



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

APLIKACE FUZZY LOGIKY PRO PODPORU VYHODNOCENÍ RIZIK NA TRHU NEMOVITOSTÍ

APPLICATION OF FUZZY LOGIC TO SUPPORT RISK ASSESSMENT IN THE REAL ESTATE MARKET

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Anna Uzlová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Zuzana Janková, Ph.D.

BRNO 2025

Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Anna Uzlová**
Studijní program: Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor: Řízení rizik ekonomických systémů
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Zuzana Janková, Ph.D.**
Akademický rok: 2024/25
Ústav/odbor: Odbor inženýrství rizik

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Aplikace fuzzy logiky pro podporu vyhodnocení rizik na trhu nemovitostí

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě zpracované literární rešerše a provedené analýzy současného stavu navrhnout a vytvořit rozhodovací model pro hodnocení rizik na trhu nemovitostí a navrhnout opatření vedoucí ke snížení těchto rizik. Řešení bude využívat programové prostředí MS Excel a MATLAB.

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem práce je vytvoření rozhodovacího modelu založeného na fuzzy logice pro vyhodnocení rizik na trhu nemovitostí včetně návrhu opatření vedoucích k minimalizaci rizik.

Seznam literatury:

DOSTÁL, Petr, 2011. Advanced decision making in business and public services. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, Petr, 2012. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-798-7.

HANSELMAN, Duane C. a LITTLEFIELD, Bruce, c2012. Mastering MATLAB: a comprehensive tutorial and reference. Upper Saddle River: Pearson. ISBN 01-360-1330-9.

MAŘÍK, Vladimír; ŠTĚPÁNKOVÁ, Olga a LAŽANSKÝ, Jiří, 1993-. Umělá inteligence. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-2276-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

doc. Dr. habil. Ing. Pavel Foltin, Ph.D.
vedoucí odboru

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá aplikací principů fuzzy logiky pro hodnocení rizik spojených s výběrem nájemního bydlení. Praktickým cílem je usnadnit rozhodování nájemníků při volbě vhodné bytové jednotky, a to prostřednictvím speciálně navrženého fuzzy modelu pro porovnání dostupných možností. Návrh modelu vychází z analýzy klíčových rizikových faktorů identifikovaných na základě průzkumu rezidenčního trhu a je postaven na teoretických základech fuzzy logiky a rozhodovacího modelování. Model byl implementován v prostředích MS Excel a MATLAB a jeho funkčnost byla ověřena na konkrétních příkladech bytových jednotek. Na základě vyhodnocení výsledků jsou identifikovány nejvhodnější varianty nájemního bydlení a navržena doporučení pro rozhodování nájemníků.

Klíčová slova

Riziko, fuzzy logika, rozhodovací model, MS Excel, MATLAB, nemovitosti, trh nemovitostí, rezidenční trh

Abstract

The thesis deals with the application of fuzzy logic principles for assessing risks associated with the selection of rental housing. The practical goal is to facilitate tenants' decision-making when choosing a suitable housing unit, through a specially designed fuzzy model for comparing available options. The model design is based on an analysis of key risk factors identified based on a residential market survey and is built on the theoretical foundations of fuzzy logic and decision-making modeling. The model was implemented in MS Excel and MATLAB environments and its functionality was verified on specific examples of housing units. Based on the evaluation of the results, the most suitable rental housing options are identified and recommendations are proposed for decision-making by tenants.

Keywords

Risk, fuzzy logic, decision model, MS Excel, MATLAB, real estate, real estate market, residential market

Bibliografická citace

UZLOVÁ, Anna. *Aplikace fuzzy logiky pro podporu vyhodnocení rizik na trhu nemovitostí*. Online, diplomová práce. Zuzana JANKOVÁ (vedoucí práce). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2025. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/161255>. [cit. 2025-01-06].

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 15. 5. 2025

Bc. Anna Uzlová

autor

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především mé vedoucí závěrečné práce Ing. et Ing. Zuzaně Jankové Ph.D. za konzultace, odborné rady a vedení v průběhu zpracovávání diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat především svým rodičům za bezmeznou podporu během mého celého studia a všem lidem v mém blízkém okolí za podporu a trpělivost.

Obsah

ÚVOD.....	11
CÍLE PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ	12
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	13
1.1 RIZIKO	13
1.1.3 Risk management.....	13
1.1.1 Historie rizika.....	14
1.1.2 Definice rizika.....	14
1.1.6 Analýza rizik.....	15
1.1.4 Základní pojmy v analýze rizik	16
1.1.5 Klasifikace rizik.....	17
1.1.7 Zbytkové riziko	18
1.1.8 Měření rizika.....	18
1.1.8 Matice hodnocení rizik	18
1.2 FUZZY LOGIKA	20
1.2.1 Fuzzy množiny.....	21
1.2.2 Proces fuzzy zpracování.....	24
1.2.3 Fuzzy operace.....	25
1.3 MS EXCEL.....	27
1.3.1 MS Excel rozhodovací model	27
1.4 MATLAB.....	29
1.4.1 Fuzzy logic tools.....	29
1.5 REZIDENČNÍ TRH	34
1.5.1 Nemovitá věc	34
1.5.2 Pozemek	36
1.5.3 Stavba.....	36
1.5.4 Byt.....	36
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	38
2.1 VYMEZENÍ REZIDENČNÍHO TRHU.....	38
2.2 POPIS KRITÉRIÍ VSTUPUJÍCÍCH DO MODELU.....	42
2.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH BYTOVÝCH JEDNOTEK	48
2.4 KRITÉRIA JEDNOTLIVÝCH BYTŮ	55
3 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ	58
3.1 ROZHODOVACÍ MODEL V MS EXCEL.....	59
3.2 ROZHODOVACÍ MODEL V MATLABU	64
4. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ.....	73
4.2 VYHODNOCENÍ POMOCÍ MS EXCEL.....	73
4.4 VYHODNOCENÍ POMOCÍ MATLAB	75
4.5 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MS EXCEL A MATLAB	76
4.6 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	65
4.7 OPATŘENÍ KE SNÍŽENÍ RIZIK.....	65
ZÁVĚR.....	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	71
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	77
SEZNAM TABULEK	78
SEZNAM GRAFŮ	79

SEZNAM PŘÍLOH.....	80
---------------------------	-----------

Úvod

V současné době je trh s nájemním bydlením jednou z hlavních součástí ekonomiky mnoha států, včetně České republiky. Vzhledem k rostoucím cenám nemovitostí a zvyšujícím se nákladům na jejich pořízení, se stále více lidí rozhoduje pro nájemní bydlení jako alternativu k vlastnictví nemovitosti. Náklady na pořízení nemovitosti jsou často neúměrné příjmům jednotlivců nebo rodin. Vysoká poptávka po nájemních bytech, zejména ve velkých městech, je spojena s různými riziky, jak pro nájemníky, tak pro pronajímatele.

Trh s nájemním bydlením je silně regulován, jak z hlediska právních předpisů, tak z hlediska ekonomických faktorů, které určují výši nájmu, podmínky pronájmu a kvalitu nabízeného bydlení. Jedním z klíčových problémů, který ovlivňuje spokojenost nájemníků, je kvalita samotných nemovitostí a jejich udržitelnost v průběhu let.

S ohledem na technický stav budov, dostupnost základních služeb, lokalitu a náklady na údržbu jsou nájemníci vystaveni různým rizikům, která mohou ovlivnit jejich životní situace.

S těmito riziky jsou spojeny dlouhodobé ekonomické a psychologické důsledky pro nájemníky. Kvalita a stav objektu mohou ovlivnit nejen úroveň pohodlí a komfortu v bydlení, ale i zdraví a bezpečnost nájemníků, a to vede k častým stížnostem a potenciálním právním sporům.

Tato diplomová práce se zaměřuje na vytvoření rozhodovacích modelů spojených s nájemním bydlením. Cílem této práce je identifikovat klíčová rizika vyplývající ze stavu budov, která mohou mít zásadní dopad na nájemníky, vytvořit rozhodovací model a navrhnout opatření, která mohou tato rizika minimalizovat.

Téma této diplomové práce je aktuální vzhledem k neustálému vývoji trhu s nájemním bydlením a rostoucím důrazem na udržitelnost a bezpečnost v oblasti bydlení. Přestože se problematika nájemního bydlení dlouhodobě řeší na úrovni právních předpisů, je stále potřeba hledat nové a efektivní způsoby, jak zajistit kvalitní a bezpečné bydlení pro širokou veřejnost. Tato diplomová práce může být přínosem nejen pro potenciální nájemníky při zhodnocování rizikovosti jednotlivých faktorů při výběru bydlení.

CÍLE PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ

Cílem této diplomové práce je analyzovat rizika spojená s výběrem nájemního bydlení na rezidenčním trhu s využitím metod fuzzy logiky. Práce se zaměřuje na vytvoření modelu, který umožní systematicky hodnotit rizikovost jednotlivých bytových jednotek a poskytne nájemníkům nástroj pro informované rozhodování. Model bude zohledňovat různé faktory, jako je výše nájmu, technický stav nemovitosti, energetická náročnost budovy, lokalita, vztah s pronajímatelem, dostupnost parkování a městské hromadné dopravy, a další kritéria, která mohou ovlivnit každodenní život nájemníka.

Aby bylo možné tento hlavní cíl dosáhnout, bude práce postupovat prostřednictvím několika dílčích cílů. Prvním z nich je vytvoření rozhodovacího modelu pro hodnocení rizik na rezidenčním trhu, který umožní systematické zohlednění všech klíčových faktorů ovlivňujících výběr nájemního bydlení. Tento model bude navržen tak, aby mohl být využit nejen pro technické a ekonomické hodnocení, ale i pro zohlednění subjektivních faktorů, jako je vztah s pronajímatelem nebo lokalita.

Druhým dílčím cílem je aplikace metody fuzzy logiky pro hodnocení rizik. Tato metoda bude použita pro převod vágních vstupů, jako jsou slovní popisy rizik („nízké“, „střední“, „vysoké“), do číselných hodnot, které budou následně analyzovány. Tímto způsobem bude možné efektivně pracovat s informacemi, které jsou běžně přítomny v reálných rozhodovacích procesech, ale nelze je přesně kvantifikovat.

Pro otestování modelu bude další dílčí cíl spočívat v jeho aplikaci na konkrétních příkladech bytových jednotek. Testování modelu bude zahrnovat simulaci rozhodovacích procesů na základě vstupních faktorů a následné zhodnocení výsledků.

Pro implementaci výsledného modelu budou použity dva softwarové nástroje. MS Excel a MATLAB. MS Excel bude sloužit pro tvorbu základního rozhodovacího modelu, který umožní kvantifikovat vágní pojmy a provést základní analýzu rizik. MATLAB bude využit pro pokročilé modelování fuzzy logiky, včetně tvorby fuzzy rozhodovacích pravidel, funkcí příslušnosti a simulace výsledků. MATLAB nabídne také nástroje pro vizualizaci a analýzu celkových vztahů mezi riziky.

Posledním dílčím cílem bude návrh doporučení pro nájemníky na základě výsledků analýzy rizik. Tato doporučení budou zahrnovat konkrétní opatření, která mohou pomoci minimalizovat rizika při výběru nájemního bydlení.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Tato práce se zaměřuje na dvě hlavní témata, pojem riziko a fuzzy logika. V rámci ní budou představeny klíčové pojmy obou oblastí, přičemž u fuzzy logiky budou detailně popsány také její principy. Fuzzy logika bude využita k analýze a hodnocení rizik na trhu nemovitostí, což umožní čtenáři lépe porozumět této problematice. Současně budou v návaznosti na principy fuzzy logiky představeny obecné postupy pro tvorbu fuzzy modelů s využitím softwarových nástrojů MS Excel a MATLAB. Jako poslední si bude definovaný pojem nemovitá věc, který zahrnuje veškeré objekty či práva, jež jsou pevně spjaty se zemí a nemohou být bez porušení své podstaty přemístěny.

1.1 Riziko

Riziko vzniká interakcí hrozby s aktivem a je vyjádřeno kombinací pravděpodobnosti výskytu mimořádné události a jejího dopadu na dané aktivum. Lze jej tedy považovat za měřitelné vyjádření vlivu hrozby na aktivum. Riziko lze také definovat jako možnost, že při plnění činností organizace dojde s určitou pravděpodobností k mimořádné události, která bude mít nežádoucí dopady na dosažení jejích plánovaných záměrů a cílů. (Grasseová, 2013 str. 326)

Riziko je neoddelitelnou součástí každodenního života jednotlivců, podniků i organizací. Jednotlivci čelí například riziku požáru v jejich domově, krádeži, automobilovým nehodám nebo problémům při letecké dopravě. Tato rizika mívají zpravidla negativní následky, a proto je přirozené snažit se jim předejít. Riziko je však přítomné i při běžných rozhodnutích, kde výsledek může být jak pozitivní, tak negativní. (Korecký, Trkovský, 2011 str. 22)

Obecně se dá říct, že vznik rizika je na základě nedostatku informací a nedostatečného poznání, aplikace nevhodných, neověřených či nespolehlivých dat, dále použitím nevhodných metod a vlivu náhodných procesů. (Dostál, 2008 str. 235)

1.1.3 Risk management

Risk management (řízení rizik) je proces zaměřený na identifikaci, analýzu

a minimalizaci rizik s využitím různých metod a technik. Tyto nástroje slouží k eliminaci existujících faktorů, které zvyšují riziko, a zároveň k předvídání a identifikaci budoucích rizikových situací. Jde o systematický přístup zahrnující opakující se a vzájemně propojené činnosti, které umožňují stálou kontrolu nad potenciálními riziky. Cílem zmiňovaného procesu je zajistit efektivní řízení rizik, snížit jejich dopad na dané aktivity, minimalizovat pravděpodobnost jejich výskytu a zajistit tak stabilitu, bezpečnost a splnění stanovených cílů. (Managementmania, 2018)

Klíčovou fází řízení rizik je výběr optimálního řešení. Tento proces zahrnuje stanovení úrovně rizika, analýzu nákladů a přínosů možných opatření a posouzení dopadů rozhodnutí na organizaci i její okolí. Následně se rozhoduje o zavedení opatření ke snížení rizika nebo o jeho dalším sledování, pokud vysoká nejistota znemožňuje okamžité řešení. Řízení rizik využívá reaktivní strategie (zpětná vazba, reagování na situace) nebo proaktivní přístup (predikce na základě dostupných informací a analýz). V praxi však bývají informace často neúplné, což komplikuje přesné odhady vlivů jednotlivých faktorů. Tento problém lze částečně zmírnit využitím nástrojů na podporu rozhodování při práci s nejistými nebo neúplnými daty. (Smejkal, Rais, 2009 str. 112)

1.1.1 Historie rizika

Původ slova „riziko“ lze nalézt v arabštině, latině i řečtině, přičemž každá z těchto tradic mu přisuzovala odlišné významy. V arabštině výraz risq označoval náhodný a příznivý výsledek. Latinské slovo riscum bylo spojeno s nebezpečím, kterému čelili námořníci při plavbě v blízkosti korálových útesů, a symbolizovalo nejen nepříznivé okolnosti, ale také odvahu překonat je. Řecká interpretace odvozená z arabského risq již zahrnovala události i výsledky, které mohly být jak pozitivní, tak negativní. V období od 17. do 20. století se pohled na riziko vyvíjel a občas kolísal mezi jeho chápáním výhradně jako zdroje negativních důsledků. (Hnilica, Fotr, 2009 str. 13)

1.1.2 Definice rizika

Riziko se obvykle chápe jako nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty nebo neúspěchu v podnikání, přičemž neexistuje jednotná definice tohoto pojmu. Některé z vymezení rizika zahrnují:

- Pravděpodobnost ztráty nebo neúspěchu.
- Variabilitu možných výsledků nebo nejistotu jejich dosažení.
- Odchylku mezi skutečnými a očekávanými výsledky.
- Pravděpodobnost jakéhokoliv odchýlení od očekávaného výsledku.
- Situace, kdy určité jevy podléhají pravděpodobnostnímu rozdělení.
- Nebezpečí negativního odchýlení od cíle (tzv. čisté riziko).
- Nebezpečí chybných rozhodnutí.
- Možnost vzniku ztráty nebo zisku (tzv. spekulativní riziko).
- Neurčitost spojená s vývojem hodnoty aktiva (tzv. investiční riziko).
- Střední hodnota ztrátové funkce.
- Možnost, že určitá hrozba využije specifickou zranitelnost systému.

V kontextu řízení podnikatelských rizik je užitečné vnímat riziko jako pravděpodobnost, že dojde k události, která se liší od očekávaného vývoje. (Korecký, Trkovský, 2011 str. 26)

1.1.6 Analýza rizik

Každé riziko lze popsat pomocí několika základních parametrů. Klíčovým aspektem rizika je příčina nejistoty, tedy důvod, proč k ní dochází v souvislosti s určitým rozhodnutím nebo akcí. Některé události jsou přirozeně nejisté, a jejich nejistotu lze popsat pomocí pravděpodobnostního rozložení, například při hodu kostkou. Tuto nejistotu však nelze vysvětlit jinak než prostřednictvím teorie pravděpodobnosti. Na druhou stranu existují události s konkrétními příčinami, které lze zkoumat a analyzovat.

Veličiny, jež vyjadřují nejistotu a není možné je dále smysluplně rozkládat na menší části, jsou nazývány rizikovými faktory. Složka rizika, kterou tyto faktory ovlivňují, je pak označována jako riziko samotné. Změna hodnoty rizikového faktoru a její vliv na hodnotu pozice je popisován transformační funkcí, která zachycuje citlivost na konkrétní riziko. (Vlachý, 2006 str. 22)

1.1.4 Základní pojmy v analýze rizik

V této části diplomové práce budou čtenáři představeny pojmy, které jsou v analýze rizik běžně užívány.

