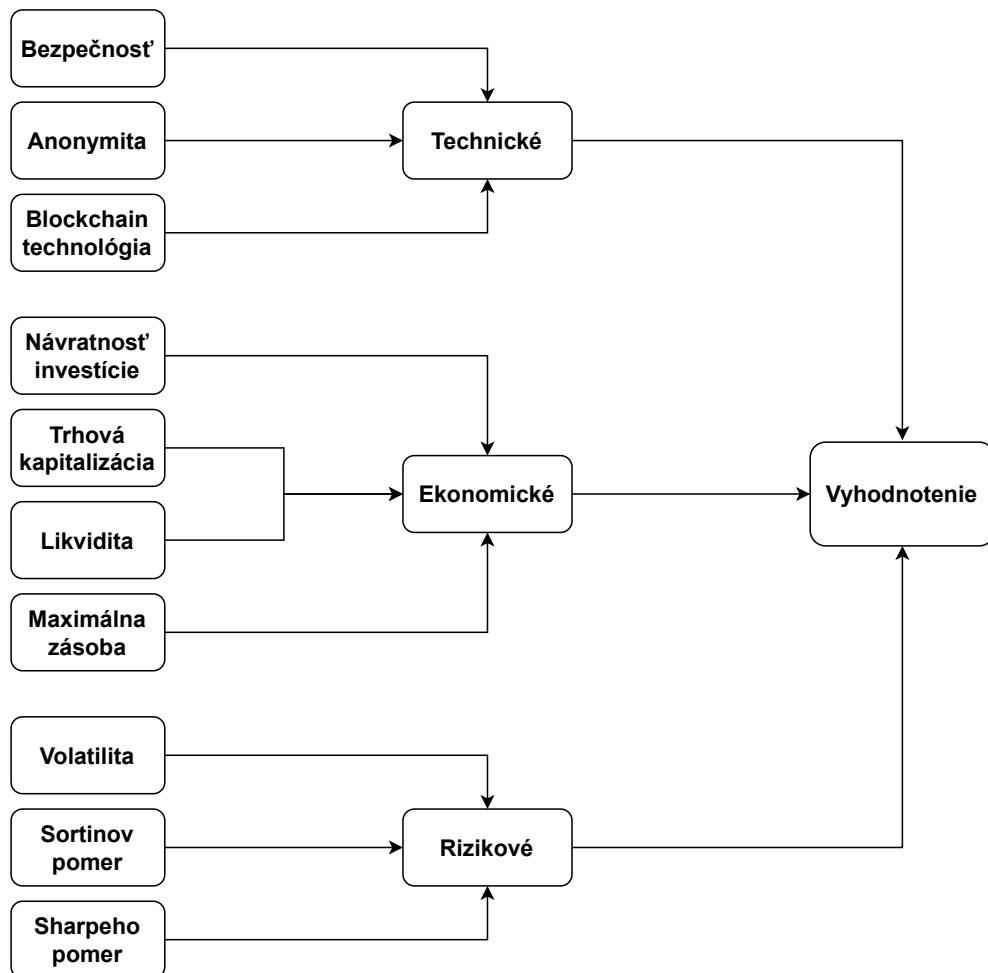
Táto kapitola sa zameriava na implementovanie riešenia investovania do kryptomien cez program MATLAB, pomocou nástroja Fuzzy Logic Designer. V kapitole sa nachádza popis postupu vytvorenia modelu, ktorý umožní investorovi analyzovať trh cez zvolené kritériá a pomocou fuzzy logiky rozhodovať o optimálnom zvolení kryptomeny. Týmto spôsobom by mohol investor zlepšiť svoju istotu a minimalizovať riziká spojené s investovaním do tejto oblasti finančného trhu.

### Blokové rozdelenie vstupov

Pri riešení výberu kryptomeny pomocou programu MATLAB sú jednotlivé vstupy rozdelené do príslušných blokov. Tieto bloky zjednodušujú vytváranie znalostnej báze, čím sa zníži celkový počet potrebných pravidiel, ktoré by museli byť vytvorené pre všetky kombinácie vstupov. Celkovo je použitých 10 vstupov, ktoré odpovedajú jednotlivým kritériám investovania. Z týchto vstupov sú vytvorené bloky pod názvom *Technické*, *Ekonomické* a *Rizikové*. Vo vyhodnotení sú výsledky týchto troch

vytvorených blokov spojené do posledného modelu a týmto spôsobom sa získava výsledné vyhodnotenie.

Keby sa systém vytváral bez jednotlivých blokov a všetky vstupy by boli v jednom modeli, bolo by potrebné definovať 207360 kusov pravidiel, čo je kombinácia všetkých atribútov zvolených kritérií pri nemennej báze a operátorov. Pomocou rozdelenia sa počet pravidiel drasticky znížil, a to na 120 pravidiel v ekonomickom modeli, 64 pravidiel v rizikovom modeli, 27 pravidiel v technickom modeli a 125 pravidiel vo výslednom vyhodnotení. Definovanie jednotlivých pravidiel je podrobnejšie popísané nižšie v tejto kapitole. Rozdelenie vstupov do jednotlivých blokov je znázornené na nasledujúcom obrázku 3.10.