Aktivum

Aktivum je vše, co má pro subjekt hodnotu a může být ohroženo hrozbou. Dělí se na hmotná (např. nemovitosti, cenné papíry, peníze) a nehmotná (např. informace, práva, morálka pracovníků, kvalita personálu). Aktivem může být i samotný subjekt, protože hrozba může ohrozit jeho existenci.

Hodnota aktiva je určena objektivní cenou nebo subjektivním posouzením jeho důležitosti pro daný subjekt. Při hodnocení aktiva se zohledňuje:

- Pořizovací náklady nebo jiná hodnota.
- Důležitost pro existenci subjektu.
- Náklady na opravu škody aktiva.
- Rychlost opravy aktiva.
- Další specifická kritéria, která bývají specifická pro každý případ.

Citlivost aktiva na hrozby se vyjadřuje jeho zranitelností. (Smejkal, Rais, 2009 str. 94)

Hrozba

Hrozba je událost, síla, činnost nebo osoba, která může negativně ovlivnit bezpečnost či způsobit škodu. Příkladem jsou požáry, přírodní katastrofy, krádeže, neoprávněný přístup k informacím nebo ekonomické vlivy, jako je růst měnového kurzu.

Škoda způsobená hrozbou při jejím působení na aktivum se nazývá dopad hrozby.

Ten zahrnuje náklady na obnovení činnosti aktiva nebo odstranění škod.

Hrozbu lze hodnotit podle:

- Nebezpečnosti: schopnost způsobit škodu.
- Přístupu: pravděpodobnost kontaktu hrozby s aktivem (včetně frekvence).
- Motivace: zájem iniciovat škodu, založený na analýze cílů a aktivit potenciálních útočníků. (Smejkal, Rais, 2009 str. 94–95)

Zranitelnost

Zranitelnost představuje slabinu aktiva, subjektu nebo jejich částí, kterou může hrozba využít k nežádoucímu ovlivnění. Vyjadřuje citlivost aktiva na danou hrozbu a vzniká při jejich vzájemné interakci.

V rámci hodnocení zranitelnosti zahrnujeme:

- Citlivost: míra náchylnosti aktiva k poškození hrozbou.
- Kritičnost: význam aktiva pro daný subjekt. (Smejkal, Rais, 2009 str. 95)

Protiopatření

Protiopatření představuje prostředek nebo proces navržený k eliminaci hrozby, snížení zranitelnosti či dopadu, nebo usnadnění zvládnutí následků škody. Cílem je prevence škod nebo jejich minimalizace.

V analýze rizik se hodnotí:

- Efektivita: míra snížení účinku hrozby.
- Náklady: výdaje na pořízení, zavedení a provoz.

Protiopatření se zaměřují na omezení hrozby, zranitelnosti, dopadů a na detekci či obnovení činnosti. Optimální řešení kombinuje vysokou efektivitu s nízkými náklady. (Smejkal, Rais, 2009 str. 95)

1.1.5 Klasifikace rizik

Riziko lze klasifikovat podle různých hledisek. Základní rozdělení je na podnikatelské a čisté riziko. Podnikatelské riziko zahrnuje jak pozitivní, tak negativní aspekty, zatímco čisté riziko má pouze negativní stránku, zaměřuje se na nebezpečí škod na majetku, zdraví a životech.

Čistá rizika se často vztahují k přírodním katastrofám, technickým selháním a lidským činnostem.

Dále se riziko dělí na systematické a nesystematické. Systematické riziko ovlivňuje všechny podniky a oblasti činnosti, jako například změny trhu, daňové politiky nebo konjunkturální cykly, a nelze ho omezit diverzifikací. Nesystematické riziko je specifické

pro jednotlivé firmy, například kvůli změnám v personálu nebo selhání klíčových dodavatelů.

Dále klasifikujeme na vnitřní rizika, která se vztahují k faktorům uvnitř organizace a vnější rizika, která zahrnují faktory z podnikatelského prostředí, jako ekonomické nebo konkurenční změny.

Rizika jsou buď ovlivnitelná, kdy lze zmírnit jejich příčiny, nebo neovlivnitelná, kde lze pouze zmírnit následky. Další typ rizik jsou technicko-technologická, ekonomická, legislativní, politická, enviromentální, spojená s lidským činitelem a zásahy vyšší moci. (Hnilica, Fotr, 2009 str. 16-19)

1.1.7 Zbytkové riziko

Zbytkové riziko označuje riziko, které přetrvává i po zavedení bezpečnostních opatření nebo nebylo zcela eliminováno. Toto riziko by mělo být dostatečně nízké, aby nepřekročilo stanovenou referenční úroveň a bylo pro organizaci přijatelné, čímž by nebylo nutné přijímat další opatření ke snížení jeho dopadů. Referenční úroveň rizika představuje obecně uznávanou hranici rizika, která je stanovena legislativou, standardy, oborovými normami, nebo interními pravidly organizace. Slouží k vyhodnocení, zda je zbytkové riziko tolerovatelné pro všechny dotčené strany. (Grasseová, 2013 str. 325)

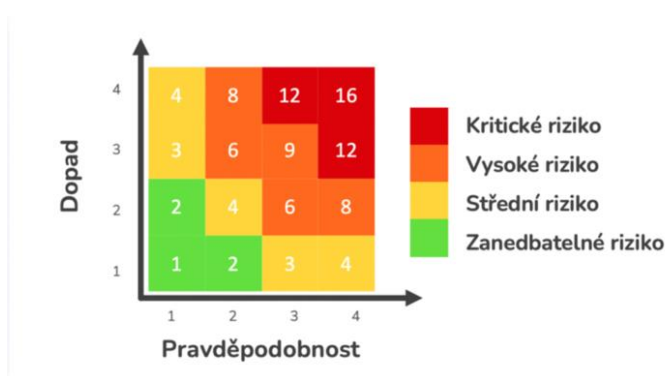
1.1.8 Měření rizika

V analýze rizik se často pracuje s případy, které nelze přesně definovat, a proto se vychází z odhadů založených na zkušenostech. Hodnocení se obvykle provádí na škále, například nízké, střední a vysoké riziko, nebo pomocí číselného hodnocení od 1 do 10. Výsledkem je očekávaná hodnota ztráty, která se vypočítá jako součin pravděpodobnosti výskytu jevu a jeho dopadu. Například u potenciální ztráty 10 korun s pravděpodobností výskytu 20 % lze očekávanou ztrátu vyčíslit na 2 koruny. Tato hodnota pak může představovat úroveň rizika, kterou si subjekt určuje podle své vlastní stupnice.

1.1.8 Matice hodnocení rizik

Matice hodnocení rizik jsou nástroje založené na expertním posouzení prováděném odborníky s potřebnými znalostmi a zkušenostmi v relevantních oblastech. Tyto matice

slouží k určení významnosti rizik na základě dvou hlavních hledisek: pravděpodobnosti výskytu rizika a intenzity jeho negativního dopadu na projekt. Riziko je považováno za významnější, pokud je jeho výskyt pravděpodobnější a jeho dopad na projekt závažnější.



Obrázek 1: Maticice rizik

Zdroj: APTEIN. <https://aptien.com/cs/kb/articles/what-is-risk-matrix>

Existují dvě formy expertního hodnocení rizik. První je kvalitativní hodnocení, které využívá grafické znázornění matice rizik k určení významnosti rizik bez číselného vyjádření. Druhou, pokročilejší formou je semikvantitativní hodnocení, které poskytuje číselné vyjádření významnosti rizik nebo jejich faktorů, rovněž pomocí matice hodnocení rizik.

Klíčovým vstupem pro tvorbu matice hodnocení rizik jsou rizika identifikovaná v předchozí fázi procesu analýzy rizik. (Fotr, Souček, 2011 str. 165)

Stupeň	Pravděpodobnost Intenzita negativního dopadu
ZV	Zvláště vysoká
V	Vysoká
S	Střední
M	Malá
VM	Velice malá

Tabulka 1: Stupnice hodnocení

Zdroj: Fotr, Souček, 2011 str. 165

1.2 Fuzzy logika

Fuzzy je anglické slovo, které znamená „mlhavý, nejasný, neostrý nebo neurčitý.“ Fuzzy logika je tedy logikou založenou na nejasnosti a neurčitosti. Logika sama o sobě je vědou, která se zabývá zákony správného myšlení a pravidly potřebnými k vyvozování správných závěrů. Když vyslovíme určité tvrzení, můžeme obvykle prohlásit buď: „Ano, toto tvrzení je pravdivé,“ nebo „Ne, toto tvrzení není pravdivé.“

Tento přístup může platit ve zjednodušeném či idealizovaném světě, ale v reálném světě, ve kterém žijeme, je „neurčitost“ neoddelitelnou součástí každé přijímané informace. (Jura, 2005 str. 5)

V klasické logice teorie definuje množinu jako sbírku mající určité vlastnosti. Jakýkoli prvek patří nebo nepatří do množiny podle jasných pravidel. Členství v množině má pouze dvě hodnoty 0 nebo 1. Později teorii fuzzy logiky vytvořil Lofti Zadeh v roce 1965. Fuzzy logika definuje proměnnou míru, do které prvek x patří do množiny. Stupeň příslušnosti může nabývat libovolné hodnoty v rozmezí od 1 do 0, kde 0 znamená absolutní nečlenství a 1 plné členství. Fuzzy logika měří jistotu nebo nejistotu toho, jak moc prvek patří do množiny. (Dostál, 2011 str. 8)

Klíčová vlastnost fuzzy logiky, která nesmí být opomenuta je existence jazykové proměnné, tedy proměnné, které je přiřazena kvalitativní hodnota vyjádřená jedním či více slovy z přirozeného jazyka. Tuto hodnotu dále kvantitativně specifikuje funkce členství. Samotný slovní popis hodnoty umožňuje určitý prostor pro interpretaci, čímž se stává nositelem „neostroty“ charakteristické pro fuzzy přístup. V praktických aplikacích hraje tento prvek přirozeného jazyka zásadní roli, protože usnadňuje intuitivní vytváření modelů založených na lidské zkušenosti a zjednodušuje interpretaci výsledků fuzzy analýzy. (Mohan, 2015 str. 14)

Cílem těchto tezí je stručně a srozumitelně ukázat, že i nejasné a mlhavé pojmy lze přesně popsat matematicky a dále s nimi pracovat. To znamená, že je možné matematicky vyhodnocovat přibližné úsudky a závěry, které vznikají v rozhodovacích procesech zahrnujících neurčitě nebo nejasné vstupní údaje. V běžném životě se člověk každodenně setkává s nutností činit takové úsudky a rozhodnutí. Lze však tento proces napodobit i u strojů? Do určité míry ano, ale otázkou zůstává, jak toho dosáhnout. Právě tím se

zabývá moderní vědní obor umělá inteligence, jehož součástí je také fuzzy logika. (Jura, 2005 str. 5)

Výhodou je, že i osoba bez předchozích zkušeností s fuzzy množinami dokáže pracovat s vágními popisy prostřednictvím bodů, které tyto fuzzy množiny charakterizují. (Pavlíček, 2016 str. 9)

1.2.1 Fuzzy množiny

Množinou rozumíme konkrétní třídu prvků, která je přesně definována tak, že o každém prvku lze jednoznačně rozhodnout, zda do dané množiny patří, či nikoli. Jinými slovy, každý prvek buď splňuje, nebo nesplňuje podmínky příslušnosti k množině, což činí tuto klasifikaci ostrou. Dle definice je každá množina konečná, což znamená, že obsahuje omezený počet prvků, které lze spočítat. Tím se množiny liší od nekonečných tříd či kolekcí, které mohou mít nekonečný počet prvků, jako například množina přirozených čísel. Tato přesná vymezenost a konečnost jsou základní charakteristiky tradiční teorie množin. (Vopěnka, 2015 str. 15-16)

V teorii fuzzy množin vytvořené Lotfi Zadehem, která představuje zobecnění klasické teorie abstraktních množin, je fuzzy množina definována jako třída umožňující přiřadit prvkům neurčitost prostřednictvím jejich částečné příslušnosti, vyjádřené takzvanou mírou příslušnosti.

Pokud X označuje klasickou množinu a $\mu_A: X \rightarrow \langle 0,1 \rangle$ je zobrazení, fuzzy množina se následně definuje jako uspořádaná dvojice:

$$A = (X, \mu_A) \quad (1)$$

V tomto kontextu je X označováno jako univerzum fuzzy množiny A , zatímco μ_A je funkcí příslušnosti (také nazývanou charakteristická funkce) této fuzzy množiny. Pro každý prvek $x \in X$ je hodnota $\mu_A(x)$ reálné číslo vyjadřující stupeň příslušnosti prvku x k fuzzy množině A . Tuto hodnotu lze interpretovat následovně:

$$\mu_A(x) = 0 \quad (2)$$

Prvek x nepatří do množiny A .

$$\mu_A(x) = 1 \quad (3)$$

Prvek x jednoznačně patří do množiny A .

$$\mu_A(x) \in (0,1) \quad (4)$$

Není možné s jistotou určit, zda prvek x patří do množiny A ; hodnota $\mu_A(x)$ vyjadřuje míru jeho příslušnosti.

Stanovení míry příslušnosti určitého objektu k fuzzy množině je čistě subjektivní záležitostí, závislou na osobním úsudku nebo přesvědčení lidského experta. (Pokorný, 1996 str. 40-41)

Jednotlivé prvky buď patří, nebo nepatří do určité množiny. V daném případě se jedná o ostré množiny. Pokud označíme množinu A jako podmnožinu množiny U , pak každý prvek x z množiny U buď náleží množině A , nebo do ní nepatří. Tato vlastnost může být popsána pomocí dvouhodnotové funkce:

$$\begin{aligned} \mu_A(x) &= 1 \text{ když a pouze když } x \in A \\ \mu_A(x) &= 0 \text{ když a pouze když } x \notin A \end{aligned}$$

Hodnota funkce $\mu_A(x)$ pro konkrétní prvek x se nazývá stupněm příslušnosti prvku x k množině A . Pokud však míra příslušnosti nabývá hodnot z intervalu $[0,1]$, hovoříme o neostrých množinách, známých také jako fuzzy množiny. (Pavlíček, 2016 str. 8)

1.2.1.1 Vlastnosti fuzzy množin

Zkoumání a hodnocení fuzzy množin se zaměřeno na jejich klíčové vlastnosti, které zahrnují výšku, šířku, jádro, α -řez, nosič a univerzum. Tyto charakteristiky slouží k lepšímu pochopení struktury a chování fuzzy množin. Grafické znázornění těchto vlastností je uvedeno na přiloženém obrázku, kde jednotlivé aspekty fuzzy množiny jsou názorně vysvětleny.

Nosič (support) fuzzy množiny A představuje ostrou množinu S , která zahrnuje všechny prvky univerza X , pro něž hodnota funkce příslušnosti $\mu_A(x)$ je větší než nula. Jinými slovy, nosič fuzzy množiny tvoří všechny ty prvky, které do dané fuzzy množiny patří alespoň částečně, i když jejich příslušnost nemusí být úplná. Tento koncept umožňuje

identifikovat oblast univerza, kde fuzzy množina získává smysluplné hodnoty, a má význam například při vizualizaci nebo analýze fuzzy množin v kontextu konkrétních aplikací.

$$S(A) = (x/\mu A(x) > 0) \quad (7)$$

Šířka (width) konvexní fuzzy množiny A s nosičem $S(A)$ je určena jako vzorcem. Pokud je nosič fuzzy množiny omezený, lze místo operací supremum a infimum použít maximum a minimum. V takovém případě je šířka fuzzy množiny vyjádřena jako rozdíl mezi těmito hodnotami.

$$width(A) = sup(S(A)) - inf(S(A)) \quad (8)$$

Jádro (nucleus) fuzzy množiny AA je definováno jako ostrá množina obsahující všechny prvky, pro které funkce příslušnosti nabývá hodnoty 1. Pokud takovou hodnotu dosahuje pouze jediný bod, označuje se jako špičková hodnota.

$$nucleus(A) = (x \in X/\mu A(x) = 1) \quad (9)$$

Výška (height) fuzzy množiny A , označovaná jako $hgt(A)$, je definovaná jako

$$hgt(A) = sup(\mu A(x)), x \in X \quad (10)$$

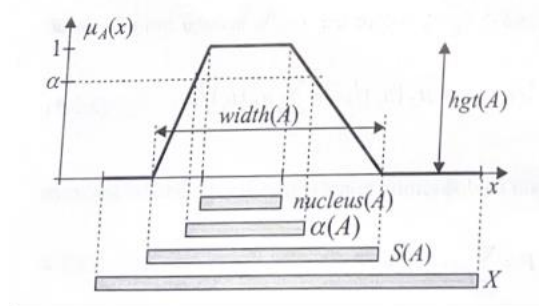
Pokud výška množiny dosahuje hodnoty 1, označuje se jako normální množina. V opačném případě, kdy je výška menší než 1, se jedná o množinu subnormální.

α -řez (α -cut) fuzzy množiny A , kde α patří do intervalu $(0,1)$, je definován jako ostrá množina $\alpha(A)$ níže uvedeným vzorcem. $\mu \in$

$$\alpha(A) = (x \in X/\mu A(x) \geq \alpha) \quad (11)$$

Univerzum (X) definuje množinu obsahující všechny prvky s pozitivní i negativní funkcí příslušnosti, které tvoří základ fuzzy množiny AA . Univerzum představuje kontext nebo prostor, v němž je fuzzy množina definována. (Jura, 2003 str. 26-27)

Veškeré zmiňované pojmy v této podkapitole jsou uvedeny v obrázku č. 2.