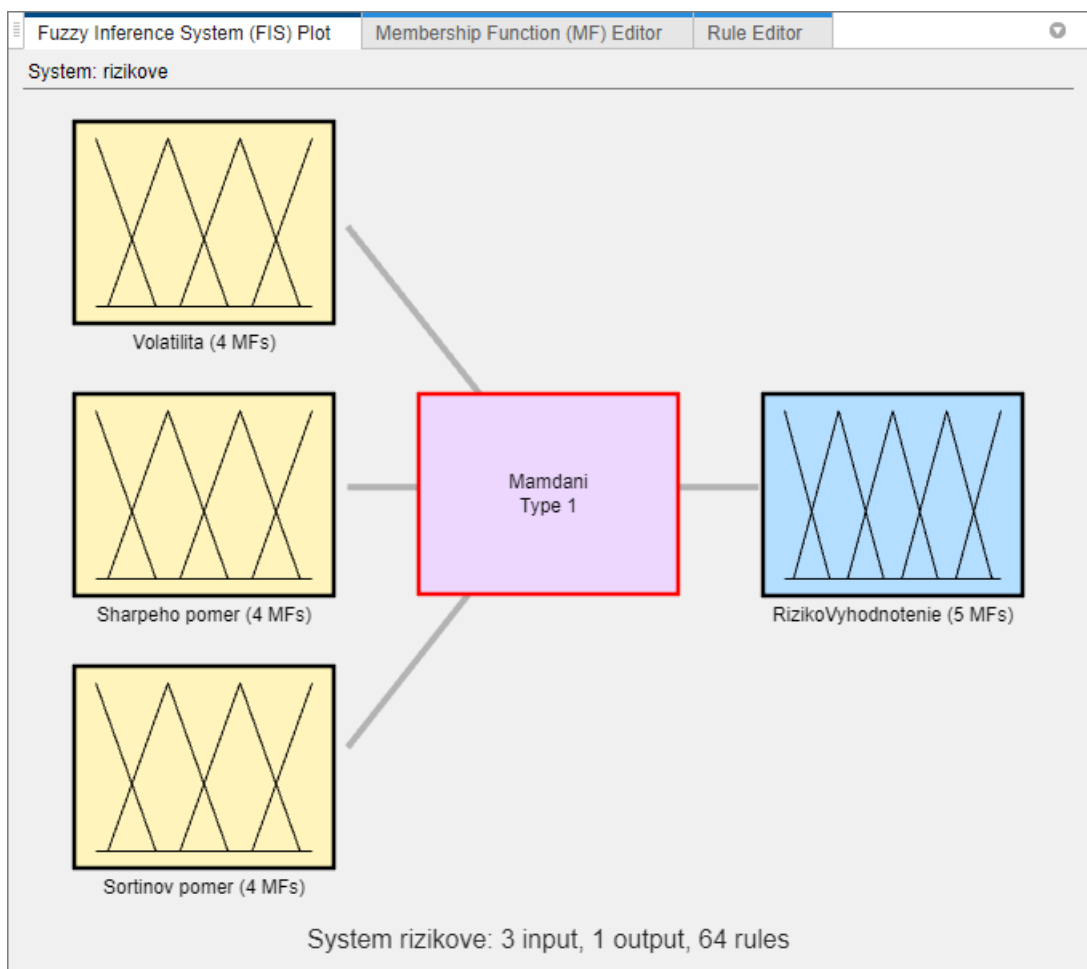


Obr. 3.10: Rozdelenie kritérií do jednotlivých blokov

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## Blok modelu

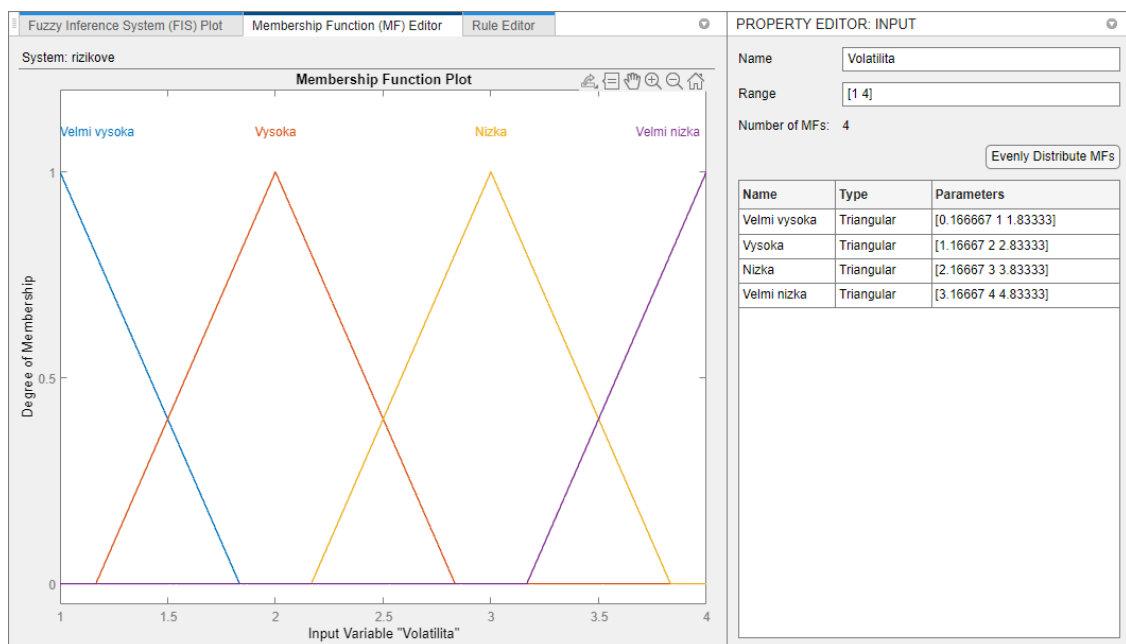
Ako už bolo spomenuté, jednotlivé bloky sú realizované pomocou nástroja *Fuzzy Logic Designer* a každý blok disponuje vlastným súborom s formátom *.fis*. Pri vytvorení nového bloku je potrebné definovať typ systému, ktorý je v prípade tejto práce *Mamdani*, naďalej je potrebné definovať počet vstupov a počet výstupov. Počet vstupov závisí od počtu kritérií pridelených do daného bloku a výstup je vždy len jeden. Realizácia bloku pre rizikové kritériá je zobrazená na nasledujúcom obrázku 3.11, ktorá je identicky použitá aj pri ostatných vstupoch. Na obrázku je vidieť tri kritériá, ktoré vstupujú do systému a výstup, ktorý je výsledkom fuzzifikácie.



**Obr. 3.11: Vstupy a výstup Mamdani systému**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Ďalším krokom tohto riešenia, po vytvorení nového bloku, je definovanie jednotlivých funkcií členstva. Prepnutím na záložku *Membership Function (MF) Editor* sa zobrazí nástroj na prispôsobenie vstupu systému. Nástroj slúži na definovanie názvu vstupu, definovanie rozsahu a pridávanie funkcií členstva. Naďalej umožňuje distribúciu týchto funkcií podľa vlastného rozloženia, alebo rovnomerného rozloženia cez tlačidlo *Evenly Distribute MFs*. Rovnomerné rozloženie funkcií členstva pre vstup volatility je zobrazené na obrázku 3.12. Na obrázku vidieť jednotlivé slovné popisy kritéria, kde *Veľmi vysoká volatility* obsadzuje najnižšie hodnoty rozsahu a *Veľmi nízka volatility* tie najvyššie.

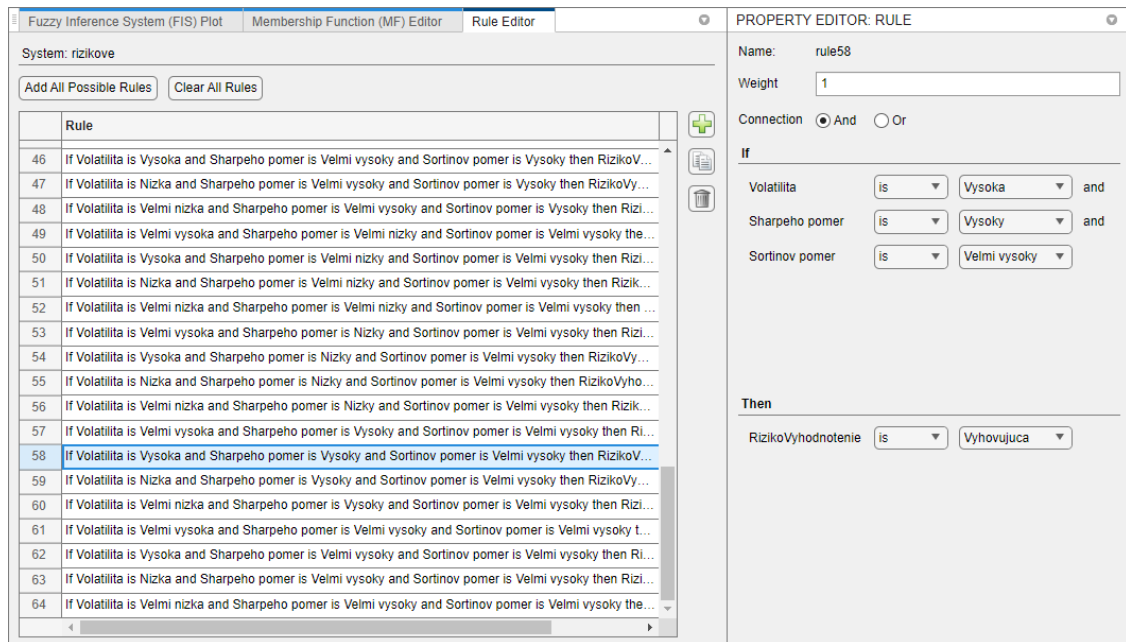


**Obr. 3.12: Funkcia členstva**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Posledným krokom pri vytváraní bloku je definovanie jednotlivých pravidiel. Pravidlá sú definované v záložke *Rule Editor*, alebo v textovej forme samotného súboru v sekcii pravidiel. Pravidlá určujú stav výstupu pri zvolených vstupných hodnotách. Z dôvodu najpresnejšieho výsledku je potrebné do týchto pravidiel zaznamenať všetky možné kombinácie vstupov, ktoré môžu nastať. Pre jednoduché vytvorenie všetkých možných kombinácií vstupov slúži tlačidlo *Add All Possible Rules*. Všetky pravidlá sú konštruované rovnakou váhou a pre spojovanie vstupov je použitý logický operátor AND. Realizácia definovania pravidla je zobrazená na obrázku 3.13. Na ob-

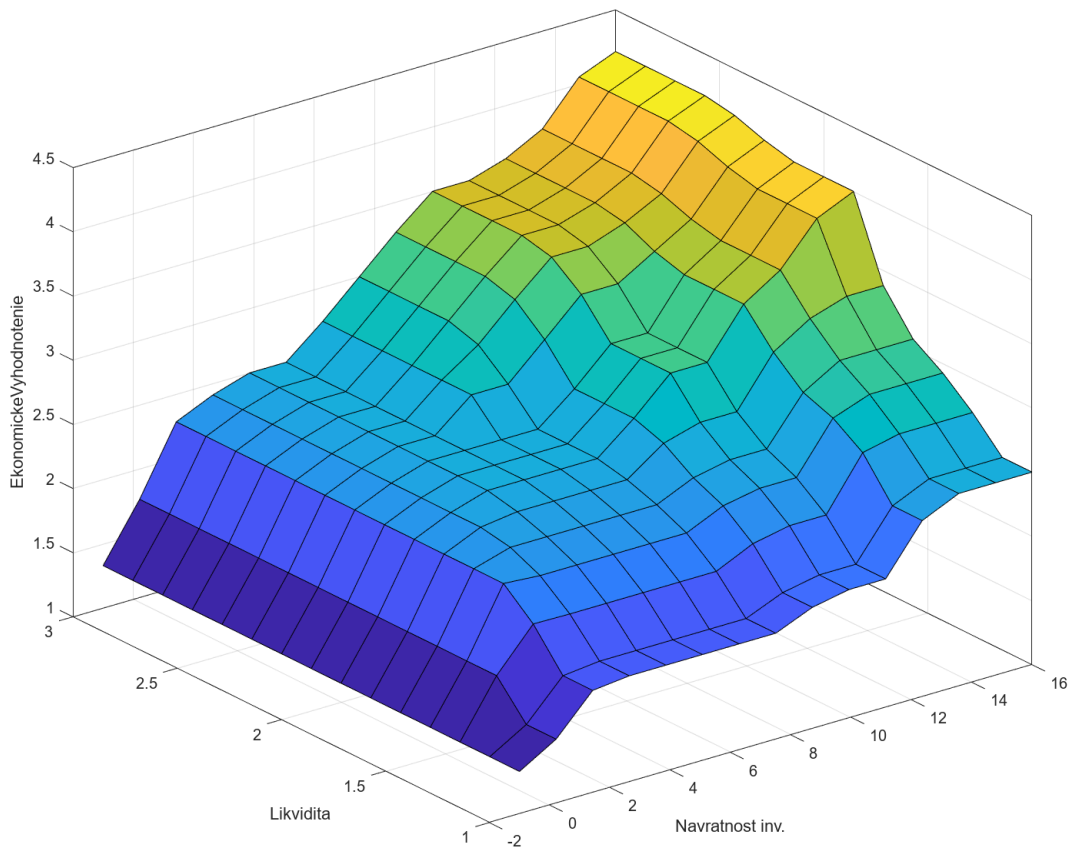
rážku je viditeľný zoznam všetkých pravidiel a voľba vstupných kritérií rizikivosti pre kryptomenu Ethereum s jej výsledným ohodnotením.



**Obr. 3.13: Editor pravidiel**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

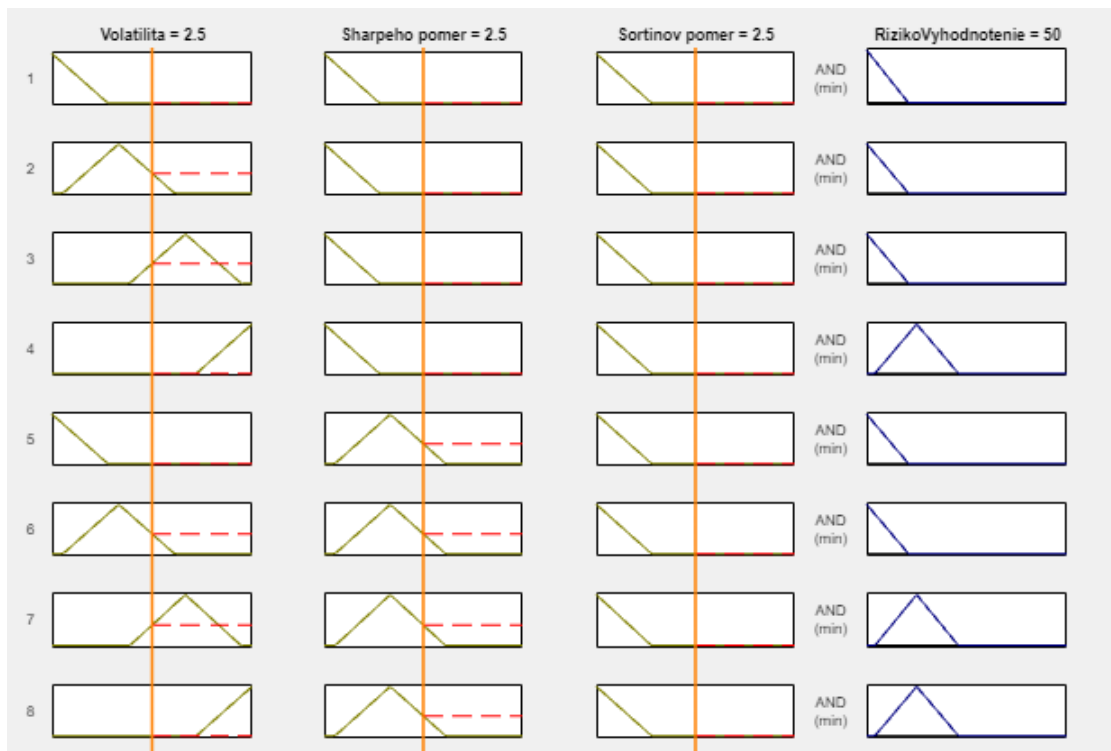
Doplňujúcimi nástrojmi pri definovaní pravidiel sú riadiaca plocha (*Control Surface*) a inferencia pravidiel (*Rule Inference*). Riadiaca plocha zobrazuje výstupné hodnoty aktívneho *.fis* súboru pre všetky možné kombinácie dvoch vstupných premenných. Ukážka vykreslenej plochy pre model ekonomických kritérií je zobrazená na obrázku 3.14. Na ukážke vidieť zmienené dve vstupné premenné, *Likviditua Návratnosť investície*, na osy X a Y. Na osy Z je vykreslený výsledok ich kombinácií na základe definovaných pravidiel. Voľba kombinácií vstupov je uskutočnená pomocou dropdown komponenty nad vykreslenou plochou, ktorá taktiež umožňuje vykreslenie závislosti jedného vstupu voči danému výsledku, keď sa definuje iba jedna vstupná premenná. Rozlíšenie výkresu sa dá upraviť v sekcii *Mesh Points* pre zobrazenie hladšieho povrchu.



**Obr. 3.14: Riadiaca plocha modelu**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Nástroj inferencie pravidiel slúži na určovanie hodnôt vstupných premenných, na sledovanie procesu inferencie a na zobrazenie výslednej hodnoty výstupu, ktorú aktívny model produkuje. Parameter vstupnej hodnoty sa dá špecifikovať manuálne, alebo posúvaním lišty vstupu. Na obrázku 3.15 je znázornená ukážka inferencie pravidiel pre model rizikových kritérií, na ktorej vidieť ako fuzziifikované vstupy aktivujú definované pravidlá. Sila spustenia týchto pravidiel sa aplikuje na výstupnú premennú, ktorej sa po defuzziifikácii priradí výsledná hodnota 50.



Obr. 3.15: Inferencia pravidiel modelu

(Zdroj: vlastné spracovanie)

### 3.2.1 Vyhodnotenie cez príkazový riadok

Jedným z možností spustenia logiky výsledného vyhodnotenia je cez skript súbor. Prvým krokom pri implementácii skriptu je načítanie *.fis* súborov pre jednotlivé bloky, pomocou funkcie *readfis()*, ktoré sú priradené do príslušných premenných. Ukážka zdrojového kódu načítania je zobrazená nižšie 3.7.

---

```

1 ModelEko = readfis('eko.fis');
2 ModelTechnicke = readfis('technicke.fis');
3 ModelRizikove = readfis('rizikove.fis');
4 ModelVysledok = readfis('vysledok.fis');
```

---

Výpis 3.7: Načítanie modelov z fis súborov

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Ďalším krokom je načítanie vstupných hodnôt používateľa cez pomocnú funkciu s názvom *getInput*, ktorá vracia načítanú hodnotu pod názvom *inputResult*.

Pomocná funkcia zapúzdruje načítanie vstupu užívateľa, pomocou funkcie `input()`, a chybové hlásenie pri nesplnení vstupných podmienok. Medzi vstupné podmienky patrí prázdna hodnota, hodnota menšia ako stanované minimum, alebo hodnota vyššia ako stanované maximum. V prípade, že užívateľ zadá nesprávnu hodnotu je tento krok zopakovaný cez cyklus `while`. Funkcia prijíma tri argumenty, `min`, ktorý zodpovedá stanovenej minimálnej hodnote, `max`, ktorý zodpovedá stanovenej maximálnej hodnote a `prompt`, ktorý obsahuje výzvu pre užívateľa. Ukážka zdrojového kódu s logikou načítania vstupu od užívateľa je zobrazená nižšie 3.8.

---

```
1     function inputResult = getInput(min, max, prompt)
2         arguments
3             min (1,1) double {mustBeNumeric,mustBeReal}
4             max (1,1) double {mustBeNumeric,mustBeReal}
5             prompt (1,1) string
6     end
7
8     inputResult = input(prompt);
9
10    while isempty(inputResult)
11        || inputResult<min
12        || inputResult>max
13
14        disp('Nesprávna hodnota');
15        inputResult = input(prompt);
16    end
17 end
```

---

**Výpis 3.8: Logika načítania vstupu od užívateľa**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Použitie vyššie popísanej pomocnej funkcie je zobrazené na ukážke 3.9. Ukážka popisuje volanie funkcie pre načítania vstupu užívateľa pre kritérium trhovej kapita-

lizácie. Číslo 0 je predané ako parameter stanovenej minimálnej hodnoty a číslo 501 je predané ako parameter stanovenej maximálnej hodnoty. Všetky zadané hodnoty v tomto rozmedzí sú povolené. Pri zadaní hodnoty mimo tohto rozsahu sa užívateľovi prezentuje chybové oznámenie a načítanie sa zopakuje. Funkcii sa naďalej predá textová výzva ako posledný chýbajúci parameter.