Obrázek 2: Základní pojmy fuzzy množin

Zdroj: Jura, 2003 str. 26

1.2.2 Proces fuzzy zpracování

Tvorba systému založeného na fuzzy logice zahrnuje tři hlavní fáze: fuzzifikaci, fuzzy inferenci a defuzzifikaci. V prvním kroku dochází k převodu reálných proměnných na jazykové proměnné. Tyto jazykové proměnné jsou definovány na základě základní proměnné. Například u proměnné "riziko" lze stanovit atributy, jako jsou žádné, velmi nízké, nízké, střední, vysoké a velmi vysoké riziko. Obvykle se při definování proměnných využívá tří až sedmi různých úrovní (atributů). (Dostál, Rais, Sojka, 2005 str. 23)

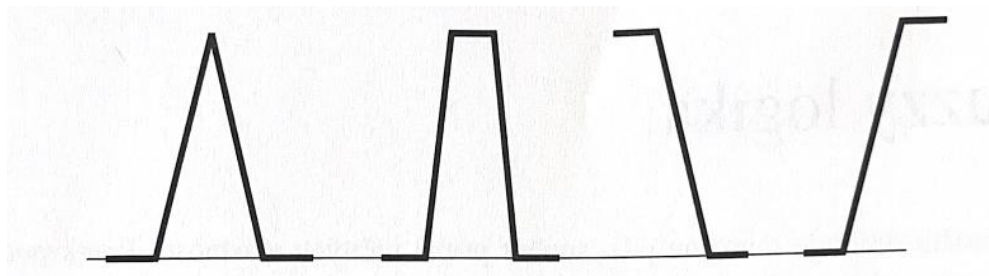
Druhá fáze se zaměřuje na popis chování systému prostřednictvím pravidel ve formátu „Když... Potom“, která fungují na jazykové úrovni. Tato pravidla obsahují podmínkové věty, které vyhodnocují stav příslušné proměnné. Struktura těchto vět je podobná známým syntaxím z programovacích jazyků a může být například následující: <Když> $Vstup_a$

<A> $Vstup_b \dots Vstup_x$ <Nebo> $Vstup_y \dots$ <Potom> $Výstup_1$,

tj. v případě kdy $Vstup_a$ a $Vstup_b \dots, Vstup_x$ nebo $Vstup_y \dots$, potom $Výstup_1$.

Míru členství jednotlivých atributů proměnné v množině popisuje matematická funkce. Tyto funkce mohou mít různé tvary, přičemž některé z nich se v praxi osvědčily natolik, že jsou označovány jako standardní členské funkce. Mezi nejběžnější typy standardních funkcí patří Λ , π , Z a S , které jsou znázorněny na obrázku 2. Kromě těchto základních tvarů existují i další varianty, například vyhlazené S-křivky. Míra členství v množině je

aplikována jak na vstupní, tak na výstupní proměnné systému. (Dostál, Rais, Sojka, 2005 str. 23-24)



Obrázek 3: Tvary členských funkcí Λ , π , Z a S

Zdroj: Dostál, Rais, Sojka, 2005 str. 24

Ve třetím kroku se výsledek fuzzy inference převádí na reálné hodnoty. Tento proces může zahrnovat například určení konkrétní výše rizika. Úkolem defuzzifikace je převést fuzzy hodnotu výstupní proměnné do formy, která co nejlépe vystihuje výsledek fuzzy výpočtu a je snadno srozumitelná.

Systém založený na fuzzy logice pracuje při postupném zadávání dat jako automat. Na vstupu může být zpracováváno mnoho různých proměnných současně. (Dostál, Rais, Sojka, 2005 str. 24)

1.2.3 Fuzzy operace

Fuzzy logika obecně využívá různých postupů u čtyř základních operací – sčítání, odčítání, násobení a dělení. Tato pravidla jsou:

$$[a, b] + [d, e] = [a + d, b + e], [a, b] - [d, e] = [a - e, b - d] \quad (12)$$

$$[a, b] \cdot [d, e] = [\min(ad, ae, bd, be), \max(ad, ae, bd, be)] \quad (13)$$

$$[a, b] / [d, e] = [\min(a/d, a/e, b/d, b/e), \max(a/d, a/e, b/d, b/e)] \quad (14)$$

Výstupem fuzzy inference je jazyková proměnná. Například v analýze rizika mohou atributy této proměnné nabývat hodnot, jako jsou velmi nízké, nízké, střední, vysoké či velmi vysoké riziko. (Dostál, 2008 str. 9)

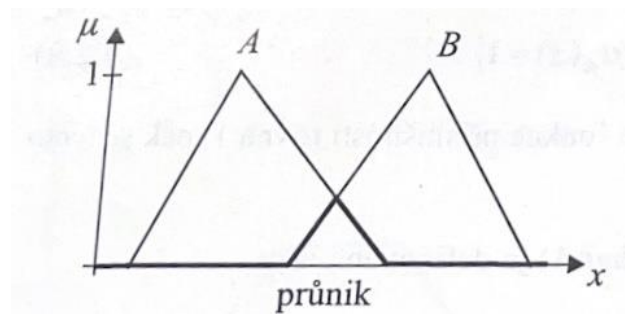
Fuzzy logika používá specifické přístupy pro vyhodnocování logických operátorů, jako jsou "A" (průnik) viz obr. č. 4, "Nebo" (sjednocení) viz obr. č. 5 a "Doplňek" (negace) viz obr. č. 6, přičemž všechny tyto operace jsou přizpůsobeny konceptům fuzzy množin. Tyto operátory, označované jako fuzzy průnik, fuzzy sjednocení a fuzzy doplňek, hrají klíčovou roli při práci s pravidly v podmínkových větách typu "Když ... Potom".

$$\mu A \cup B(x) = \max(\mu A(x), \mu B(x)) \quad (15)$$

$$\mu A \cap B(x) = \min(\mu A(x), \mu B(x)) \quad (16)$$

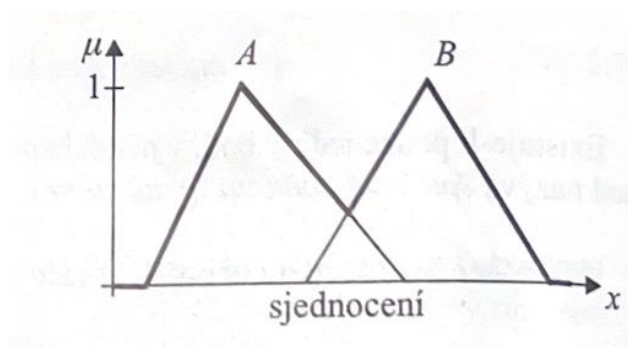
$$\mu' A(x) = 1 - \mu A(x) \quad (17)$$

Fuzzy průnik určuje se jako minimální hodnota příslušnosti mezi porovnávanými prvky, fuzzy sjednocení se stanovuje jako maximální hodnota příslušnosti mezi porovnávanými prvky a Fuzzy doplňek se vypočítá odečtením hodnoty příslušnosti od 1, což představuje negaci daného prvku. (Operace s fuzzy množinami, 2018)



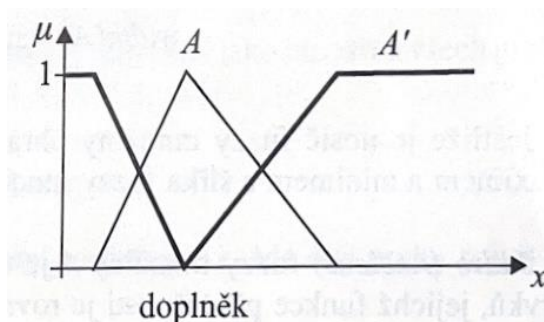
Obrázek 4: Operace s fuzzy množinami průnik

Zdroj: Jura, 2003 str. 28



Obrázek 5: Operace s fuzzy množinami sjednocení

Zdroj: Jura, 2003 str. 28



Obrázek 6: Operace s fuzzy množinami doplňěk

Zdroj: Jura, 2003 str. 28

1.3 MS Excel

1.3.1 MS Excel rozhodovací model

V této části bude popsán postup práce s programem MS Excel při implementaci rozhodovacího modelu, který je založený na binární logice.

Prvním krokem je do tabulkového procesoru MS Excel uvést dílčí rizika, která byly identifikovány pro danou problematiku. Každé riziko reprezentuje jednu dimenzi problému a slouží jako základ pro další analýzu provedenou v programu MS Excel. Následně bude k jednotlivým dílčím rizikům přiřazen vágní pojem (např. "nízké", "střední", "vysoké") vyjadřující jejich intenzitu. Následně budou tyto vágní pojmy pomocí transformační matice (tab. č. 2) převedeny na odpovídající číselné hodnoty (tab. č. 3).

Transformační matice - slovní popis						
N	Kritérium A	Kritérium B	Kritérium C	Kritérium D	Kritérium E	Kritérium F
1	Atribut A.1	Atribut B.1	Atribut C.1	Atribut D.1	Atribut E.1	Atribut F.1
2	Atribut A.2	Atribut B.2	Atribut C.2	Atribut D.2	Atribut E.2	Atribut F.2
3	Atribut A.3	Atribut B.3	Atribut C.3		Atribut E.3	
4	Atribut A.4				Atribut E.4	

Tabulka 2: Transformační matice – slovní popis

Zdroj: Vlastní zpracování

Transformační matice - převod na číselnou hodnotu						
N	Kritérium A	Kritérium B	Kritérium C	Kritérium D	Kritérium E	Kritérium F
1	2	3	2	4	2	4
2	4	7	6	8	4	8
3	8	9	10		6	
4	6				8	

Tabulka 3: Transformační matice – převod na číselnou hodnotu

Zdroj: Vlastní zpracování

Tento krok je klíčový z důvodu, že umožňuje kvantifikovat neurčité informace. Výše bodového ohodnocení přitom závisí na odborném úsudku jednotlivce, který fuzzy logiku pro konkrétní problematiku aplikuje. Dále bude sestavena stavová matice, která umožňuje analyzovat rizika pro konkrétní případy. Stavová matice (obr. č. 9) obsahuje informace o tom, jak jednotlivá dílčí rizika přispívají k celkovému posouzení v každém konkrétním scénáři.

Stavová matice						
N	Kritérium A	Kritérium B	Kritérium C	Kritérium D	Kritérium E	Kritérium F
1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	1	0	1
3	0	0	0		1	
4	1				0	

Tabulka 4: Stavová matice

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky analýzy jsou následně zpracovány retransformační maticí (obr. č. 10), která převádí číselné hodnoty vyjádřené jako míry celkového rizika zpět na lingvistické pojmy.

Retransformační matice		
N	procentuální hodnocení	verbální hodnocení
1	100-80%	Přijatelné riziko
2	79-60%	Střední riziko
3	59-0%	Vysoké riziko

Tabulka 5: Retransformační matice

Zdroj: Vlastní zpracování

Tento krok poskytuje interpretaci výsledků do slovního vyjádření, které je velmi jednoznačné a usnadňuje pochopení výstupů a jejich aplikaci v rozhodovacím procesu, především pro jednoduché porozumění lidem, kteří o fuzzy logice nemají žádné znalosti. (Dostál, 2015 str. 23-26)

1.4 MATLAB

MATLAB, jehož název je odvozen z výrazu "Matrix Laboratory" (maticová laboratoř), původně vznikl jako systém určený pro maticové výpočty. Postupem času se však rozšířil o řadu metod pro vědeckotechnické aplikace, nástroje pro vizualizaci a funkce umožňující komunikaci s externím prostředím. Jak již název napovídá, základním datovým typem MATLABu je matice, přičemž vektory a čísla (skaláry) jsou pouze specifickými případy tohoto datového typu. Výpočty v MATLABu lze provádět buď přímo prostřednictvím příkazové řádky (Command Window), nebo efektivněji za použití skriptů a funkcí, které se ukládají na disk. Funkce zaměřené na konkrétní aplikační oblasti jsou sdružovány do tematických rozšíření známých jako toolboxy.

Hlavním pracovním prostředím MATLABu je příkazové okno (Command Window), které uživatelům umožňuje zadávat povely, zobrazovat výsledky a získávat zpětnou vazbu v podobě chybových hlášení.

Při zpracování mé diplomové práce budu v MATLABu využívat nástroj Fuzzy Logic Toolbox. (Sedláček, Šmíd, 2004 str. 1)

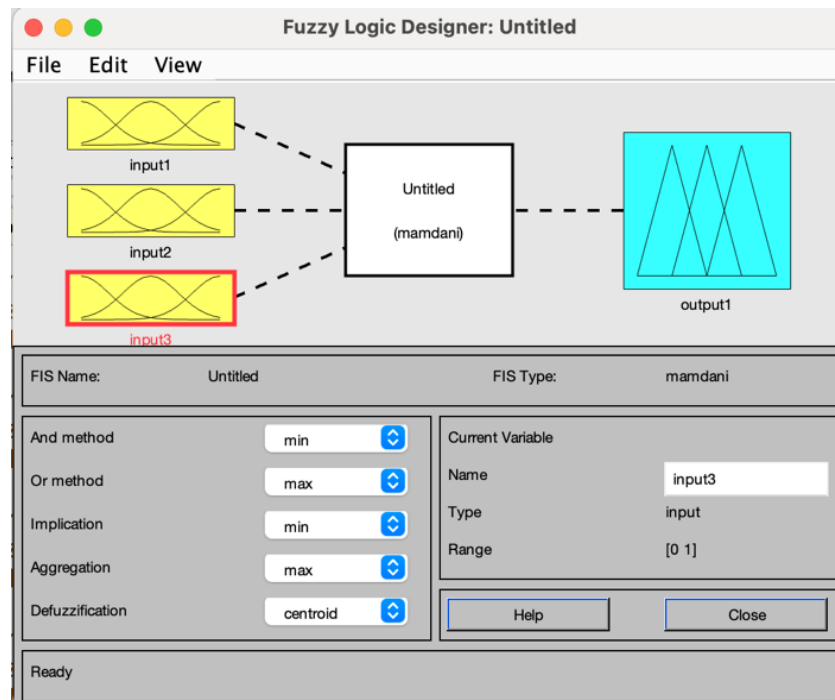
1.4.1 Fuzzy logic tools

Toto rozšíření je nutné nainstalovat spolu s MATLABem. Rozšíření poskytuje uživatelské rozhraní, které umožňuje vytváření pokročilých rozhodovacích systémů využívajících fuzzy logiku. V rámci zpracování diplomové práce budou využívat konkrétně tyto nástroje Fuzzy logic Designer, MF Editor, Rule Editor, Rule Viewer a Surface Viewer. Následně jednotlivé nástroje blíže představím.

1.4.1.1 Fuzzy logic Designer

Fuzzy Logic Designer slouží jako základní nástroj pro vytváření fuzzy rozhodovacích modelů v prostředí MATLAB. Tento nástroj lze spustit zadáním příkazů "fuzzy" nebo

"fuzzyLogicDesigner" v příkazovém řádku MATLABu, případně jej lze vyhledat v sekci "APPS". Po otevření nástroje se zobrazí schéma fuzzy systému, kde jsou vlevo umístěny vstupní proměnné a vpravo výstupní. Uživatel může proměnné snadno přidávat, upravovat nebo mazat prostřednictvím nabídky "Edit". Parametry, jako jsou názvy proměnných, typy fuzzy funkcí či metody defuzzifikace, lze dále nastavovat ve spodní části hlavního okna. Viz obr. 11.

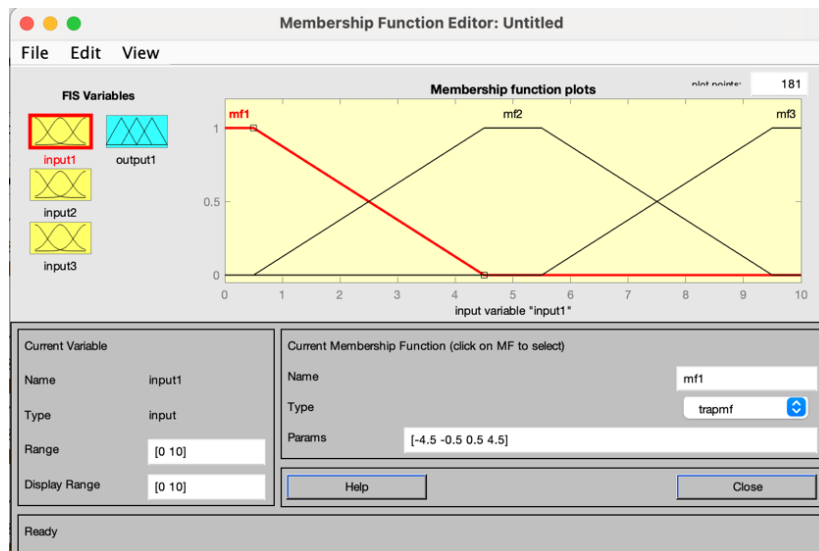


Obrázek 7: Fuzzy logic Designer

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí Matlab 2024b

1.4.1.2 Membership Function Editor

Membership Function Editor je nástroj určený pro vizualizaci a úpravu všech členových funkcí spojených se vstupními i výstupními proměnnými v rámci fuzzy inferenčního systému. Tento editor umožňuje uživateli měnit typy členových funkcí, přičemž k dispozici jsou například trojúhelníkové (trimf), lichoběžníkové (trapmf) apod. Rozhraní Membership Function Editoru sdílí některé funkce s nástrojem Fuzzy Logic Designer. Viz obr. 12.