---

```
1 getInput(0, 501, 'Zadajte trhovú kapitlaizáciu v miliardách(501 pre > 500): ');
```

---

### Výpis 3.9: Načítanie vstupu od užívateľa

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Po úspešnom načítaní všetkých vstupných kritérií sa jednotlivé bloky prepoja a vyhodnotia pomocou funkcie *evalfis()*. Prvým parametrom tejto funkcie je načítaný model cez *.fis* súbor a druhým parametrom je pole načítaných vstupných hodnôt. Výsledky vyhodnotenia jednotlivých blokov sú uložené do príslušných premenných. Do výsledného bloku vyhodnotenia sú ako vstupy vložené vyhodnotenia čiastkových blokov. Výsledná hodnota je následne vyhodnotená podobnou stupnicou ako je retransformačná matica v riešení cez Excel. Popísaný postup je znázornený na ukážke 3.10.

---

```
1 vysledokTechnicke = evalfis(ModelTechnicke, [Bezpecnost Anonymita Blockchain]);
2 vysledokRizikove = evalfis(ModelRizikove, [Volatilita Sharpe Sortino]);
3 vysledokEko = evalfis(ModelEko, [ROI CAP Likvidita MaxZasoba]);
4 vysledok = evalfis(ModelVysledok, [vysledokTechnicke vysledokRizikove vysledokEko
  ]);
```

---

### Výpis 3.10: Načítanie vstupu od užívateľa

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

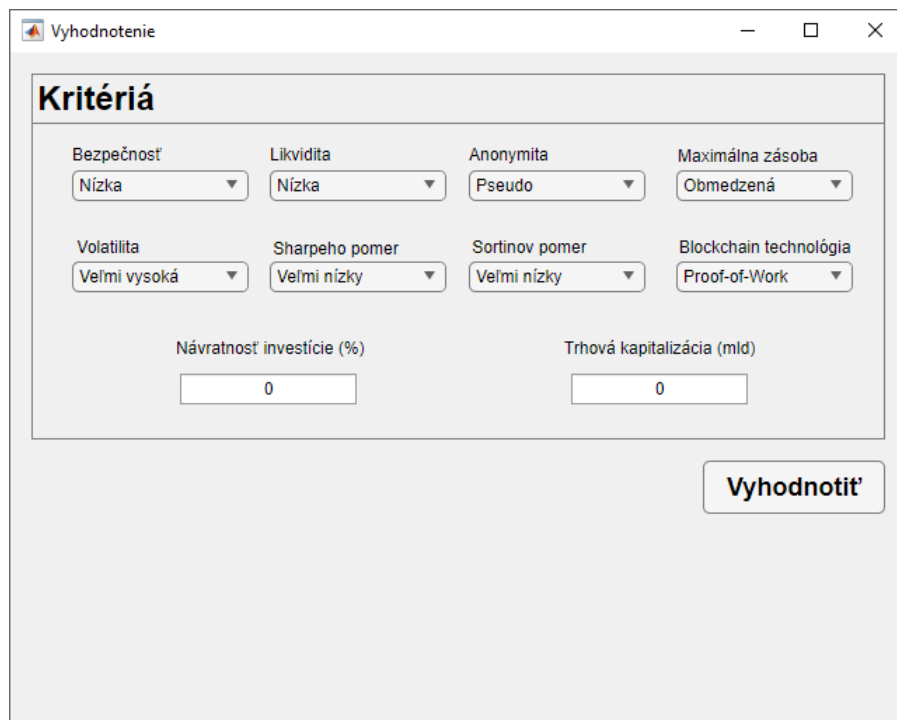
## 3.2.2 Vyhodnotenie cez užívateľské rozhranie

Program MATLAB okrem príkazového riadku poskytuje aj tvorbu užívateľského rozhrania. V MATLAB-e je na tento účel k dispozícii nástroj s názvom *App Designer*, ktorý umožňuje vytváranie užívateľských rozhraní pomocou grafického prostredia.

Táto podkapitola sa venuje realizácii užívateľského rozhrania v programe MATLAB. Popisuje, ako sa vytvárajú a prispôbujú rôzne prvky rozhrania, ako s nimi pracovať a ako ich integrovať do vlastného programu. Okrem toho sa zaoberá aj rôznymi technikami na zlepšenie vzhľadu a funkcionality rozhrania.

## Implementácia a funkcionality

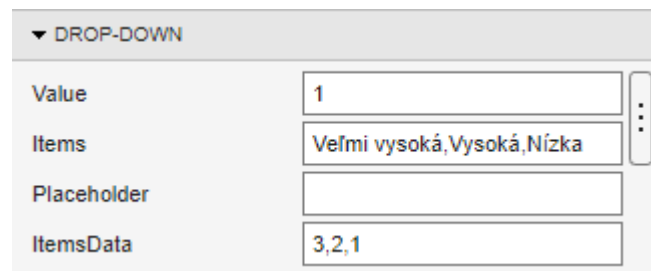
Aplikácia sa otvára cez spustiteľný súbor, ktorý sa nazýva *gui* a má formát *MATLAB App*. Kvôli jednoduchosti a efektívnej orientácii v aplikácii je vzhľad rozhrania čo najviac totožný užívateľskému rozhraniu, ktoré bolo implementované v programe MS Excel. Na vrchnej časti aplikácie sa nachádzajú jednotlivé kritériá, ktoré si užívateľ môže podľa vlastných predstáv zvoliť. Kritériá sú identické kritériám rozhrania v MS Excel. Užívateľské rozhranie po spustení aplikácie je zobrazené na obrázku 3.16



Obr. 3.16: Užívateľské rozhranie v MathWorks MATLAB

(Zdroj: vlastné spracovanie)

App Designer poskytuje viacero komponentov na interakciu s užívateľom. V aplikácii je použitá komponenta s názvom *DropDown*, ktorá slúži na výber prvku zo zoznamu možností, *textové pole* a *tlačidlo*. Možnosti jednotlivých kritérií sú naplnené cez nástroj, ktorý je zobrazený na obrázku 3.17. Na obrázku vidieť názvy jednotlivých možností bezpečnostného kritéria, ich korešpondujúce hodnoty a pred vyplnenú hodnotu.



**Obr. 3.17: Editor komponenty DropDown**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

Po kliknutí na tlačidlo s názvom *Vyhodnotiť* sa vykoná logika výsledného vyhodnotenia. Prvým krokom je načítanie užívateľom zvolených hodnôt do jednotlivých premenných. Postup tohto kroku je znázornený na ukážke 3.11. Na ukážke vidieť ako sa zoberie hodnota komponenty *DropDown* pre kritérium anonymity, hodnota sa následne prekonvertuje z textového formátu na číselný a uloží sa do príslušnej premennej. Následujúce kroky sú totožné s krokmi riešenia cez príkazový riadok, načítajú sa jednotlivé modely cez *.fis* súbory a vykoná sa ich prepojenie a vyhodnotenie cez funkciu *evalfis()*.

---

```
1 Anonymita = str2double(app.AnonymitaDropDown.Value);
```

---

**Výpis 3.11: Zobrazenie výsledného hodnotenia**

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

Výsledná hodnota vyhodnotenia je naďalej retransformovaná na korešpondujúce slovné hodnotenie podľa stupnice, ktorá je zobrazená na ukážke 3.12. Slovné hodnotenie je priradené do komponenty textového popisu a panel výsledku za zobrazí na spodnej časti aplikácie. Finálna podoba aplikácie po vyhodnotení je zobrazená na obrázku 3.18.