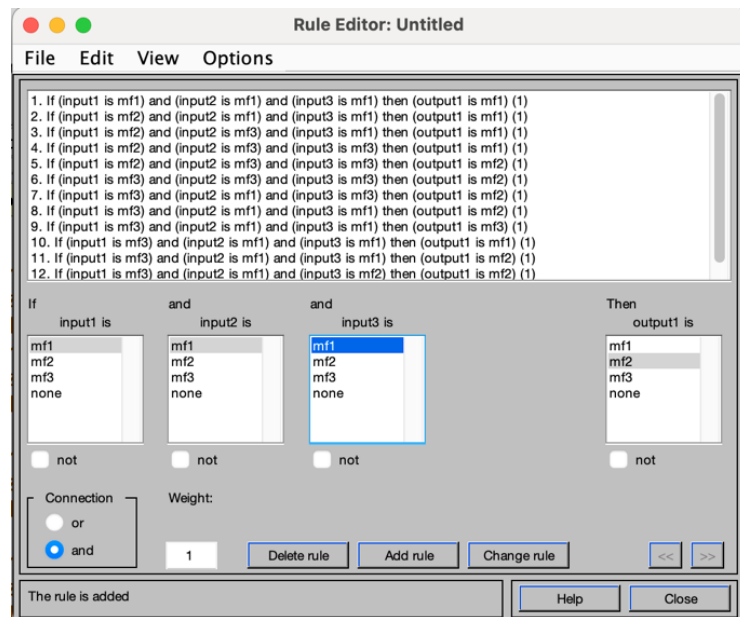


Obrázek 8: Membership Function Editor

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí Matlab 2024b

1.4.1.3 Rule Editor

Rule Editor je nástroj určený k úpravě a správě fuzzy pravidel. Horní část Rule Editoru obsahuje seznam pravidel, který umožňuje uživateli pravidla přidávat, upravovat nebo mazat. Tvorba pravidel je zcela v rukou uživatele, který model sestavuje. Pod tímto seznamem, v levé části editoru, se nachází zobrazení definovaných vstupů a jejich funkcí příslušnosti, které jsou spojeny s konkrétními hodnotami. Hodnoty vstupů se propojují pomocí logických operátorů OR nebo AND, čímž se vytváří pravidlo. Proces spočívá ve výběru hodnot z jednotlivých vstupů, jejich propojení logickými operátory a následném adekvátnímu výběru odpovídající hodnoty pro výstup. Viz obr. 13.

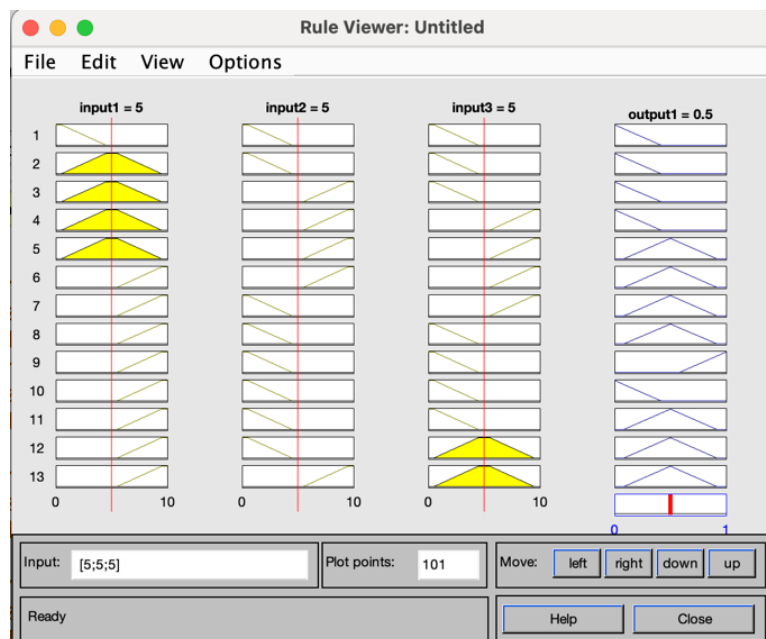


Obrázek 9: Rule Editor

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí Matlab 2024b

1.4.1.4 Rule Viewer

Rule Viewer slouží k přehledné vizualizaci pravidel vytvořených v Rule Editoru a umožňuje sledovat jejich vliv na výsledky. Tento nástroj umožňuje uživateli měnit hodnoty vstupů posunem svislých červených čar, čímž okamžitě zobrazuje, jak se změny vstupů projevují na výstupu v souladu s nastavenými pravidly. Konkrétní hodnoty vstupních proměnných lze rovněž zadat přímo do pole označeného "Input". V pravé části rozhraní jsou k dispozici ovládací prvky, které usnadňují navigaci v modelu. Tyto nástroje jsou obzvláště užitečné při práci s modely obsahujícími větší množství proměnných, což může zahrnovat komplexnější soubor pravidel. Viz obr. 14.

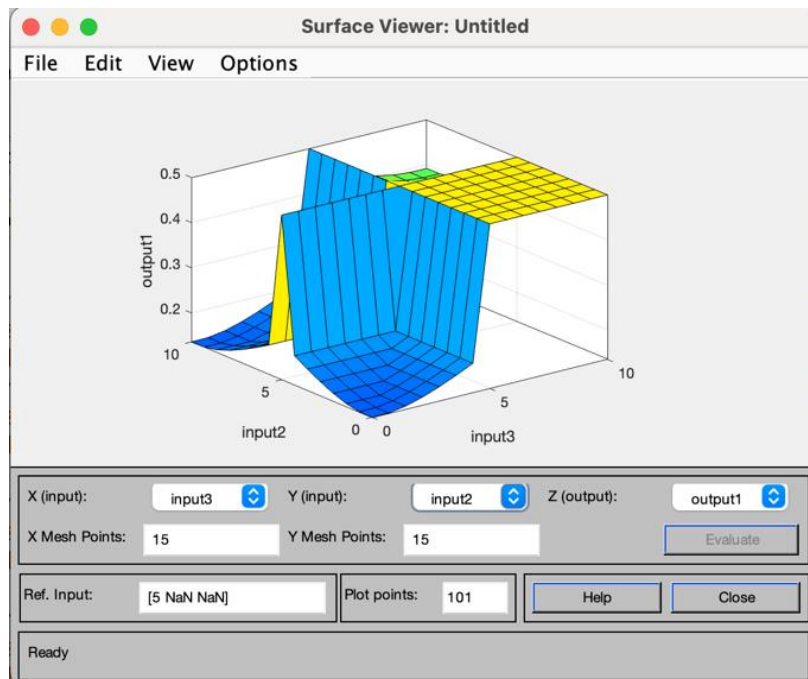


Obrázek 10: Rule Viewer

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí Matlab 2024b

1.4.1.5 Surface Viewer

Surface Viewer v prostředí MATLAB slouží k vizualizaci trojrozměrné křivky, která znázorňuje hodnoty pravidel přiřazených jednotlivým proměnným z Rule Editoru. Tento nástroj umožňuje uživateli porovnat dva zvolené vstupy, které lze nastavit pomocí rozbalovacích nabídek na osách X a Y. Podobně jako Rule Viewer slouží Surface Viewer výhradně k vizualizaci, nikoli k úpravám pravidel. Pokud je počet pravidel v modelu příliš nízký, může výsledná křivka vykazovat nedostatečnou členitost nebo být příliš plochá. Pro dosažení přesnějšího a komplexnějšího modelu je proto nutné přidat další pravidla. Viz obr. 15. (Petrosino, Loia, Pedrycz, 2016 str. 5-72)



Obrázek 11: Surface Viewer

Zdroj: Vlastní zpracování pomocí Matlab 2024b

1.5 Rezidenční trh

Rezidenční trh představuje část realitního trhu, která se soustředí na nemovitosti určené k bydlení – například byty, rodinné domy, apartmány a další obytné jednotky vhodné pro dlouhodobé či krátkodobé užívání. Tento segment uspokojuje poptávku jednotlivců a rodin po bydlení, ale zároveň je atraktivní i pro investory, kteří v něm vidí příležitost ke zhodnocení svého kapitálu nebo ke generování příjmů z pronájmů. Mezi rezidenční nemovitosti se řadí různé typy obydlí, například rodinné domy, byty umístěné v bytových domech či rezidenčních komplexech, moderní apartmány často situované ve městech, a také rekreační objekty, jako jsou chaty, chalupy a další stavby sloužící k odpočinku a rekreaci. (Knight Frank, Rezidenční trh)

1.5.1 Nemovitá věc

Dle ustanovení § 489 odst. 1 občanského zákoníku jsou za nemovité věci považovány následující:

- Pozemky.
- Podzemní stavby, které mají samostatné účelové určení.
- Věcná práva vztahující se k pozemkům a podzemním stavbám se samostatným účelovým určením.
- Práva, která zákon označí za nemovité věci (například právo stavby podle § 1240 a násl. občanského zákoníku).

Podle § 489 odst. 2 občanského zákoníku jsou všechny ostatní věci považovány za věci movité. Pokud zákon stanoví, že určitá věc není součástí pozemku, avšak není možné ji přemístit z jednoho místa na druhé, aniž by došlo k jejímu poškození nebo narušení podstaty, pak je i taková věc považována za nemovitou.

Podle § 3 odst. 1 katastrálního zákona se v katastru nemovitostí evidují:

- pozemky v podobě parcel,
- budovy, kterým se přiděluje číslo popisné nebo evidenční, pokud nejsou součástí pozemku nebo práva stavby,
- budovy, kterým se číslo popisné ani evidenční nepřiděluje, pokud nejsou součástí pozemku ani práva stavby, jsou hlavní stavbou na pozemku a nejde o drobné stavby,
- jednotky vymezené podle občanského zákoníku,
- jednotky vymezené podle zákona č. 72/1994 Sb., kterým se upravují některé spoluvlastnické vztahy k budovám a některé vlastnické vztahy k bytům a nebytovým prostorům a doplňují některé zákony (zákon o vlastnictví bytů), ve znění pozdějších předpisů, f. právo stavby,
- nemovitosti, o nichž to stanoví jiný právní předpis.

1.5.2 Pozemek

Podle § 2 katastrálního zákona je pozemek definován jako část zemského povrchu oddělená hranicemi územní jednotky, katastrálního území, vlastnictví, regulačního plánu, územního rozhodnutí, nebo jinými hranicemi určenými právními předpisy.

Pozemek, který má geometrické a polohové určení, je zakreslen v katastrální mapě a označen parcelním číslem, se nazývá parcela (§ 2 písm. b)). Pokud jde o pozemek evidovaný jako zastavěná plocha a nádvoří, označuje se jako stavební parcela (§ 2 písm. c)). Ostatní pozemky se nazývají pozemkové parcely (§ 2 písm. d)). Pozemky jsou v katastru nemovitostí vedeny ve formě parcel. (Vychopeň, 2023, str.)

1.5.3 Stavba

Podle § 2 odst. 3 stavebního zákona je stavba jakékoliv stavební dílo vytvořené stavební nebo montážní technologií, bez ohledu na použitý materiál, konstrukci, účel nebo dobu trvání. Stavbou je také výrobek plnící její funkci.

Souborem staveb (§ 2 odst. 8) se rozumí vzájemně propojené stavby realizované na jednom území nebo za společným účelem v rámci jednoho stavebního záměru. (Vychopeň, 2023, str. 28–84)

1.5.4 Byt

V této podkapitole bude uvedena přesná definice bytu a jeho součástí. Byt je místnost nebo soubor místností určených a využívaných k bydlení. Jedná se o samostatnou část domu, která je oddělena od společných prostor.

Součástí bytu je vše, co je v něm pevně zabudováno a zásadní pro jeho využití, například:

- Vnitřní rozvody
- Lokální kotle
- Vstupní dveře
- WC, i pokud je umístěno mimo byt (např. na chodbě).

Bez těchto prvků by byt ztratil svou hodnotu a nebyl by funkční.

Následně uvedené prvky do bytu se nepočítají jako součást bytu. Prostory jako sklep nebo komora mimo byt (např. v suterénu) nejsou jeho součástí, protože jejich oddělením nedochází ke znehodnocení bytu.

Naopak, pokud komora tvoří součást jednotky (tj. společně s bytem tvoří jeden celek), pak je považována za součást věci hlavní, tedy jednotky jako celku. (KOVA Reality, 2024)

2 Analýza současného stavu

V této části je proveden detailní přehled současné situace na rezidenčním trhu, přičemž je kladen důraz na charakteristiky a faktory, které ovlivňují rozhodování nájemníků při výběru bydlení.

Bytové jednotky jsou ze internetové stránky realitní společnosti Re/max, která díky své dlouhodobé přítomnosti na trhu a rozsáhlé síti poboček poskytuje dostatečně robustní základ pro provádění relevantních analýz. Společnost Re/max, založená v roce 1973 podnikatelem Davem Linigerem, si od svého vzniku vybuodovala silné postavení nejen na americkém, ale i mezinárodním trhu. V současnosti sdružuje více než 140 000 realitních makléřů po celém světě a označuje se jako nejúspěšnější a nejrozšířenější síť realitních kanceláří globálně. (RE/MAX, Historie)

2.1 Vymezení rezidenčního trhu

Rezidenční trh, na který se zaměřuje tato práce, se týká trhu s nemovitostmi určenými k bydlení, přičemž je specificky zaměřený pro nájemníky. Tento trh zahrnuje byty v městských oblastech až po okrajové části města Brna. Cílem je pochopit, jaké faktory ovlivňují rozhodování nájemníků při výběru bydlení, a jak různé charakteristiky trhu mohou ovlivnit jejich každodenní život.

V rámci tohoto trhu s rezidenčním bydlením nehrají roli pouze cenové faktory, ale také řada kvalitativních faktorů, jako je lokalita, technický stav nemovitosti či možnosti parkování. Nájemci při rozhodování zvažují kombinaci praktických i emocionálních hledisek, například požadovanou velikost bytu, vzdálenost od městské hromadné dopravy, úroveň bezpečnosti v dané oblasti apod. Rezidenční trh tak nelze vnímat výhradně jako ekonomický prostor.

Z pohledu nájemce je rezidenční trh spojen s řadou specifických problémů. Mezi hlavní patří zejména otázka finanční dostupnosti bydlení, nároky na úroveň bytového standardu a kvalitu doprovodných služeb.

Se změnami v preferencích a vývojem trhu roste význam environmentálních a energetických parametrů, které se stávají důležitými faktory při rozhodování o výběru bydlení. Zároveň však dochází k výraznému tlaku na výši nájmů, jež mnohdy roste

rychleji než příjmy domácností, což dále komplikuje situaci při hledání odpovídajícího bydlení.

Dalšími kritérii, která ovlivňují rozhodování nájemníka, jsou vztahy s pronajímatelem a zajištění odpovídající údržby nemovitosti. Kvalitní komunikace, rychlé reakce na požadavky na opravy a zajištění stability nájemní smlouvy jsou faktory, které mohou mít zásadní vliv na spokojenost nájemníka.

Vzhledem k těmto faktorům je rezidenční trh z pohledu nájemníka místem, kde se potkávají jak ekonomické, tak sociální faktory, a kde volba bydlení hraje klíčovou roli nejen v každodenním komfortu, ale i v dlouhodobé stabilitě domácnosti.

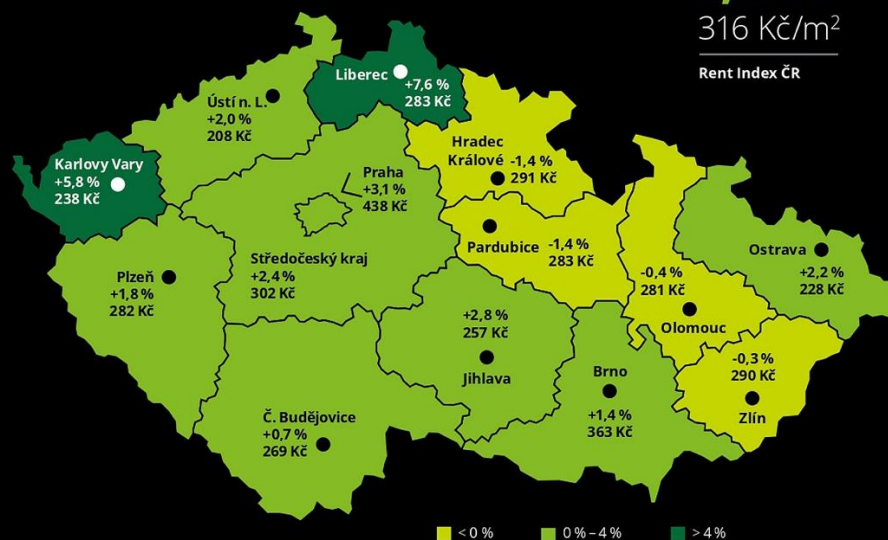
Data a statistiky o nájemním bydlení v Brně

Podle Deloitte Rent Indexu dosáhla průměrná cena nájmu v Brně v prvním čtvrtletí 2025 hodnoty přibližně 363 Kč/m², což znamená meziroční nárůst o 1,4 %. Tento růst je pro Brno charakteristický, protože trh s nájmy stále reaguje na rostoucí poptávku a mění se ekonomické podmínky. Deloitte pravidelně poskytuje analýzu vývoje nájemních cen na českém trhu a zaměřuje se na trendy v jednotlivých městských oblastech.