---

```

1  if vysledok < 30
2      app.vyhodnotenieLabel.Text = 'Nevyhovujuca kryptomena';
3  elseif vysledok < 50
4      app.vyhodnotenieLabel.Text = 'Takmer nevhovujúca kryptomena';
5  elseif vysledok < 65
6      app.vyhodnotenieLabel.Text = 'Kryptomena na zváženie';
7  elseif vysledok < 80
8      app.vyhodnotenieLabel.Text = 'Vyhovujúca kryptomena';
9  else
10     app.vyhodnotenieLabel.Text = 'Ideálna kryptomena';
11 end
12
13 app.VysledokPanel.Visible = true;

```

---

### Výpis 3.12: Zobrazenie výsledného hodnotenia

(Zdroj: Vlastné spracovanie)

The screenshot shows a MATLAB GUI window titled "Vyhodnotenie". It features a "Kritériá" section with eight dropdown menus for selection: "Bezpečnosť" (Vysoká), "Likvidita" (Veľmi vysoká), "Anonymita" (Pseudo), "Maximálna zásoba" (Obmedzená), "Volatilita" (Vysoká), "Sharpeho pomer" (Veľmi vysoký), "Sortinov pomer" (Veľmi vysoký), and "Blockchain technológia" (Proof-of-Work). Below these are two input fields: "Návratnosť investície (%)" with the value 17.71 and "Trhová kapitalizácia (mld)" with the value 538. A "Vyhodnotiť" button is located to the right. The "Výsledok" section at the bottom displays the result "Ideálna kryptomena".

Obr. 3.18: Vyhodnotenie kritérií cez MATLAB GUI

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## 4 VÝSLEDNĚ VYHODNOTENIE

Táto kapitola sa zaoberá výsledným vyhodnotením zvolených kryptomien podľa realizovaných návrhov v kapitole 3. Kapitola sa najprv zaoberá pridelením atribútov kritérií ku zvoleným kryptomenám podľa overených údajov. Po priradení sa následne vykoná vyhodnotenie podľa riešenia v MS Excel a podľa riešenia v MathWorks MATLAB. Na koniec sa oba návrhy porovnajú a stanoví sa záver vyhodnotenia.

### 4.1 Kritériá zvolených kryptomien

Táto podkapitola sa zaoberá priradením atribútov kritérií ku zvoleným kryptomenám. Podrobný popis kritérií bol popísaný v sekcii 2.4 a popis zvolených kryptomien v sekcii 2.5. Jednotlivé údaje boli zaznamenané ku dňu 26.3.2023 a môžu sa v súčasnosti líšiť.

#### Bitcoin

- **Bezpečnosť:** Vysoká
- **Trhová kapitalizácia:** \$538,069,722,458 => (>500 mld)
- **Likvidita:** \$14,200,203,218 => Veľmi vysoká
- **Anonymita:** Pseudo anonymná
- **Maximálna zásoba:** 21,000,000 BTC => Obmedzená
- **Volatilita:** 61.96% => Vysoká
- **Sharpeho pomer:** 0.64 => Veľmi vysoký
- **Sortinov pomer:** 1.2 => Veľmi vysoký
- **Návratnosť investície:** 17.71% => (>15%)
- **Blockchain technológia:** Proof-of-Work

## Ethereum

- **Bezpečnosť:** Veľmi vysoká
- **Trhová kapitalizácia:** \$216,350,440,741 => (>200 mld)
- **Likvidita:** \$216,350,440,741 => Vysoká
- **Anonymita:** Pseudo anonymná + Smart Contracty => Stredná
- **Maximálna zásoba:** Neobmedzená
- **Volatilita:** 61.43% => Vysoká
- **Sharpeho pomer:** 0,45 => Vysoký
- **Sortinov pomer:** 1.07 => Veľmi vysoký
- **Návratnosť investície:** 8.51% => (>8%)
- **Blockchain technológia:** Proof-of-Stake

## Monero

- **Bezpečnosť:** Veľmi vysoká
- **Trhová kapitalizácia:** \$2,961,776,111 => (<5 mld)
- **Likvidita:** \$67,845,586 => Nízka
- **Anonymita:** Úplná
- **Maximálna zásoba:** Neobmedzená
- **Volatilita:** 45.22% => Nízka
- **Sharpeho pomer:** 0,34 => Nízky
- **Sortinov pomer:** 0.73 => Nízky
- **Návratnosť investície:** 8.10% => (>8%)
- **Blockchain technológia:** Proof-of-Work

## Tether

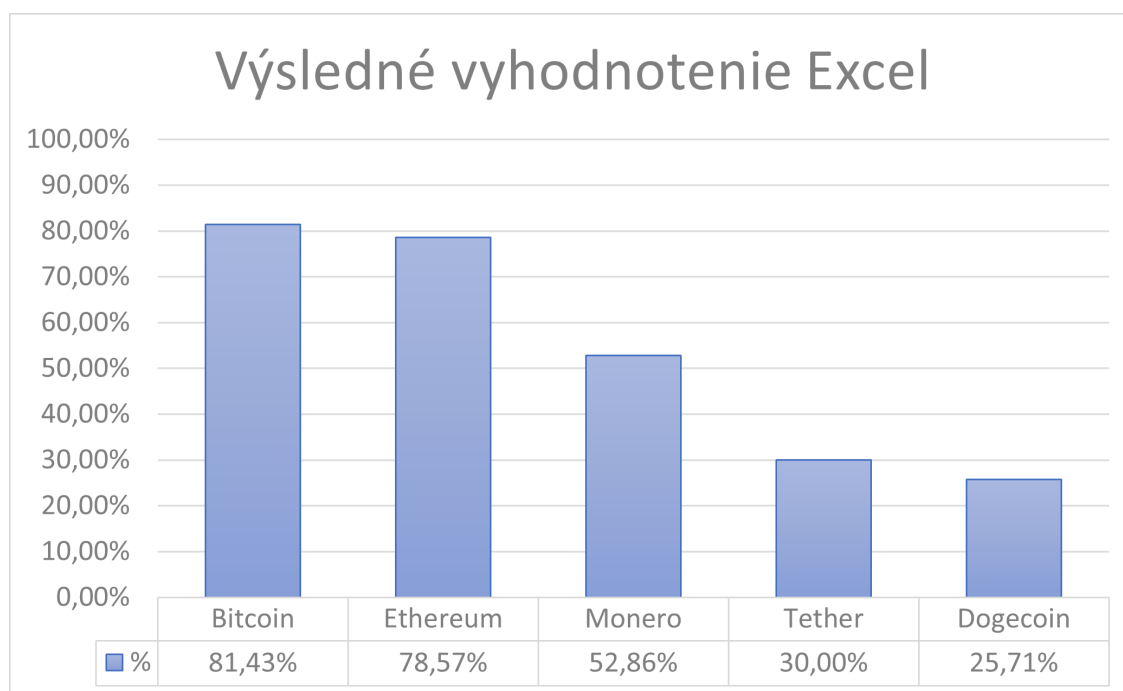
- **Bezpečnosť:** Nízka
- **Trhová kapitalizácia:** \$79,082,859,974 => (>50 mld)
- **Likvidita:** \$22,832,507,274 => Veľmi vysoká
- **Anonymita:** Kombinácia on-chain a off-chain transakcií => Stredná
- **Maximálna zásoba:** Neobmedzená
- **Volatilita:** 1.32% => Veľmi nízka
- **Sharpeho pomer:** 0,21 => Veľmi nízky
- **Sortinov pomer:** 0.24 => Veľmi nízky
- **Návratnosť investície:** 0.1% => (<5%)
- **Blockchain technológia:** Proof-of-Reserve

## Dogecoin

- **Bezpečnosť:** Vysoká
- **Trhová kapitalizácia:** \$10,888,141,038 => (>10 mld)
- **Likvidita:** \$259,340,510 => Nízka
- **Anonymita:** Pseudo anonymná
- **Maximálna zásoba:** Neobmedzená
- **Volatilita:** 74.27% => Veľmi vysoká
- **Sharpeho pomer:** 0,18 => Veľmi nízky
- **Sortinov pomer:** 0.97 => Vysoký
- **Návratnosť investície:** -10.16% => (<0%)
- **Blockchain technológia:** Proof-of-Work

## 4.2 Vyhodnotenie v MS Excel

Táto podkapitola sa zaoberá vyhodnotením zvolených kryptomien podľa návrhu MS Excel, ktorý sa realizoval podľa popisu v sekcii 3.1. Postup vyhodnotenie je totožný postupom v zmienenej sekcii. Najprv sa podľa hore uvedených atribútov kritérií vytvorila stavová matica pre všetky zvolené kryptomeny, ktorá spolu s číselnou transformačnou maticou bola vstupom skalárneho súčinu. Výsledok skalárneho súčinu je výsledok celkového hodnotenia, pomocou ktorého sa vypočítalo celkové hodnotenie v percentách. Percentuálne hodnotenie sa na záver previedlo na výsledné slovné hodnotenie pomocou retransformačnej matice. Výsledok vyhodnotenia je zobrazený na stĺpcovom grafe 4.1. Jednotlivé stavové matice kryptomien a graf výsledného vyhodnotenia je dostupný vo vytvorenom súbore MS Excel na hárku s názvom *matice*. K rovnakému výsledku sa dá dopracovať aj pomocou grafického rozhrania, ku ktorému sa pristupuje cez úvodný hárok totožného súboru.