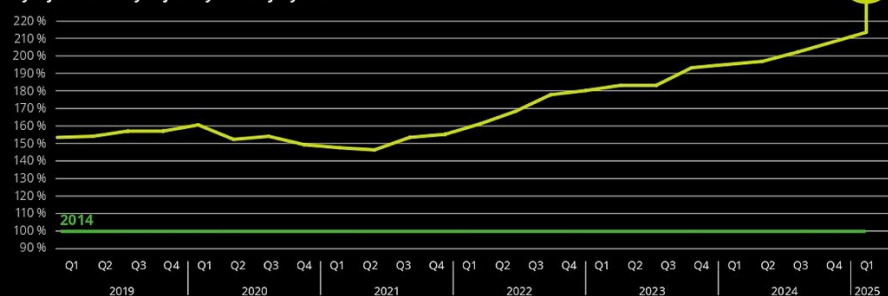
Rent Index Q1 2025 Ceny nájmu bytů v ČR

Rent Index ČR udává procentuální změnu ceny nájmu bytů oproti předchozímu období (Q4 2024) v Praze, krajských městech a ve Středočeském kraji. Uvádí také průměrnou cenu měsíčního nájmu bytů v Kč za m². Data sbírá z realitních portálů.

+2,3 %
316 Kč/m²
Rent Index ČR



Vývoj indexu ceny nájmu bytů v krajských městech



— Cena nájmu ze zrealizovaných nabídek — Cena nájmu ze zrealizovaných nabídek za celý rok 2014 = 100 %
Všechny ceny jsou uvedeny včetně DPH

Obrázek 12: Ceny nájmu bytů v ČR

Zdroj: Deloitte, 2025

V roce 2023 vzrostl podíl nájemníků v České republice na 24 %, přičemž v Brně tento podíl dosáhl 35 %. Tento nárůst odráží rostoucí závislost obyvatel na nájemním bydlení, která je důsledkem změn v sociálních a ekonomických podmínkách. (Colleirs, 2025)

Graf zobrazuje vývoj počtu dostupných nájemných bytů v Brně v období od ledna do května 2025. Na ose y je zobrazen počet inzerovaných nájemných bytů, který se pohybuje mezi 40 a 100 byty, a na ose x je časový rámeček, který se táhne od 13. ledna 2025 až po 14. května 2025. Na obrázku č. 17 lze pozorovat výrazný vzestup počtu dostupných nájemných bytů na přelomu ledna a února, následovaný několika výkyvy v březnu a dubnu. Nejvyšší počet inzerovaných bytů byl zaznamenán v druhé polovině dubna 2025, kdy se počet přiblížil k 90 bytům. Po tomto vrcholu následoval mírný pokles, který pokračuje až do poloviny května 2025, kdy je počet dostupných bytů opět mírně pod 80. V tabulce pod grafem je uvedeno, že k 14. květnu 2025 je k dispozici 78 bytů, zatímco o den dříve (13. května 2025) bylo inzerováno 79 bytů, což ukazuje na velmi mírnou změnu v dostupnosti mezi těmito dvěma daty.



Obrázek 13: Vývoj dostupných bytů v Brně

Zdroj: Housingtarget, 2025

Modernizace městské hromadné dopravy

V současné době probíhají v Brně rozsáhlé úpravy tramvajových tratí, které mají za cíl zlepšit kvalitu městské hromadné dopravy. Některé z těchto změn mohou v krátkodobém horizontu způsobovat komplikace, jako například výluky na Kounicově ulici, které vedly k zvýšenému automobilovému provozu na Veveří. To způsobilo zpoždění tramvajových linek a zpomalilo dopravu. Tyto dočasné problémy jsou však součástí širšího plánu, jehož cílem je modernizace a zlepšení dopravní infrastruktury v Brně. V roce 2025 se plánuje

dlouho očekávaná modernizace tramvajové trati v ulici Vídeňská, která zahrnuje kompletní výměnu kolejí, sanaci podloží a úpravu nástupišť na bezbariérové. Tento projekt umožní zvýšení traťové rychlosti vozů a zkrácení dojezdových časů, což přispěje k efektivnější a pohodlnější dopravě. Dalšími plánovanými investicemi jsou prodloužení tramvajové trati z Ečerovy na sídliště Kamechy v Bystrci. Prodloužení trasy zlepší dostupnost této oblasti. Dále pokračující rekonstrukce tramvajové trati v ulici Údolní, která zahrnuje výměnu kolejí a obnovu zastávek na bezbariérové. I když aktuální výluky a úpravy mohou způsobovat dočasné nepříjemnosti, v dlouhodobém horizontu se očekává, že tyto investice přispějí k modernější a efektivnější městské hromadné dopravě v Brně, která bude pro cestující pohodlnější a rychlejší. (Brněnský deník, 2025)

2.2 Popis kritérií vstupujících do modelu

Při výběru vhodného nájemního bydlení se nájemník rozhoduje na základě celé řady kritérií, které mohou výrazně ovlivnit jeho každodenní život i finanční stabilitu. Níže uvedená kritéria představují základní oblasti, v nichž může dojít k výskytu rizik z pohledu nájemníka. Tyto proměnné jsou v této práci dále využity jako vstupní proměnné fuzzy modelu hodnocení rizikovitosti bydlení.

Výše nájmu

Výše nájmu je velmi důležitý faktor při výběru bytu, protože může zásadně ovlivnit finanční stabilitu potencialního nájemníka. Příliš vysoký nájem může vést k dlouhodobým finančním problémům, které si lidé nemusí vždy hned uvědomit. Pokud nájem přesahuje doporučený podíl na měsíčním příjmu domácnosti (obvykle 30–40 %), může to způsobit řadu komplikací pro běžný život.

Může se jednat o situaci, ve které nájemné zabírá příliš velkou část příjmu, a to může vést k tomu, že nájemník nebude mít dostatek financí prostředků na ostatní životní náklady. Tato situace může mít za následek neschopnost šetřit na budoucnost, pokrytí neplánovaných výdajů nebo, v horších případech, zadlužení.

Navíc pokud je nájem příliš vysoký, může se stát, že poměr mezi cenou a kvalitou bytu či lokalitou nebude odpovídat očekáváním nájemníka. To může mít negativní dopad,

pokud se za vysokou cenu platí za byt, který neodpovídá kvalitě, kterou si nájemník představoval, nebo pokud lokalita neodpovídá jeho potřebám.

Z tohoto důvodu je důležité vždy pečlivě zvažovat výši nájmu v kontextu s vlastními příjmy a dalšími životními náklady. Důležité je také zvážit, zda cena bytu odpovídá jeho stavu, vybavení a lokalitě. Takto se dá vyhnout finančním problémům a zajistit si kvalitní a udržitelné bydlení. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2024)

Lokalita a okolí

Lokalita, ve které se nachází byt, má velký vliv na kvalitu života nájemníka. Množství faktorů, které ji ovlivňují, může mít přímý dopad na každodenní pohodlí. Kromě předem zmiňované cenové dostupnosti je důležité zohlednit i dostupnost základních služeb, jako jsou obchody, zdravotní péče, školy nebo veřejné služby. Dobrá dostupnost těchto služeb šetří čas a usnadňuje každodenní fungování.

Dalším faktorem, který ovlivňuje atraktivitu dané lokality, je množství zeleně a přírodní prostředí. Parky nebo blízkost přírody zlepšují kvalitu života, poskytují prostor pro venčení domácích mazlíčků, sportování nebo rodinné aktivity. Tyto prvky mohou mít nejen estetický, ale i zdravotní přínos, protože přítomnost přírody ve městě podporuje duševní klid.

Na druhé straně je vhodné zohlednit i faktory, které mají případně negativně dopad na komfort bydlení. Jedná se o hluchost okolí, vysokou frekvenci dopravy nebo špatné dopravní spoje mohou život v dané lokalitě znepříjemnit.

Nejzásadnější je ovšem posoudit bezpečnosti v dané lokalitě. Tím je myšlen subjektivní pocit bezpečí, ale i objektivní míra kriminality. Oba faktory mohou zásadně ovlivnit, jak se nájemník cítí ve svém okolí. V případě, že je lokalita známá vyšší mírou kriminality nebo je považována za rizikovou, může docházet k neustálému napětí a stresu. Taková lokalita není velmi atraktivní pro rodiny s dětmi nebo pro jednotlivce, kteří hledají klidné a bezpečné místo pro život. (Hipoindex, 2024)

Vratná kauce

Vysoká vratná kauce může být pro nájemníka značnou finanční zátěží při hledání nového bydlení. Vratná kauce je obvykle požadována na začátku nájmu a její výše může být i několik měsíčních nájmu, což může být pro nájemníka obtížně zvládnutelná částka. Mimo jiné musí nájemník zaplatit tuto sumu ihned při podpisu smlouvy.

Další riziko spočívá v možných komplikacích při ukončení nájmu a následné navrácení kauce. Pokud nejsou smluvní podmínky jasně definované při podpisu smlouvy, může dojít k problémům při vrácení peněz. Například pronajímatel může mít odlišný názor na stav bytu po ukončení nájmu, tato situace může vést k neshodám a finančním ztrátám pro nájemníka. Nejasnosti v smluvních podmínkách, jako jsou údržba bytu nebo standard, v jakém musí být předán (úklid, vymalování zdí apod.), mohou způsobit spory a zbytečné náklady navíc.

Vysoká kauce tedy nejenže zvyšuje počáteční finanční náklady, ale nese s sebou riziko stresu a nejistoty při ukončení nájmu, pokud není vše dostatečně definováno v nájemní smlouvě. (dTest, 2017)

Druh objektu

Typ stavby, ve které se byt nachází, významně ovlivňuje kvalitu bydlení z pohledu nájemníka. Mezi nejčastější konstrukční řešení v České republice patří panelové, cihlové a dřevostavby. Každý z těchto typů má specifické vlastnosti, které se promítají do komfortu i provozních nákladů. Panelové domy bývají často kritizovány pro nedostatečnou tepelnou a zvukovou izolaci, což může vést k vyšší hlučnosti a ztrátám tepla. Oproti tomu cihlové stavby se vyznačují lepší tepelnou akumulací a stabilnější vnitřní teplotou, což zajišťuje vyšší komfort i nižší energetické náklady. Dřevostavby, ačkoliv moderní a ekologické, vyžadují specifickou údržbu a mohou být citlivé na vlhkost, což představuje potenciální riziko pro dlouhodobé bydlení.

Pro nájemníka tak představuje konstrukční typ budovy rizikový faktor především z hlediska tepelně-technických vlastností a možného snížení komfortu bydlení. (Prumysl.inform, 2025)

Energetická náročnost budovy

Energetická třída budovy (od A po G) má přímý vliv na měsíční náklady na provoz bytu, hlavně na vytápění a ohřívání vody. Byty v budovách s nižší energetickou třídou (např. třídy E–G) jsou často energeticky náročné. Tento fakt přímo znamená vyšší náklady na energie. V takových bytech může být vytápění v zimě dražší, a to zejména v oblastech s chladnějšími zimami, a rovněž spotřeba energie na ohřev vody může být výrazně vyšší. Energetická náročnost budovy je běžně opomíjený faktor při výběru vhodného nájemního bydlení, protože nájemníci se většinou soustředí na cenu nájmu, velikost užitné plochy nebo lokalitu.

Dlouhodobé náklady spojené s vyšší spotřebou energie výrazně ovlivňují celkové výdaje na bydlení. Tato dodatečná finanční zátěž může být pro nájemníka problémová, zejména pokud jsou náklady na energie neúměrně vysoké a placené zálohy neúměrně nízké, následně musí nájemník doplácet nedoplatky na energiích, které nejsou dobře dopředu kalkulovatelné.

Je tedy velmi důležité při výběru bytu zohlednit nejenom výši nájmu a lokalitu, ale i energetickou náročnost budovy. Byt s lepší energetickou třídou (např. A, B nebo C) má nižší náklady na vytápění a ohřev vody, což se v průběhu času promítne do celkové finanční úspory a může pozitivně ovlivnit dlouhodobou spokojenost s bydlením. (Dostupný advokát, 2024)

Užitná plocha

Velikost bytu, nazývaná jako užitná plocha, je podstatným faktorem, který ovlivňuje komfort bydlení a jeho vhodnost pro každodenní život. Malé byty mohou být nevhodné zejména pro rodiny s dětmi, které potřebují více prostoru pro různé činnosti a pro uložení věcí.

Příliš velký byt může být na druhou stranu komfortní, ale přináší jiné nedostatky. Větší prostory jsou náročnější na vytápění, tento fakt může vést k vyšším nákladům na energie, zejména v zimních měsících, především v budovách, které nejsou v dobrém stavu nebo jsou staré. Mimo jiné je i údržba většího bytu náročnější.

Riziko tedy spočívá v nesouladu mezi velikostí bytu a reálnými potřebami potencionálního nájemníka. Pokud byt není dostatečně velký pro počet členů domácnosti nebo pro jejich životní styl, může to vést k nekomfortnímu bydlení. Naopak, pokud je byt příliš velký, může být nájemník zatížen vyššími náklady, aniž by tento prostor skutečně plnohodnotně využíval. (Hyponamíru, 2025)

Vztah s pronajímatelem

Kvalita komunikace a důvěry mezi nájemníkem a pronajímatelem je klíčová pro klidný a bezproblémový průběh nájmu. Pokud je tato komunikace otevřená, transparentní a obě strany si vzájemně důvěřují, znamená to, že lze snadno řešit různé možné problémy, které se mohou vyskytnout během celé doby nájmu. V opačném případě, pokud dojde například k narušení důvěry nebo ke špatné komunikaci, mohou vzniknout vážné komplikace, které ovlivní pohodu nájemníka.

Riziko vzniká v případě, že pronajímatel nejedná eticky nebo adekvátně nereaguje na požadavky nájemníka týkající se oprav, údržby nebo jakýchkoliv dalších případných problémů v bytě. Velmi důležité je mimo jiné respektování soukromí nájemníka. Pokud pronajímatel bezdůvodně narušuje soukromí, například častými návštěvami nebo bez předchozího upozornění, může to vést k napětí a konfliktu.

V takových případech může nájemník čelit stresu, nátlaku a v krajním případě se může rozhodnout pro ukončení nájmu. Pro nájemníka je totiž zásadní žít v jistotě, že pronajímatel bude jednat profesionálně a zodpovědně. Bez důvěry a transparentní komunikace se může bydlení stát nepohodlným a dlouhodobě neudržitelným. (Nemovitosti na investice, 2024)

Možnost parkování

Dostupnost parkovacího místa má velký vliv na pohodlí a každodenní život nájemníka, zejména pokud pravidelně využívá automobil. Pokud byt nenabízí vyhrazené parkovací místo, nebo pokud v okolí není dostatek veřejného parkování, může to znamenat značné nepohodlí. Nájemník může být nucen hledat parkování na vzdálenějších místech, což zvyšuje časovou náročnost každodenního fungování a zbytečně zvyšuje stres.

Absence parkovacího místa také zvyšuje riziko, že vozidlo bude poškozeno, například při parkování na nepřehledných nebo rizikových místech. To může znamenat finanční ztrátu pro nájemníka a potenciálně i další problémy, pokud dojde k nehodám nebo poškození způsobenému jinými vozidly.

Dalším rizikem jsou možné konflikty se sousedy, pokud dojde k nesrovnalostem ohledně parkování. Například, pokud více lidí v oblasti zápasí o stejné parkovací místo, mohou vznikat spory, což negativně ovlivní vztahy v komunitě. Tento stresující faktor může mít dlouhodobý dopad na spokojenost nájemníka s bydlením.

Celkově je dostupnost parkování významným faktorem, který by měl být zohledněn při výběru bydlení, zvláště pro ty, kteří automobil používají pravidelně. (ČT24, 2024)

Dostupnost MHD

Dostupnost hromadné dopravy je zásadní pro pohodlí nájemníka, protože ovlivňuje každodenní dojíždění do zaměstnání, školy nebo na volnočasové aktivity. Byt, který není dobře napojen na městskou hromadnou dopravu nebo nemá rychlý přístup do důležitých uzlů městské infrastruktury, může být v dlouhodobém horizontu nevhodný. To platí zvláště pro osoby, které nemají vlastní automobil a jsou tedy zcela závislé na veřejné dopravě.

Riziko je vyšší pro studenty, seniory nebo osoby bez vlastního dopravního prostředku. Tato skupina může mít omezené možnosti pro cestování a přístup k potřebným službám. Špatná dostupnost dopravy znamená nejen zvýšené náklady na dopravu (pokud je nutné využívat jiné, dražší možnosti dopravy), ale i větší časovou náročnost na každodenní cestování, což může vést k frustraci a zhoršení kvality života.

Pro osoby, které se spoléhají na veřejnou dopravu, je důležité mít snadný a rychlý přístup k zastávkám a linkám, které je zavedou do klíčových míst ve městě. Když toto není zajištěno, může to mít výrazný dopad na každodenní fungování a spokojenost s bydlením. (Evaltep, 2016)

Stav objektu

Technický stav bytu a společných prostor má přímý vliv na kvalitu bydlení a komfort nájemníka. Byt, který není dobře udržován, může mít časté problémy, jako jsou netěsnící okna, závady na topení, problémy s vodovodními trubkami nebo výskyt vlhkosti. Tyto problémy nejen zhoršují pohodlí v bytě, ale mohou také vést k závažným zdravotním problémům, jako jsou respirační onemocnění, alergie nebo plísně.

Dalším rizikem je reakce pronajímatele na potřebné opravy. Pokud pronajímatel nejedná včas, nebo je neochotný provést opravy, může nájemník čelit dlouhodobému nepohodlí. Například neopravené topení v zimě nebo netěsnící okna mohou znamenat vyšší náklady na vytápění a zhoršení životních podmínek. Zdlouhavé čekání na opravy může vést k frustraci a nespokojenosti s bydlením.

Kromě technického stavu bytu je důležitý i stav společných prostor objektu, jako jsou chodby, schodiště nebo výtahy. Špatná údržba těchto prostor může ovlivnit celkový dojem z bydlení a vést k negativnímu pocitu z neudržované budovy.

Je tedy důležité vybírat byt, kde je pravidelná údržba zajištěna, a kde je pronajímatel ochoten reagovat na opravy včas, aby bylo zajištěno dlouhodobé pohodlí a zdraví nájemníka. (Hyponamíru, 2025)

2.3 Popis jednotlivých bytových jednotek

Byt č. 1

Dispozice a vybavení

Byt o užitné ploše 52,4 m² se skládá z obývacího pokoje, kuchyňského koutu, ložnice, koupelny a předsíně. Dispozice 2+kk poskytuje praktický a efektivní prostor pro každodenní život. Interiér je navržen s důrazem na funkčnost a pohodlí, což zahrnuje kvalitní stavební materiály a moderní technologie, které byly použity při výstavbě novostavby. (RE/MAX, 2025)

Technický stav a energetická náročnost

Byt se nachází v novostavbě, která byla dokončena v roce 2020, a je tedy ve velmi dobrém technickém stavu. Energetická náročnost budovy je hodnocena třídou B, což znamená úspornou spotřebu energie. (RE/MAX, 2025)

Lokalita a občanská vybavenost

Lokalita Brno-střed je velmi vyhledávaná pro bydlení díky své blízkosti k centru města a široké nabídce občanské vybavenosti. V okolí se nachází veškeré služby, jako jsou obchody, restaurace, kavárny, školy a školky. Městská hromadná doprava je v oblasti velmi dobře dostupná, zajišťuje rychlé spojení s ostatními částmi města a snadnou dostupnost k pracovním, kulturním a zábavním centrům. (RE/MAX, 2025)

Náklady a podmínky pronájmu

Měsíční nájemné za tento byt činí 21 500 Kč, k této částce se připočítávají zálohy na energie a služby ve výši 3 000 Kč. Při podpisu nájemní smlouvy je požadována vratná kauce ve výši 40 000 Kč. V případě zájmu je zde také možnost si pronájem parkovacího místa za 2 000 Kč měsíčně. (RE/MAX, 2025)



Obrázek 14: Fotografie interiéru bytu č. 1

Zdroj: RE/MAX, 2025

Byt č. 2

Dispozice a vybavení

Bytová jednotka o užitné ploše 62 m² se nachází ve 3. patře cihlového domu bez výtahu. Dispozičně je řešena jako 2+1 se samostatnou šatnou. Pokoje jsou orientovány na severozápad, takže v bytě bude příjemné vnitřní klima i během letních měsíců. Kuchyně je vybavena kuchyňskou linkou včetně sporáku, trouby, digestoře a myčky. Obývací pokoj je zařízen rozkládací sedačkou s úložným prostorem a koberečkem. Ložnice obsahuje velkou skříň a komodu. Předsíň je vybavena skříňkami vyrobenými na míru a botníkem. Šatna nabízí police pro uskladnění věcí. (RE/MAX, 2025)

Technický stav a energetická náročnost

Byt prošel rekonstrukcí a nachází se ve velmi dobrém technickém stavu. V domě jsou nové elektrorozvody v mědi. Energetická náročnost budovy je klasifikována jako třída C, což znamená úspornou spotřebu energie. (RE/MAX, 2025)

Lokalita a občanská vybavenost

Lokalita Brno-Řečkovice nabízí klidné prostředí s dobrou dostupností do centra města. V okolí se nachází veškerá občanská vybavenost, včetně obchodů, pošty, zdravotního střediska, restaurací, škol a školek. Sportovní vyžití je zajištěno v blízkosti domu, kde se nachází sportoviště, psí hřiště a cyklostezka. Obchodní centrum je rovněž v blízkosti. Dostupnost MHD je velmi dobrá, zastávka je jen pár kroků od bytu. (RE/MAX, 2025)

Náklady a podmínky pronájmu

Měsíční nájemné činí 17 500 Kč, zálohy na energie a služby pro dvě osoby jsou ve výši 4 000 Kč. Internetové připojení si zajišťuje nájemník sám. Při podpisu nájemní smlouvy je pronajímatel vyžaduje uhradit první měsíční platbu včetně záloh na energie ve výši 21 500 Kč a vratnou kauci ve výši 25 000 Kč. Provize realitní kanceláře činí 21 500 Kč a je splatná při podpisu rezervační smlouvy. (RE/MAX, 2025)



Obrázek 15: Fotografie interiéru bytu č. 2

Zdroj: RE/MAX, 2025

Byt č. 3

Dispozice a vybavení

Byt o užitné ploše 61 m² se skládá z obývacího pokoje, ložnice, kuchyně, koupelny, samostatného WC, předsíně a sklepa. Interiér bytu je v původní v udržovaném stavu, včetně původního vybavení. V bytě jsou nová plastová okna, která přispívají k lepší zvukové a tepelné izolační schopnosti. Vybavení bytu může zůstat, nebo může být byt kompletně vyklizený, podle dohody s pronajímatelem. (RE/MAX, 2025)

Technický stav a energetická náročnost

Byt je v cihlovém domě, který je v dobrém technickém stavu. Energetická náročnost budovy je hodnocena třídou D, takže má průměrnou spotřebu energie. Tento faktor je třeba zohlednit při plánování nákladů na provoz bytu. (RE/MAX, 2025)

Lokalita a občanská vybavenost

Lokalita Brno-Žabovřesky nabízí klidné prostředí s dobrou dostupností do centra města. V okolí se nachází veškerá občanská vybavenost, včetně obchodů, škol, školky a zdravotního střediska. Dostupnost městské hromadné dopravy je přijatelná, což umožňuje snadné spojení s ostatními částmi města. Parkování je dostupné v okolí domu. (RE/MAX, 2025)

Náklady a podmínky pronájmu

Měsíční nájemné činí 18 000 Kč, zálohy na energie a služby jsou ve výši 4 000 Kč. Při podpisu nájemní smlouvy je požadována uhradit vratná kauce ve výši 18 000 Kč. V případě zájmu je možné připojení kabelové televize a internetu. (RE/MAX, 2025)



Obrázek 16: Fotografie interiéru bytu č. 3

Zdroj: RE/MAX, 2025

Byt č. 4

Dispozice a vybavení

Byt o užitné ploše 42 m² se nachází ve 2. nadzemním podlaží cihlového domu. Dispozičně je řešen jako 2+kk. Byt zahrnuje obývací pokoj s kuchyňským koutem, ložnici, koupelnu a předsíň. Interiér bytu je v původní v udržovaném stavu, což umožňuje potencionálnímu nájemníkovi přizpůsobit si prostor dle svých představ. (RE/MAX, 2025)

Technický stav a energetická náročnost

Byt se nachází v cihlovém domě, který je v dobrém technickém stavu. Energetická náročnost budovy je hodnocena třídou G,. Toto znamená, že spotřeba energie je nadprůměrná. Tento faktor je třeba zohlednit při plánování nákladů na provoz bytu. (RE/MAX, 2025)

Lokalita a občanská vybavenost

Lokalita Brno-Starý Lískovec nabízí klidné prostředí s dobrou dostupností do centra města. V okolí se nachází veškerá občanská vybavenost, včetně obchodů, škol, školky a zdravotního střediska. Dostupnost městské hromadné dopravy je přijatelná, což umožňuje snadné spojení s ostatními částmi města. Parkování je dostupné v okolí domu. (RE/MAX, 2025)

Náklady a podmínky pronájmu

Měsíční nájemné činí 16 000 Kč, zálohy na energie a služby jsou ve výši 4 000 Kč. Při podpisu nájemní smlouvy je požadována vratná kauce ve výši 20 000 Kč. V případě zájmu je možné připojení kabelové televize a internetu. (RE/MAX, 2025)

Fotografie interiéru nebyla v době přidávání obrázků již dostupná.

Byt č. 5

Dispozice a vybavení

Byt o užitné ploše 42 m² se nachází ve 2. nadzemním podlaží cihlového domu. Dispozičně je řešen jako 2+kk, což zahrnuje obývací pokoj s kuchyňským koutem, ložnici, koupelnu

a předsíň. Byt nemá žádné vybavení, takže si interiér nájemník může přizpůsobit podle vlastních představ. Byt je vybaven novými plastovými okny a novými plynovými topidly. (RE/MAX, 2025)

Technický stav a energetická náročnost

Byt se nachází v cihlovém domě, který je v dobrém technickém stavu. Energetická náročnost budovy je hodnocena třídou G, tudíž je tato spotřeba energie je nadprůměrná. Tento faktor je třeba zohlednit při plánování nákladů na provoz bytu. (RE/MAX, 2025)

Lokalita a občanská vybavenost

Lokalita Brno-střed nabízí veškerou občanskou vybavenost, včetně obchodů, restaurací, kaváren, škol, školek, zdravotních zařízení a kulturních institucí. Dostupnost městské hromadné dopravy je velmi dobrá, což umožňuje snadné spojení s ostatními částmi města. V okolí se nachází i příjemné parky, které poskytují prostor pro relaxaci a volnočasové aktivity. (RE/MAX, 2025)

Náklady a podmínky pronájmu

Měsíční nájemné činí 13 900 Kč, zálohy na energie a služby jsou ve výši 5 000 Kč pro dvě osoby (každá další osoba +1 000 Kč/měsíc). Při podpisu nájemní smlouvy je požadována vratná kauce ve výši 20 000 Kč. Požaduje se také pojištění nájemníka na vzniklé škody jím způsobené třetí osobě. (RE/MAX, 2025)



Obrázek 17: Fotografie interiéru bytu č. 5

Zdroj: RE/MAX, 2025

2.4 Kritéria jednotlivých bytů

V této podkapitole jsou uvedeny jednotlivé atributy přiřazené konkrétním kritériím.

Byt č. 1	
Výše nájmu	Vysoká
Lokalita	Neutrální
Vratná kauce	Vysoká
Druh objektu	Cihlový
Energetická náročnost	B
Užitná plocha	Střední
Vztah s pronajímatelem	Neutrální
Možnost parkování	Pronájem místa
Dostupnost MHD	Velmi dobrá
Stav objektu	Novostavba

Tabulka 6: Kritéria bytu č. 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Byt č. 2	
Výše nájmu	Průměrná
Lokalita	Neutrální
Vratná kauce	Střední
Druh objektu	Cihlový
Energetická náročnost	C
Užitná plocha	Velká
Vztah s pronajímatelem	Neutrální
Možnost parkování	Dostupné v okolí
Dostupnost MHD	Velmi dobrá
Stav objektu	Velmi dobrý

Tabulka 7: Kritéria bytu č. 2

Zdroj: Vlastní zpracování

Byt č. 3	
Výše nájmu	Průměrná
Lokalita	Neutrální
Vratná kauce	Malá
Druh objektu	Cihlový
Energetická náročnost	D
Užitná plocha	Velká
Vztah s pronajímatelem	Neutrální
Možnost parkování	Dostupné v okolí
Dostupnost MHD	Přijatelná
Stav objektu	Dobrý

Tabulka 8: Kritéria bytu č. 3

Zdroj: Vlastní zpracování

Byt č. 4	
Výše nájmu	Průměrná
Lokalita	Bezpečná
Vratná kauce	Střední
Druh objektu	Cihlový

Energetická náročnost	G
Užitná plocha	Malá
Vztah s pronajímatelem	Neutrální
Možnost parkování	Dostupné v okolí
Dostupnost MHD	Přijatelná
Stav objektu	Velmi dobrý

Tabulka 9: Kritéria bytu č. 4

Zdroj: Vlastní zpracování

Byt č. 5	
Výše nájmu	Nízká
Lokalita	Problematická
Vratná kauce	Střední
Druh objektu	Cihlový
Energetická náročnost	G
Užitná plocha	Malá
Vztah s pronajímatelem	Neutrální
Možnost parkování	Problematické
Dostupnost MHD	Velmi dobrá
Stav objektu	Velmi dobrý

Tabulka 10: Kritéria bytu č. 5

Zdroj: Vlastní zpracování

3 Vlastní návrh řešení

Tato část diplomové práce se zaměřuje na návrh fuzzy modelu, který má za cíl podpořit rozhodovací proces při hodnocení rizik spojených s jednotlivými byty nacházejícími se v lokalitách Brno-střed a Brno-okolí. Hodnocení se zaměřuje na byty určené k pronájmu a všechna kritéria pro zhodnocení jsou definována z perspektivy potenciálních nájemníků. Tento model souží jako nástroj pro kvantitativní i kvalitativní vyhodnocení rizik, které nájemníci při výběru bytu zvažují. Tato hodnocení budou zohledňovat faktory jako jsou lokalita, cena, dostupnost veřejné dopravy, bezpečnost oblasti a další kritéria. Rozhodovací modely jsou vytvořeny pomocí nástrojů MS Excel a MATLAB včetně uživatelského rozhraní.

3.1 Rozhodovací model v MS Excel

V programu MS Excel byla vytvořena transformační matice s využitím vágních pojmů pro hodnocení individuálních parametrů, které slouží k posuzování bytů k pronájmu. Tato matice obsahuje slovní popisy, které přesně charakterizují jednotlivé zvolné faktory pomocí atributů. Vágní jazykové pojmy, jako například „nízká“, „střední“ nebo „vysoká“ pravděpodobnost či dopad, byly zvoleny tak, aby odpovídaly běžnému způsobu uvažování nájemníků, zároveň rovnoměrně pokrývaly hodnotící škálu a umožnily srozumitelné fuzzy výpočty následném modelu.

Transformační matice - slovní popis										
N	Výše nájmu	Lokalita a okolí	Vratná kauce	Druh objektu	Energetická náročnost budovy	Užitná plocha	Vtah s pronajímatelem	Možnost parkování	Dostupnost MHD	Stav objektu
1	Vysoká	bezpečná	žádná	Cihlový	A	Malá	Špatný	Vlastní místo	špatná	Novostavba
2	Průměrná	neutrální	malá	Dřevěný	B	Střední	Neutrální	dostupné v okolí	přijatelná	Velmi dobrý
3	Nízká	problematická	střední	Betonový	C	Velká	Dobry	problematické	velmi dobrá	Dobry
4			vysoká		D			pronajem		Špatný
5					E					
6					F					
7					G					

Tabulka 11: Transformační matice – slovní popis

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí fuzzifikaci byly vágní pojmy převedeny na konkrétní číselné hodnoty. Každému atributu byl přiřazen určitý počet bodů podle jeho důležitosti a váhy při převodu na číselné hodnoty. Tímto způsobem byl vytvořen strukturovaný systém hodnocení, který potencionálnímu nájemníkovi pomůže efektivní rozhodování při výběru nejvhodnějšího bytu. Součástí číselné transformační matice je i pomocná tabulka, která obsahuje minima a maxima jednotlivých kritérií. Tyto hodnoty jsou sečteny pomocí funkce SUMA. V rámci této transformační matice je suma maximálních hodnot rovna 96 bodům, suma minimálních hodnot činí 24 bodů.

Transformační matice - převod na číselnou hodnotu										
N	Výše nájmu	Lokalita a okolí	Vratná kauce	Druh objektu	Energetická náročnost budovy	Užitná plocha	Vtah s pronajímatelem	Možnost parkování	Dostupnost MHD	Stav objektu
1	4	10	4	10	10	3	2	10	2	8
2	8	7	7	7	8	7	4	8	6	10
3	2	3	10	5	6	10	8	2	10	6
4			2		4			6		2
5					3					
6					2					
7					1					
MAX	8	10	10	10	10	10	8	10	10	10
MIN	2	3	2	5	1	3	2	2	2	2
										SUMA
										96
										24

Tabulka 12: Transformační matice – číselné hodnoty

Zdroj: Vlastní zpracování

Zde jsou jednotlivé stavové matice, které byly vytvořeny v programu MS Excel. Tyto matice znázorňují, který faktor se daného bytu týká. Na místech, kde je ve sloupci uvedena 0, není atribut pro byt relevantní. Na místech, kde je ve sloupci uvedena 1, je atribut pro daný byt relevantní. Tato stavová matice byla vytvořena pro každý byt jednotlivě podle splňujících atributů.

Byt č. 1										
N	Výše nájmu	Lokalita a okolí	Vratná kauce	Druh objektu	Energetická náročnost budovy	Užitná plocha	Vtah s pronajímatelem	Možnost parkování	Dostupnost MHD	Stav objektu
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
4			1		0			1		0
5					0					
6					0					
7					0					
Kontrola	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
										Součin
										1

Tabulka 13: Stavová matice byt č. 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Retransformační matice

Retransformační matice je klíčová pro defuzzifikaci, z důvodu umožnění převodu číselných hodnot na slovní popis. Tento proces přiřazuje verbální výrazy jednotlivým procentuálním intervalům, což zlepšuje interpretaci výsledků a činí je srozumitelnějšími.

Tabulka č. 5 znázorňuje škálu rizik spojených s výběrem bytu. Byty s výslednou hodnotou pod 60 % jsou považovány za vysoce rizikové, byty s výslednou hodnotou mezi 80 % a 60 % jsou považovány za byty se středním rizikem. Přijatelné riziko se týká pouze bytu, který má výsledné hodnocení nad 80. Tento model podporuje rozhodování na základě výsledků zadaných kritérií.