**Obr. 4.1: Graf výsledného vyhodnotenia v MS Excel**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

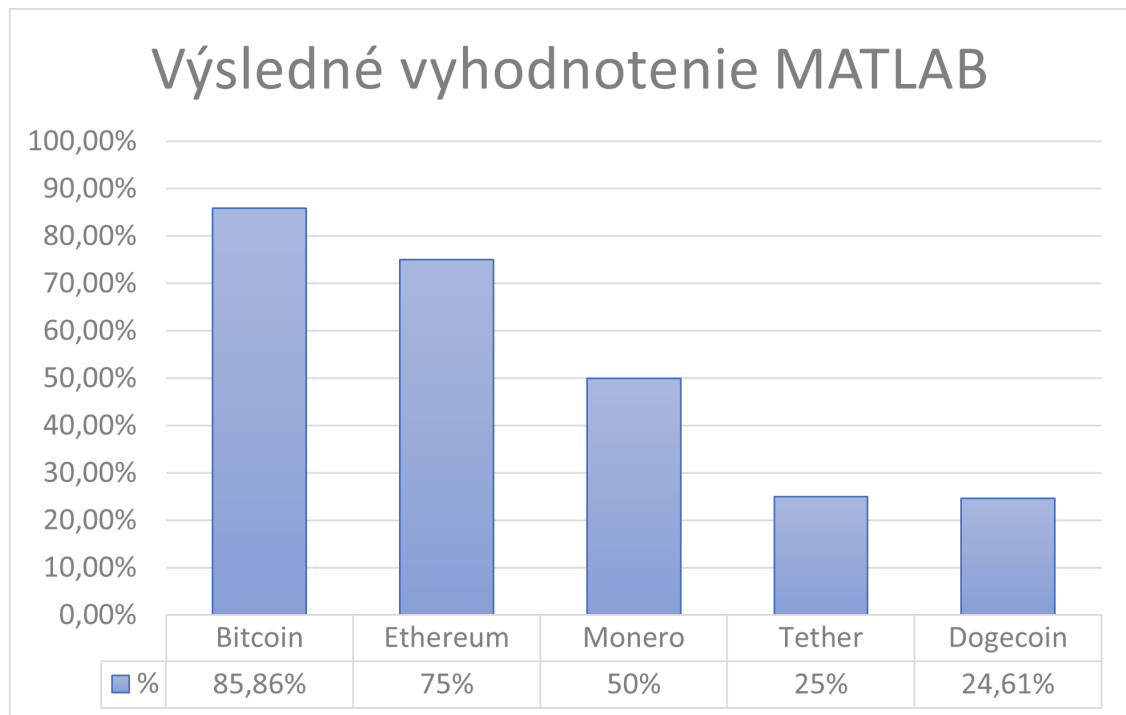
### 4.3 Vyhodnotenie v MathWorks MATLAB

Táto podkapitola sa zaoberá vyhodnotením zvolených kryptomien podľa návrhu MathWorks MATLAB, ktorý sa realizoval podľa popisu v sekcii 3.2. K výsledkom sa postupovalo pomocou príkazového riadku cez skript súbor, ale rovnaký záver môže byť dosiahnutý aj pomocou grafického rozhrania, ktorý je spustiteľný cez súbor *gui*. Po spustení skriptu sa na jednotlivé výzvy zadali atribúty kritérií z predošlej podkapitole, podľa ktorých sa vypočítala výsledná hodnota vyhodnotenia. Postup vyhodnotenia kryptomeny Ethereum cez príkazový riadok je zobrazený na obrázku 4.3 a graf výsledky záverečných vyhodnotení sú znázornené na grafe 4.2.

```
>> skript
Zadajte bodové hodnotenie pre bezpečnosť
(1 - Nízka, 2 - Vysoká, 3 - Veľmi vysoká): 3
Zadajte bodové hodnotenie pre anonymitu
(1 - Pseudo, 2 - Stredná, 3 - Úplná): 2
Zadajte bodové hodnotenie pre typ blockchain technológie
(1 - Proof-of-Reserve, 2 - Proof-of-Stake, 3 - Proof-of-Work): 2
Zadajte bodové hodnotenie pre volatilitu
(1 - Veľmi vysoká, 2 - Vysoká, 3 - Nízka, 4 - Veľmi nízka): 2
Zadajte bodové hodnotenie pre Sharpeho pomer
(1 - Veľmi nízky, 2 - Nízky, 3 - Vysoký, 4 - Veľmi vysoký): 3
Zadajte bodové hodnotenie pre Sortinov pomer
(1 - Veľmi nízky, 2 - Nízky, 3 - Vysoký, 4 - Veľmi vysoký): 4
Zadajte návratnosť investície v percentách
(-1 pre < 0, 16 pre > 15): 8.51
Zadajte trhovú kapitalizáciu v miliardách
(501 pre > 500): 216
Zadajte bodové hodnotenie pre likviditu
(1 - Nízka, 2 - Vysoká, 3 - Veľmi vysoká): 2
Zadajte bodové hodnotenie pre maximálnu zásobu
(0 - Neobmedzená, 1 - Obmedzená): 0
Vyhovujúca kryptomena
```

Obr. 4.2: Vyhodnotenie Etherea cez príkazový riadok

(Zdroj: vlastné spracovanie)



**Obr. 4.3: Graf výsledného vyhodnotenia v MathWorks MATLAB**

(Zdroj: vlastné spracovanie)

#### 4.4 Porovnanie návrhov

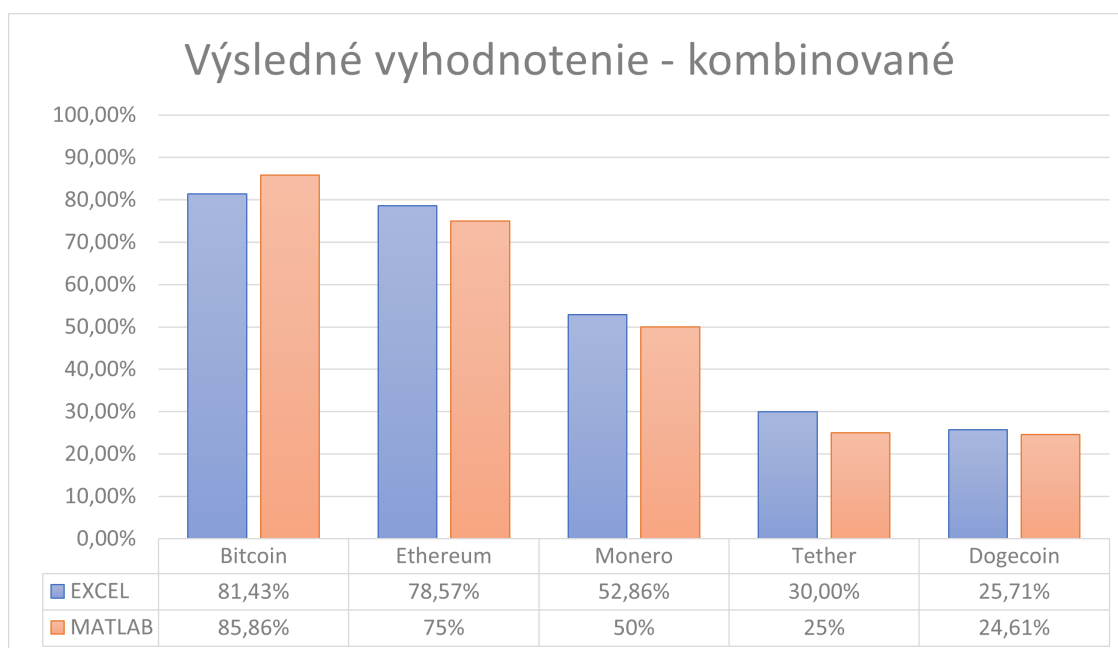
V tejto práci sa realizovali návrhy vyhodnotenia kryptomien pomocou MS Excel a MathWorks MATLAB. Postupy realizácií návrhov boli podrobne popísané v kapitole 3 a výsledok vyhodnotení bol znázornený v tejto kapitole vyššie. Táto podkapitola sa zaoberá porovnaním zmiených návrhov a ich výsledkov.

Výsledné vyhodnotenie oboch riešení sa nachádza v tabuľke na hárku *matice* a je zobrazené na obrázku 4.4. Tabuľka obsahuje zvolené kryptomeny, ich výsledné percentuálne vyhodnotenia a ich slovný popis pre oba riešenia. Pod tabuľkou sa nachádza stĺpcový graf 4.5, ktorý porovnáva dosiahnuté výsledky.

Kryptomena	Excel		MATLAB	
	Percentuálne	Slovné	Percentuálne	Slovné
Bitcoin	81,43%	Ideálna kryptomena	85,86%	Ideálna kryptomena
Ethereum	78,57%	Vyhovujúca kryptomena	75,00%	Vyhovujúca kryptomena
Monero	52,86%	Kryptomena na zváženie	50,00%	Kryptomena na zváženie
Tether	30,00%	Takmer nevhovujúca kryptomena	25,00%	Nevhovujúca kryptomena
Dogecoin	25,71%	Nevhovujúca kryptomena	24,61%	Nevhovujúca kryptomena

Obr. 4.4: Tabuľka výsledného vyhodnotenia oboch riešení

(Zdroj: vlastné spracovanie)



Obr. 4.5: Kombinovaný graf výsledkov

(Zdroj: vlastné spracovanie)

## MS Excel

Z grafu vyplýva, že najlepšie hodnotenou kryptomenou sa stal Bitcoin, ktorý získal 81.43%, čím sa stáva ideálnou kryptomenou na investíciu. Na druhom mieste sa umiestnila kryptomena Ethereum s percentuálnym ohodnotením 78.57%, tým pádom je stále vyhovujúca pre investora. Tesne nad polovicou všetkých hodnotení sa nachádza kryptomena Monero s percentuálnym hodnotením 52.86%, ktorá nespadá k vyhovujúcim investíciám, ale stále môže byť zváženie. Na predposlednej priečke sa umiestnila kryptomena Tether s presnými tridsiatimi percentami a stáva sa takmer nevyhovujúcou kryptomenou, avšak v niektorých prípadoch môže byť dostatočujúcou. Poslednou kryptomenou vyhodnotenia sa stáva Dogecoin, ktorý spadá pod nevyhovujúce investície, a to hlavne kvôli negatívnej hodnote návratnosti investície.

## MathWorks MATLAB

Na stĺpcovom grafe sú znázornené jednotlivé kryptomeny a ich dosiahnuté percentuálne vyhodnotenie. Prevod na slovné hodnotenie sa riadi podľa rovnakej stupnice ako to je v prípade predošlého riešenia. Výsledky vyhodnotenia cez MathWorks MATLAB sú takmer totožné výsledkom vyhodnotenia cez MS Excel. Bitcoin je stále najideálnejšou voľbou pre investíciu, Ethereum je vyhovujúcou, investovanie do Monera je stále na zváženie a Dogecoin je tak isto nevyhovujúcou voľbou. Rozdiel nastáva v miernej odchýlke percentuálnych hodnôt a pri kryptomene Tether, ktorá sa pri tomto riešení stáva nevyhovujúcou kryptomenou, a to kvôli prísnejším pravidlám.

## 4.5 Prínosy navrhnutých riešení

Táto podkapitola sa zaoberá popisom prínosov navrhnutých riešení, ktoré boli implementované v tejto práci. Celkovo môže návrh riešenia založený na fuzzy logike priniesť množstvo výhod pre investovanie do kryptomien. Od zlepšenia presnosti a spoľahlivosti rozhodovania, zvýšenia efektivity procesu investovania a zlepšenia schopnosti odolávať riziku, až po minimalizáciu strát a maximalizáciu výnosov.

Jedným z prínosov týchto riešení je vylepšenie presnosti a spoľahlivosti rozhodovania. Fuzzy logika umožňuje spracovávať neurčité informácie a výsledkom sa stáva

pravdepodobnostné hodnotenie. Týmto spôsobom sa môže vylepšiť presnosť a spoľahlivosť rozhodovania v investičných rozhodnutiach, a tým sa zlepši výkonnosť investícií.

Ďalším prínosom je zvýšenie efektivity procesu investovania. S použitím návrhu riešení založeného na fuzzy logike sa pristupuje rýchlejšie a efektívnejšie k rozhodovaniu o investíciách do kryptomien. Tento proces sa môže vykonávať s minimálnym zásahom človeka, len vyplnením niekoľkých kritérií, čo môže ušetriť čas a náklady na výskum a analýzu.

Prínosom je taktiež zlepšenie schopnosti odolávania rizika. Investovanie do kryptomien je rizikovou činnosťou a fuzzy logika môže pomôcť zlepšiť schopnosť odolávať riziku tým, že umožní vypočítať pravdepodobnosť úspechu alebo neúspechu investícií v závislosti od rôznych kritérií, ktoré boli v navrhnutých modeloch použité. Týmto spôsobom sa môže lepšie riadiť riziko a minimalizovať možné straty.

Na záver je dôležité si uvedomiť riziká investície a dôkladne zvážiť ciele a obmedzenia pred investovaním. Popísané riešenia môžu byť užitočným dodatkom pri voľbe správnej investície, alebo správnym začiatočným bodom. Odporúča sa najskôr vyhľadanie kvalitných zdrojov informácií o investovaní do zvolenej meny a do kryptomien všeobecne a vypracovanie vlastnej stratégie investovania.

# ZÁVER

Cielom tejto diplomovej práce bolo navrhnuť a implementovať systém na podporu rozhodovania pri investovaní do kryptomien pomocou fuzzy logiky. Výsledky tejto diplomovej práce ukázali, že použitie fuzzy logiky v spojení s programom MS Excel a MathWorks MATLAB môže byť veľmi efektívnym nástrojom na podporu rozhodovania pri investovaní do kryptomien. Navrhli a otestovali sa modely využívajúce fuzzy logiku na pomoc v rozhodovaní, ktoré sa ukázali ako spoľahlivé. Vďaka im by mohli investori zvýšiť svoje zisky a mohli by minimalizovať riziká spojené s investovaním do kryptomien.

Prvá kapitola sa zaoberala teoretickými východiskami práce, konkrétne fuzzy logikou vo všeobecnosti, jej históriou, fuzzy množinami, procesmi spracovania a tvorbou fuzzy modelov v MS Excel a MathWorks MATLAB.

V druhej kapitole sa analyzoval súčasný stav finančného trhu a kryptomien, vysvetlili sa kľúčové pojmy ako kryptomeny, blockchain a kritériá investície. Nadalej sa popísali zvolené kryptomeny s dodatkovým grafom vývoja ich cien. Tieto informácie boli dôležité pre tvorbu modelov a pomohli identifikovať faktory, ktoré majú vplyv na kritériá rozhodovania.

Na základe analýzy kryptomien a ich investičných kritérií bol navrhnutý fuzzy systém v tretej kapitole, ktorý umožňuje investorom zhodnotiť potenciálne riziká a výnosnosť investície do konkrétnej kryptomeny. Implementácia navrhnutého systému pomocou MS Excel a MathWorks MATLAB potvrdila jeho efektivitu a účinnosť ako nástroj na podporu rozhodovania.

V štvrtej a poslednej kapitole sa vyhodnotili výsledky návrhu a porovnali sa oba riešenia. Na základe týchto výsledkov sa dospelo k záveru, že použitie fuzzy logiky v programoch MS Excel a MathWorks MATLAB môže byť veľmi užitočným pre investičné rozhodovanie v oblasti kryptomien. Výsledky experimentov ukázali, že navrhnutý fuzzy systém je schopný poskytnúť investorom ucelený pohľad na investíciu do kryptomien a umožniť im rozhodovať na základe objektívnych kritérií.

Celkovo by sa mohlo konštatovať, že táto diplomová práca prináša cenný prínos pre oblasť investovania do kryptomien a ukazuje, že fuzzy logika je užitočným

matematickým nástrojom na riešenie problémov v oblasti rozhodovania, konkrétne v oblasti finančných trhov. Táto práca taktiež môže slúžiť ako zdroj informácií pre investorov, ktorí sa zaujímajú o investovanie do kryptomien a hľadajú efektívne nástroje na podporu rozhodovania.