Retransformační matice		
N	prcentuální hodnocení	verbální hodnocení
1	100-80%	Byt s přijatelným rizikem
2	79-60%	Byt se středním rizikem
3	59-0%	Byt s vysokým rizikem

Tabulka 5: Retransformační matice

Zdroj: Vlastní zpracování

Stavová matice

Stavová matice zobrazuje aktuální stav jednotlivých kritérií pomocí číselných hodnot 0 a 1. Každé kritérium může mít aktivní pouze jeden atribut. Tento atribut je označen číselnou hodnotou 1, ostatní neaktivní atributy jsou nastaveny na číselnou hodnotu 0. Poslední řádek tabulky slouží ke kontrole, že je v každém sloupci pouze jeden aktivní atribut. Pokud by v daném sloupci bylo více aktivních atributů, nebo žádný, tak se zobrazí „Chyba“.

Byt č. 2										
N	Výše nájmu	Lokalita a okolí	Vratná kauce	Druh objektu	Energetická náročnost budovy	Užitná plocha	Vtáh s pronajímatelem	Možnost parkování	Dostupnost MHD	Stav objektu
1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
3	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
4			0		0			0		0
5					0					
6					0					
7					0					
Kontrola	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
										Součin
										1

Tabulka 14: Stavová matice byt č. 2

Zdroj: Vlastní zpracování

Závěrečné hodnocení

Na závěr se provede výpočet celkového hodnocení, procentuálního hodnocení a stanovení verbálního hodnocení. Celkové hodnocení se získá jako skalární součin číselné transformační matice a stavové matice konkrétního informačního systému. Procentuální hodnocení se vypočítá jako podíl rozdílu mezi celkovým hodnocením a součtem minimálních hodnot transformační matice, a rozdílu mezi součtem maximálních a minimálních hodnot transformační matice. Doporučení je přiděleno na základě procentuálních intervalů retransformační matice.

Byt č. 2	
Celkové hodnocení	83
Celkové hodnocení %	81,94
Doporučení	Byt s přijatelným rizikem

Tabulka 15: Závěrečné hodnocení

Zdroj: Vlastní zpracování

Veškeré hodnoty jsou vypočítány pomocí příslušných funkcí, které také zajišťují kontrolu řádku „Kontrola“ ve stavové matici.

Celkové hodnocení

$$= \text{SOUČIN.SKALÁRNÍ}(C64:L70; C19:L25) \quad (19)$$

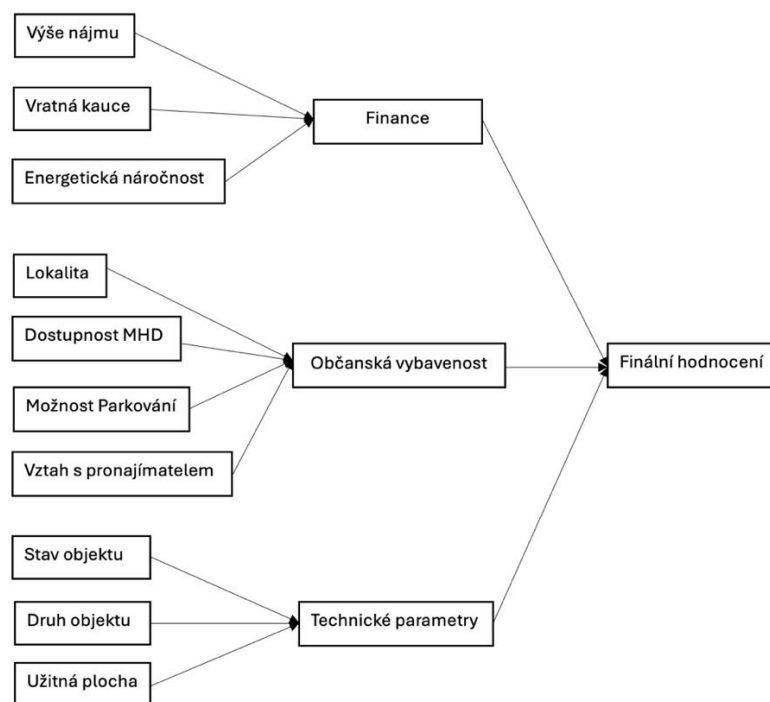
$$\begin{aligned} & \text{Celkové hodnocení \%} \\ = & \text{KDYŽ}(M71 = 1; (G77 - M27)/(M26 - M27) * 100; -100) \quad (20) \end{aligned}$$

3.2 Rozhodovací model v MATLABu

V rámci implementace fuzzy logiky v MATLABu je použit model Mamdani pro efektivní rozhodování při výběru bytu. Tento model se zaměřuje na různé faktory, jako je cena, lokalita, technický stav, dostupnost parkování a hromadné dopravy, které ovlivňují finální volbu při výběru bydlení. Každý faktor bude definován pomocí fuzzy množin (např. cena: nízká, střední, vysoká). Vytvoříme pravidla fuzzy logiky, která spojují vstupy a výstupy. Tyto data budou následně použita k vyhodnocení jednotlivých rizikových faktorů o vhodnosti jednotlivých bytů. Po aplikaci pravidel dojde k inferenci, kde se kombinují výsledky pro získání celkového hodnocení bytu. Jako poslední je použita defuzzifikace, která převádí fuzzy výstupy zpět na konkrétní hodnoty, které budou jednoduše interpretovatelné. Celý tento proces umožňuje objektivně a efektivně rozhodnout, který byt je pro nájemníka nejvhodnější.

Rozdělení jednotlivých bloků

Jednotlivé faktory a jejich atributy jsou organizovány do bloků, tyto bloky usnadňují orientaci při vytváření finálního hodnocení. Faktory jsou rozděleny do tří hlavních oblastí. První tři faktory se zaměřují na finanční náklady, které jsou klíčové pro posouzení ekonomické efektivity, dostupnosti a spadají do bloku finance. Další čtyři faktory spadají do bloku občanské vybavenosti, jež je nezbytná pro komplexní hodnocení rizik při výběru bytu, protože občanská vybavenost má přímý vliv na kvalitu života a komfort obyvatel. Poslední blok zahrnuje technické parametry, které mohou zásadně ovlivnit jak kvalitu samotného bydlení, tak i případné finanční dopady pro potenciálního nájemníka. Každý z těchto faktorů má klíčový význam pro celkové hodnocení rizik a výběr ideálního bytu. Po spojení vyhodnocení jednotlivých oblastí vznikne finální hodnocení.



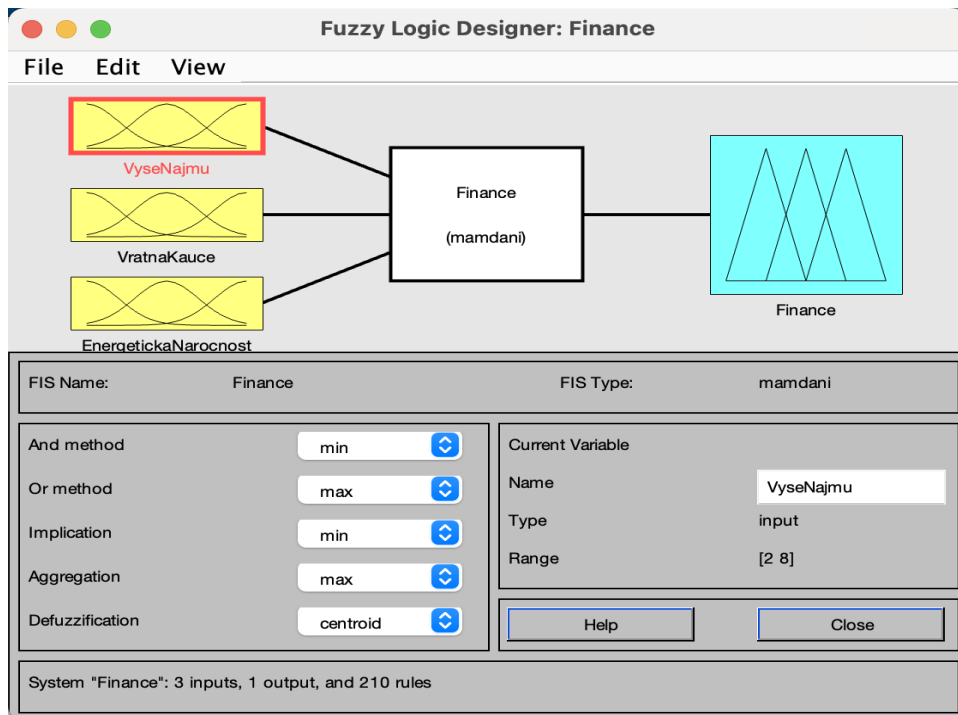
Obrázek 18: Rozdělení jednotlivých bloků

Zdroj: Vlastní zpracování

Po rozdělení jednotlivých faktorů do tří bloků bude blok „Finance“ obsahovat 84 pravidel, blok „Občanská vybavenost“ 108 pravidel a blok „Technické parametry“ 36 pravidel.

Tvorba fis souboru

Soubor fis je vytvořen pomocí Fuzzy Logic Designeru. Pro každý blok zobrazený na obrázku č. 29 je nutné vytvořit soubor .fis. Prvním krokem při vytváření nového souboru je otevření nástroje Fuzzy Logic Designer, tento krok lze provést dvěma způsoby. První způsob je zadání klíčového slova *fuzzy* do příkazového řádku, Druhý způsob je kliknutí na ikonu Fuzzy Logic Designer v hlavní nabídce v záložce APPS. V tomto nástroji je nutné specifikovat typ systému, v rámci této diplomové práce je nastaven na model Mamdani. Potom je třeba definovat vstupy a výstupy. Počet vstupů závisí na počtu kritérií uvedených v daném bloku, přičemž počet výstupů je v této práci vždy pouze jeden. Na obrázku č. 29 je znázorněn blok Finance.

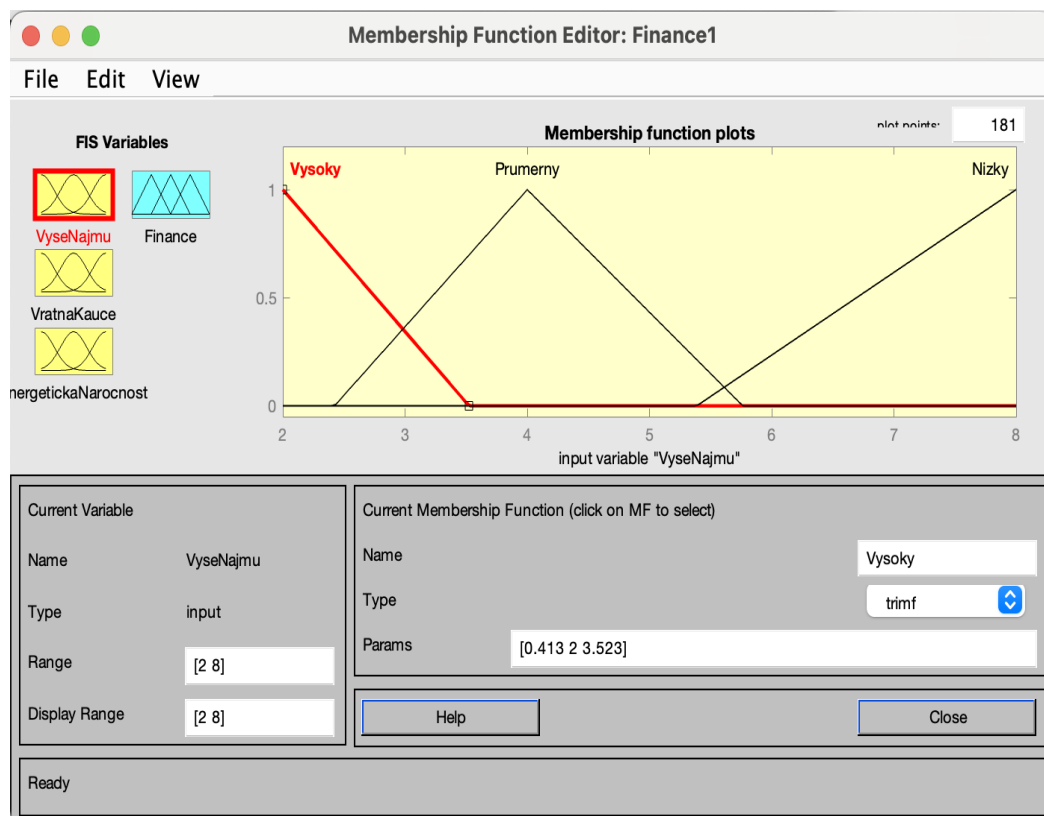


Obrázek 19: Fuzzy Logic Designer – Finance

Zdroj: Vlastní zpracování

Membership Function Editor

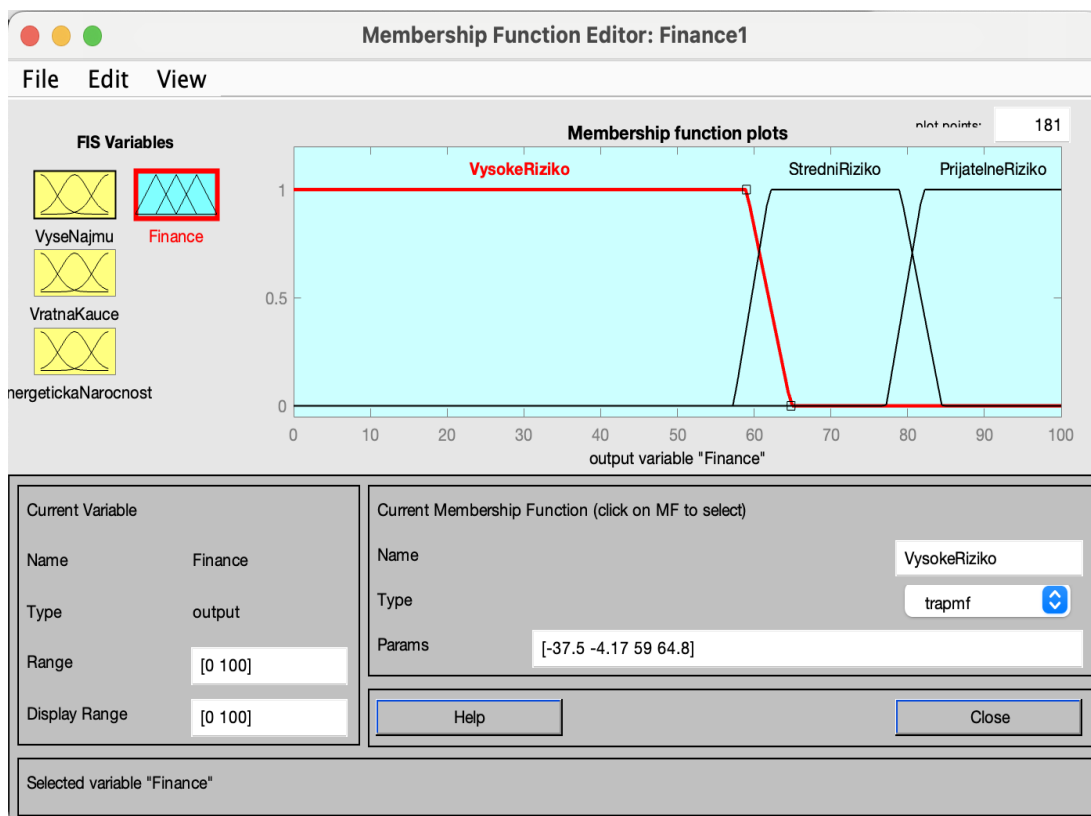
Dalším krokem je definování vstupů a výstupu pomocí funkce Membership Function. Pro otevření editoru funkce lze použít klávesovou zkratku Ctrl+2 nebo dvojitým kliknutím na dané kritérium. V nástroji členství se přiřadí atributy k jednotlivým kritériím, stanoví se jejich rozsah a specifikuje se funkce členství. Na obrázku č. 30 je zobrazeno, že atribut „VratnaKauce“ má čtyři hodnoty, které jsou definovány jako Vysoka, Žádná, Malá a Střední. Funkce použitá pro vytvoření modelu je typu Trimf. Na vertikální ose je zobrazen stupeň příslušnosti, přičemž 0 označuje naprostou nepřislusnost a 1 plnou příslusnost. Tento postup se následně aplikuje na ostatní kritéria.



Obrázek 20: Membership Function Editor – Finance 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Při nastavování výstupní proměnné obrázek č. 31 je důležité definovat rozsah od 0 do 100, aby výsledná hodnota byla následně uvedena v procentech. Jelikož tento výstup bude použit jako vstup do dalšího modelu, je nezbytné nastavit i rozsah tohoto vstupu na hodnoty od 0 do 100.