# Literatúra

- [1] GEORGE J. KLIR, B. Y. *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*. 1. vyd. USA: Prentice-Hall, Inc., 1995 [cit. 2023-01-28]. ISBN 0-13-101171-5.
- [2] DOSTÁL, P. *Soft computing v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015 [cit. 2023-01-28]. ISBN 978-80-7204-896-0.
- [3] SCOTT, G. *Fuzzy Logic* [online]. August 2022 [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/p/ptop.asp>.
- [4] FRANÇOIS CHEVRIE, F. G. *Fuzzy logic*. Schneider Electric, 1998 [cit. 2023-01-28].
- [5] NOVÁK, V. *Základy fuzzy modelování*. Praha: BEN – technická literatura, 2000 [cit. 2023-01-28]. ISBN 80-7300-009-1.
- [6] SLECHTA, P. *KOGNITIVNI ZAKLADY FUZZY LOGIKY* [online]. BEN – technická literatura, 2007 [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: <https://adoc.pub/kognitivni-za-klady-fuzzy-logiky-petr-s-lechta-psychologicky.html>.
- [7] *Fuzzy Logic - Set Theory* [online]. [cit. 2023-01-28]. Dostupné z: [https://www.tutorialspoint.com/fuzzy\\_logic/fuzzy\\_logic\\_set\\_theory.htm](https://www.tutorialspoint.com/fuzzy_logic/fuzzy_logic_set_theory.htm).
- [8] SOJKA ZDENĚK, D. P. *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. Praha: Grada, 2005 [cit. 2023-01-29]. ISBN 80-247-1338-1.
- [9] DOSTÁL, P. *Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-798-7.
- [10] *MATLAB SIMULINK* [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.humusoft.cz/MATLAB/details/>.
- [11] J. S. ROGER JANG, N. G. *Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Math Works, 1997.

- [12] FRANKENFIELD, J. *Cryptocurrency Explained With Pros and Cons for Investment* [online]. Investopedia, september 2022 [cit. 2022-12-4]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/c/cryptocurrency.asp>.
- [13] KINGDOM, C. *Co je to double-spending problem?* [online]. November 2019 [cit. 2022-12-4]. Dostupné z: <https://cryptokingdom.tech/cs/magazin/zacatechnik/co-je-to-double-spending-problem>.
- [14] FINEX. *Kryptoměny, Jak fungují a jak na nich vydělat? Vysvětlení, seznam a kurzy kryptoměn* [online]. [cit. 2022-12-4]. Dostupné z: <https://finex.cz/rubrika/kryptomeny/>.
- [15] FRANKENFIELD, J. *Peer-to-Peer (Virtual Currency)* [online]. September 2021 [cit. 2022-12-4]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/p/ptop.asp>.
- [16] NAKAMOTO, S. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. September 2008 [cit. 2022-12-6]. 9 s. Dostupné z: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [17] HAYES, A. *Learn what these digital public ledgers are capable of* [online]. Apríl 2023 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>.
- [18] HAYES, A. *Financial Markets: Role in the Economy, Importance, Types, and Examples* [online]. Máj 2022 [cit. 2023-04-05]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/f/financial-market.asp>.
- [19] *What is market cap?* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-market-cap>.
- [20] *Liquidity* [online]. [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://help.coinbase.com/en/coinbase/getting-started/crypto-education/glossary/liquidity->.
- [21] *Maximum Supply* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://academy.binance.com/en/glossary/maximum-supply>.
- [22] *What is volatility?* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://www.coinbase.com/learn/crypto-basics/what-is-volatility>.

- [23] *Sharpe Ratio* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z:  
<https://portfolioslab.com/tools/sharpe-ratio>.
- [24] *Sortino Ratio* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z:  
<https://portfolioslab.com/tools/sortino-ratio>.
- [25] *ROI* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z:  
<https://coinmarketcap.com/alexandria/glossary/roi>.
- [26] *Types of Blockchains: PoW, PoS, and Private* [online]. [cit. 2023-03-25].  
Dostupné z:  
<https://www.gemini.com/cryptopedia/blockchain-types-pow-pos-private>.
- [27] COINMARKETCAP. *What Is Bitcoin (BTC)?* [online]. [cit. 2023-03-25].  
Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/>.
- [28] COINMARKETCAP. *What Is Ethereum (ETH)?* [online]. [cit. 2023-03-25].  
Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/ethereum/>.
- [29] BUTERIN, V. *Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform*. 2014 [cit. 2022-12-6]. 36 s. Dostupné z:  
[https://ethereum.org/669c9e2e2027310b6b3cdce6e1c52962/  
Ethereum\\_Whitepaper\\_-\\_Buterin\\_2014.pdf](https://ethereum.org/669c9e2e2027310b6b3cdce6e1c52962/Ethereum_Whitepaper_-_Buterin_2014.pdf).
- [30] COINMARKETCAP. *What Is Tether (USDT)?* [online]. [cit. 2023-03-26].  
Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/tether/>.
- [31] TETHER. *Tether: Fiat currencies on the Bitcoin blockchain*. 2014 [cit. 2022-12-6]. 20 s. Dostupné z:  
[https://assets.ctfassets.net/vyse88cgwfb1/5UWgHMvz071t2Cq5yTw5vi/  
c9798ea8db99311bf90ebe0810938b01/TetherWhitePaper.pdf](https://assets.ctfassets.net/vyse88cgwfb1/5UWgHMvz071t2Cq5yTw5vi/c9798ea8db99311bf90ebe0810938b01/TetherWhitePaper.pdf).
- [32] COINBASE. *History of Monero (XMR)* [online]. [cit. 2023-03-26]. Dostupné z:  
<https://www.coinbase.com/price/monero>.
- [33] COINMARKETCAP. *What Is Monero (XMR)?* [online]. [cit. 2023-03-26].  
Dostupné z: <https://coinmarketcap.com/currencies/monero/>.

- [34] COINBASE. *What is Dogecoin (DOGE)?* [online]. [cit. 2023-03-26]. Dostupné z:  
<https://www.coinbase.com/price/dogecoin>.
- [35] COINMARKETCAP. *What Is Dogecoin?* [online]. [cit. 2023-03-26]. Dostupné z:  
<https://coinmarketcap.com/currencies/dogecoin/>.

# ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Porovnanie matematickej množiny a fuzzy množiny . . . . .	15
1.2	Porovnanie funkcie vzťahu fuzzy množiny(vľavo) a klasickej množiny(vpravo) . . . . .	15
1.3	Zjednotenie fuzzy množiny . . . . .	16
1.4	Prienik fuzzy množiny . . . . .	17
1.5	Doplnok fuzzy množiny . . . . .	17
1.6	Kroky fuzzy procesu . . . . .	18
1.7	L-funkcia . . . . .	19
1.8	$\Gamma$ -funkcia . . . . .	19
1.9	$\Lambda$ -funkcia . . . . .	19
1.10	$\Pi$ -funkcia . . . . .	20
1.11	Vzťah nástrojov s fuzzy inferenčným systémom . . . . .	23
2.1	Jednoduchá predstava blockchainu . . . . .	26
2.2	Proces transakcie Bitcoinu . . . . .	27
2.3	Rozdelenie finančného trhu . . . . .	28
2.4	Vývoj ceny BTC . . . . .	36
2.5	Vývoj ceny ETH . . . . .	38
2.6	Vývoj ceny USDT . . . . .	40
2.7	Vývoj ceny XMR . . . . .	42
2.8	Vývoj ceny DOGE . . . . .	44
3.1	Slovná transformačná matica - 1. časť . . . . .	45
3.2	Slovná transformačná matica - 2. časť . . . . .	46
3.3	Číselná transformačná matica s najvyššou a najnižšou hodnotou - 1. časť . . . . .	47
3.4	Číselná transformačná matica s najvyššou a najnižšou hodnotou - 2. časť . . . . .	47
3.5	Retransformačná matica . . . . .	48
3.6	Riešenie v MS Excel . . . . .	49

3.7	Stavová matica pre bitcoin - 1. časť . . . . .	51
3.8	Stavová matica pre bitcoin - 2. časť . . . . .	51
3.9	Vyhodnotená investícia s kritériami bitcoinu . . . . .	55
3.10	Rozdelenie kritérií do jednotlivých blokov . . . . .	56
3.11	Vstupy a výstup Mamdani systému . . . . .	57
3.12	Funkcia členstva . . . . .	58
3.13	Editor pravidiel . . . . .	59
3.14	Riadiaca plocha modelu . . . . .	60
3.15	Inferencia pravidiel modelu . . . . .	61
3.16	Užívateľské rozhranie v MathWorks MATLAB . . . . .	64
3.17	Editor komponenty DropDown . . . . .	65
3.18	Vyhodnotenie kritérií cez MATLAB GUI . . . . .	66
4.1	Graf výsledného vyhodnotenia v MS Excel . . . . .	70
4.2	Vyhodnotenie Etherea cez príkazový riadok . . . . .	71
4.3	Graf výsledného vyhodnotenia v MathWorks MATLAB . . . . .	72
4.4	Tabuľka výsledného vyhodnotenia oboch riešení . . . . .	73
4.5	Kombinovaný graf výsledkov . . . . .	73

# ZOZNAM PRÍLOH

MS Excel - DP.xlsm .....	I
MATLAB - gui.mlapp .....	II
MATLAB - script.m .....	III
MATLAB - eko.fis .....	IV
MATLAB - rizikove.fis .....	V
MATLAB - technicke.fis .....	VI
MATLAB - vysledok.fis .....	VII