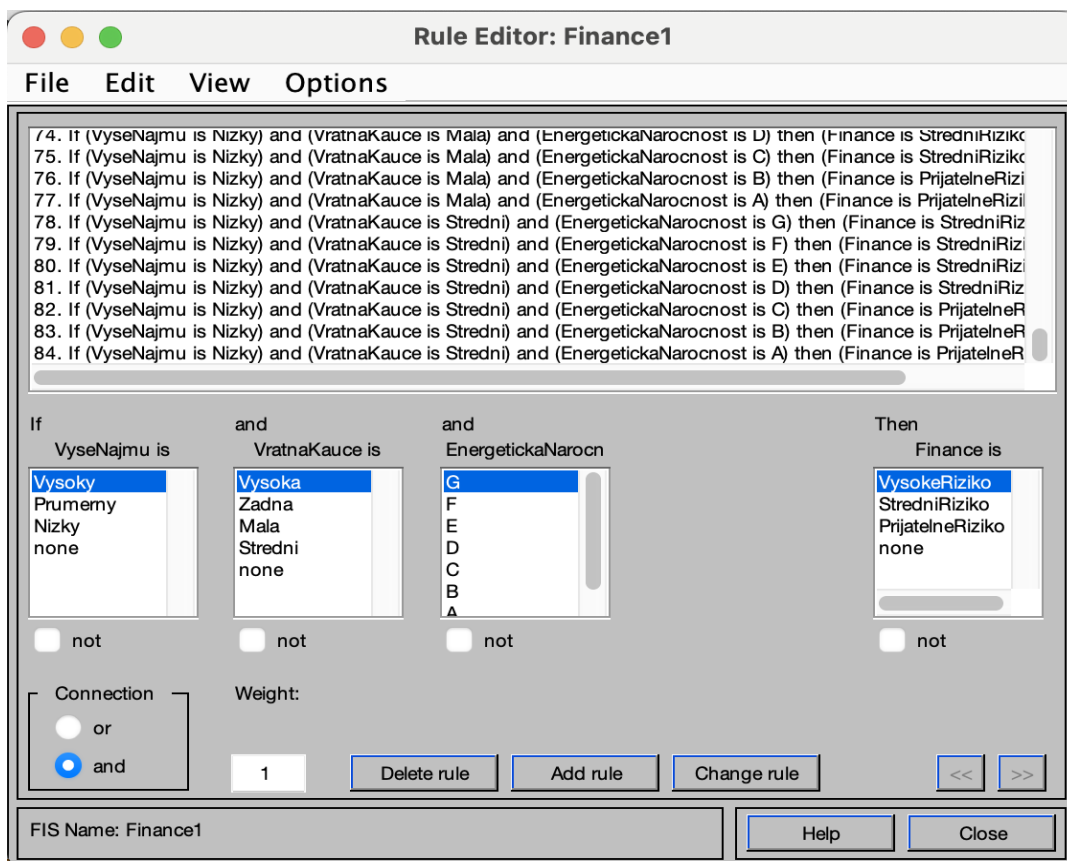
Obrázek 21: Membership Function Editor – Výstup Finance 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Rule Editor

Dalším krokem při vytváření jednotlivých .fis souborů v rámci mé diplomové práce bylo potřeba definovat všechna možná pravidla pro konkrétní blok v rámci fuzzy logického systému. Tato pravidla jsou formulována ve formátu *if-then* a mezi jednotlivými podmínkami a závěry je používán logický operátor AND, který umožňuje kombinovat více zadaných podmínek, které musí být současně splněny, aby došlo k aktivaci pravidla. Vytvářením pravidel docílíme toho, že se rozhodovací model naučí správně reagovat na zadané vstupy a na jejich základě dokáže určit odpovídající výstupy.

V Rule Editor je možné pravidla přidávat, upravovat nebo odstraňovat podle potřeby. Tento nástroj poskytuje volnost při vytváření fuzzy logického systému a umožňuje experimentovat s různými variantami pravidel, které mohou ovlivnit celkový výstup modelu. Obrázek č. 32 zobrazuje pravidla vytvořená pro blok "Finance", který obsahuje 84 pravidel. Počet pravidel se určuje na základě vynásobení počtu atributů z každého kritéria v daném bloku.



Obrázek 22: Rule Editor – Finance 1

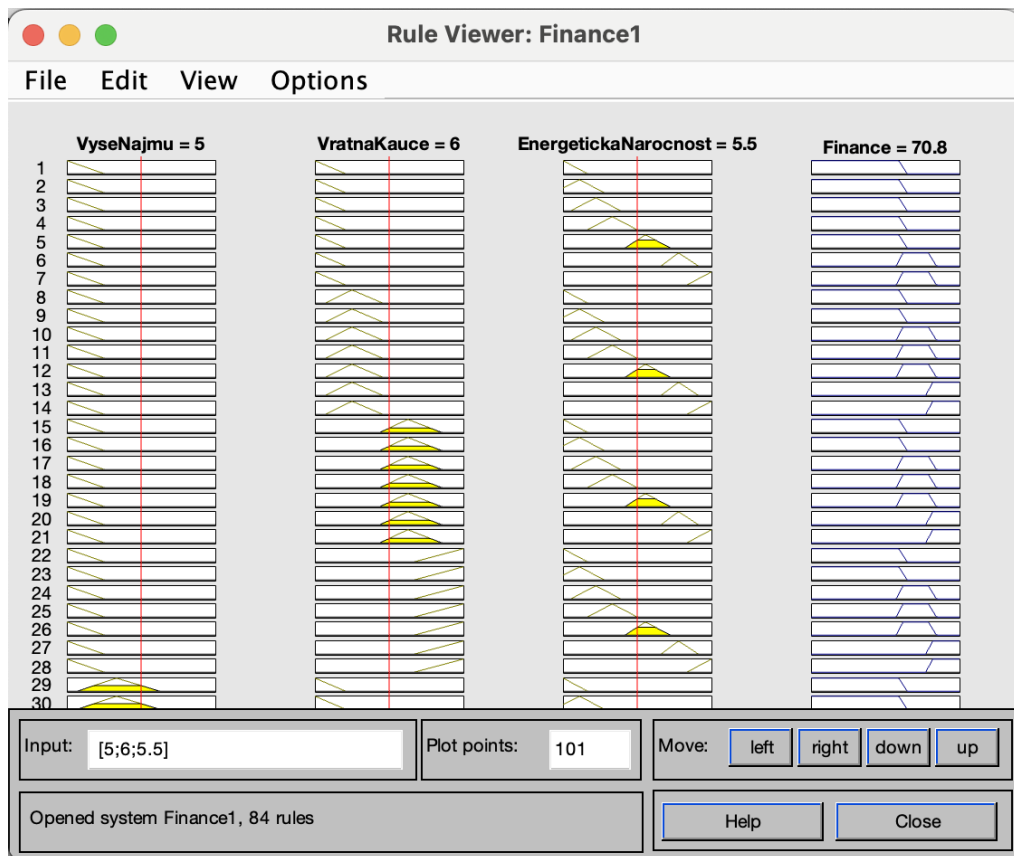
Zdroj: Vlastní zpracování

Rule Viewer

První tři sloupce (VyseNajmu, VratnaKauce, EnergetickaNarocnost) zobrazují zadané vstupy systému, které jsou na základě hodnoty vizualizovány pomocí fuzzy množin. Každý z těchto sloupců zobrazuje členství vstupů v různých fuzzy množinách, které odpovídají fuzzy pravidlům. Například sloupec pro "VyseNajmu" ukazuje, jak se hodnota 5 mapuje na fuzzy množiny, což je určeno podle připojených čárových grafů.

Pravý sloupec zobrazuje výstupní proměnnou "Finance", která je výsledkem aplikace pravidel fuzzy logického systému na dané vstupy. V tomto sloupci jsou graficky zobrazeny možné výstupy systému v závislosti na aktivovaných pravidlech.

V poli "Input" jsou uživateli zobrazeny hodnoty vstupů ve formátu [5; 6; 5.5]. Tento nástroj umožňuje měnit vstupy a sledovat, jak změny ovlivňují výstupy systému.

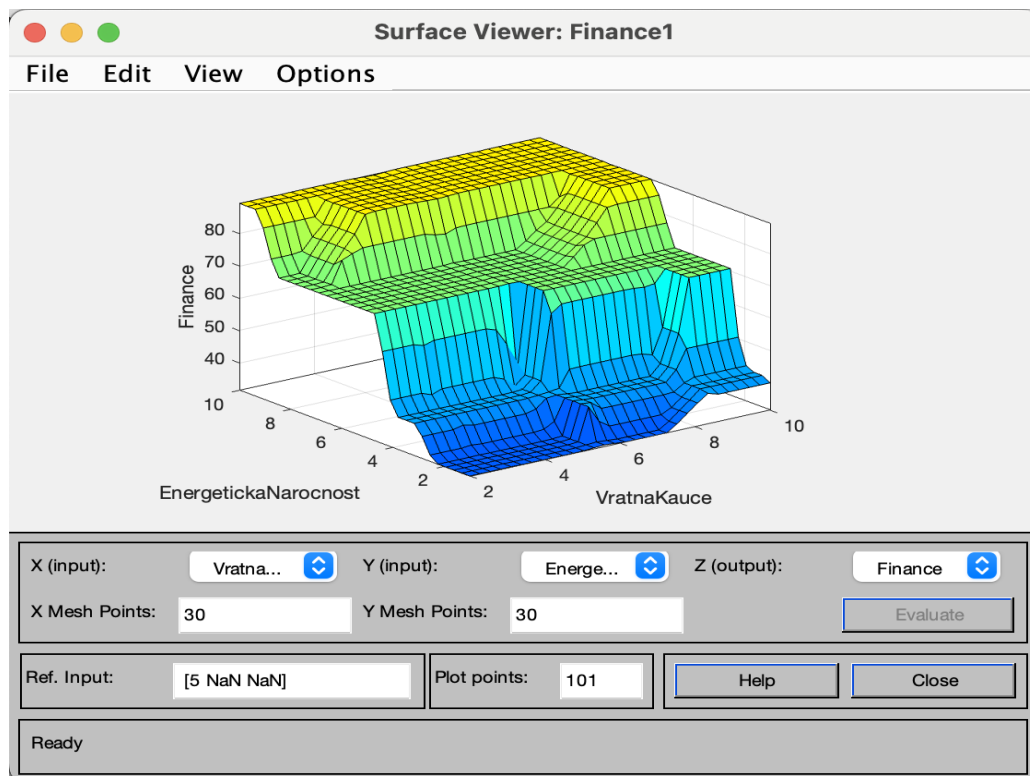


Obrázek 23: Rule Viewer – Finance 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Surface Viewer

Surface Viewer umožňuje vizualizaci výstupů fuzzy logického systému v trojrozměrném prostoru, který analyzuje vztah mezi dvěma vstupními proměnnými a jednou výstupní proměnnou. V tomto konkrétním případě jsou zobrazeny vstupní proměnné „VyseNajmu“ (osa X) a „VratnaKauce“ (osa Y), zatímco výstupní proměnná „Finance“ je znázorněna na ose Z. Graf ukazuje, jak se výstupní proměnná mění v závislosti na různých kombinacích vstupních hodnot. Parametry vizualizace lze upravovat v dolní části obrazovky. V sekci X (input) a Y (input) si mohou zvolit, které vstupy budou zobrazeny na osách X a Y a v parametru Z (output) lze vybrat výstupní proměnnou, která bude vykreslena na ose Z. Možnost úpravy *Mesh Points*, které udávají počet bodů, umožňuje změnit rozlišení grafu. Pro tento konkrétní příklad byl zvolen počet bodů 30.



Obrázek 24: Surface Viewer – Finance 1

Zdroj: Vlastní zpracování

Tvorba M-souboru

Pro vyhodnocení pomocí příkazového řádku byl vytvořen m-soubor, skript, který slouží k propojení všech nahraných .fis souborů jednotlivých bloků. Aby se jednotlivé modely načetly je potřeba je nahrát do *Current folder*, následně využijeme funkci *readfis()*. Tato funkce převede fis soubory do *Workspace* a byla zopakována čtyřikrát pro načtení všech modelů. Na obrázku č. 35 je ukázka použitého zdrojového kódu, který prakticky znázorňuje, jak tento proces načítání souborů vypadá v praxi.

```

modelFinance = readfis("Finance1.fis");
modelObcanskaVybevanost = readfis("ObcanskaVybevanost1.fis");
ModelTechnickeParametry = readfis("TechnickeParametry1.fis");
ModelFinalniHodnoceniDP = readfis("FinalniHodnoceni1.fis");

```

Obrázek 25: Načtení .fis souborů

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně byly jednotlivé uživatelské vstupy přiřazeny k jednotlivým proměnným pomocí funkce `input()`. Každý jednotlivý atribut je mapován na číselnou hodnotu, která zjednodušuje zadávání údajů uživatelem a zároveň pomáhá minimalizovat chyby při zadávání. Pro zajištění správnosti zadání je použit cyklus `while`, který uživatele upozorní na chybu větou „Zadali jste špatné číslo, zadejte znovu.“. Pokud je hodnota mimo povolený rozsah, uživatel je vyzván k opětovnému zadání, dokud nezadá správnou. Funkce `end` ukončuje cyklus, jakmile je zadána platná hodnota.

```

VyseNajmu = input("Zadejte číslo pro výši nájmu (2 - nízký, 4 - vysoký, 8 - průměrný)");
while VyseNajmu <2 || VyseNajmu >8
    disp("Zadali jste špatné číslo, zadejte znovu.")
    VyseNajmu = input("Zadejte číslo pro výši nájmu");
end

```

Obrázek 26: Načtení hodnot do kritéria

Zdroj: Vlastní zpracování

V následující části skriptu probíhá vyhodnocení fuzzy modelu pomocí funkce `evalfis()`. Tato funkce pracuje se dvěma parametry. Prvním parametrem je proměnná, která obsahuje fuzzy model načtený v předchozím kroku, a druhým parametrem je pole, které zahrnuje uživatelské vstupy získané v předchozím kroku. Výstupy z těchto jednotlivých podsystémů jsou následně uloženy do nových proměnných. Tyto nově vytvořené proměnné pak slouží jako vstupy pro finální vyhodnocení celkového fuzzy systému. Výsledná hodnota je uložena do proměnné celkového výsledku.

```

vysvedekFinance = evalfis(modelFinance, [VyseNajmu, VratnaKauce, EnergetickaNarocnostBudovy]);
vysledekObcanskaVybavenost = evalfis(modelObcanskaVybavenost, [LokalitaAOkoli, DostupnostMHD, MoznostParkovani, VztahSPronajimatelem]);
vysledekTechnickeParametry = evalfis(ModelTechnickeParametry, [StavObjektu, DruhObjektu, UzitnaPlocha]);
vysledek = evalfis(ModelFinalniHodnoceniDP, [vysvedekFinance, vysledekObcanskaVybavenost, vysledekTechnickeParametry]);

```

Obrázek 27: Výpočet fuzzy systému

Zdroj: Vlastní zpracování

Pomocí konstrukce `if`, `elseif`, `else` kódu je vyhodnocena hodnota proměnné a na základě této hodnoty přiřazuje odpovídající stav. Pokud je hodnota „výsledek“ menší než 59, zobrazí se text "Byt s vysokým rizikem". Pokud je hodnota „výsledek“ menší než 79, kód automaticky vypíše "Byt se středním rizikem". Pokud je hodnota vyšší nebo rovna 80 kód automaticky vypíše „Byt s přijatelným rizikem. Tento proces je znázorněn na obrázku č. 38, který ukazuje odpovídající kód.

```
disp ("Celkový výsledek")
disp (výsledek)
if výsledek<60
    disp("Byt s vysokým rizikem")
elseif výsledek<80
    disp("Byt se středním rizikem")
else
    disp("Byt s přijatelným rizikem")
end
```

Obrázek 28: Zadání závěrečného hodnocení

Zdroj: Vlastní zpracování

4. Porovnání výsledků řešení

Tato část diplomové práce přiřazuje atributy jednotlivým kritériím. Kritéria a atributy byly vypracovány na základě osobních zkušeností a praktických poznatků, přičemž hodnocení rizik jednotlivých kritérií při výběru vhodného bytu pro bydlení z pohledu nájemníka vychází z vlastní praxe a zjištění, která autorka nabyla v průběhu studia a každodenního života.

4.2 Vyhodnocení pomocí MS Excel

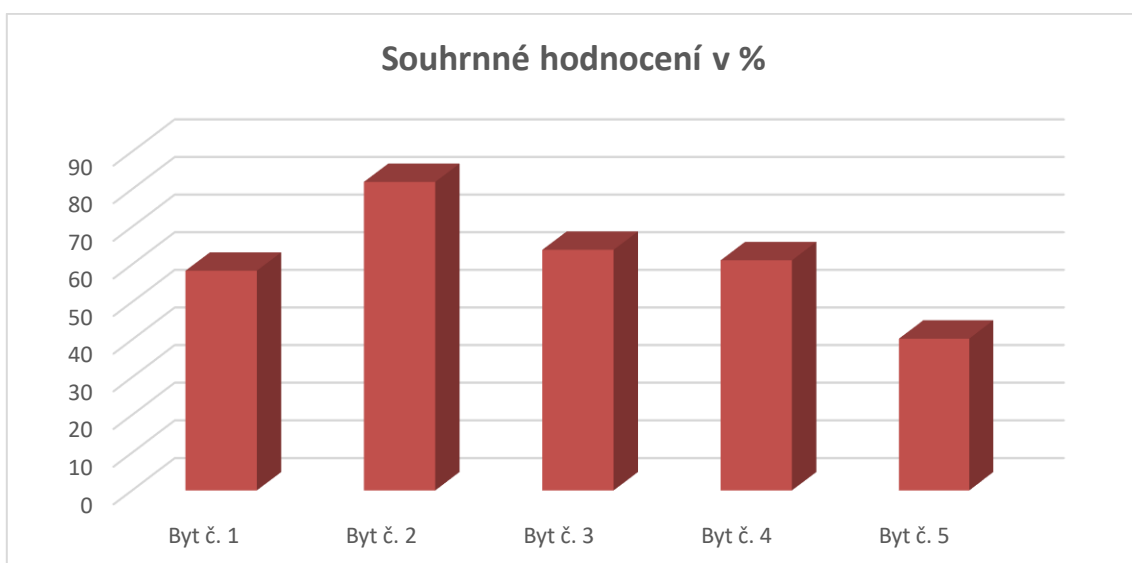
V následující tabulce č. 21 jsou uvedeny výsledky hodnocení rizik pro jednotlivé byty. Byt s přijatelným rizikem byl vyhodnocen na základě zadaných kritérií pouze jeden a to byt č.2 s hodnocením 81,94%. Tento byt je z pohledu nájemníka nejméně rizikový a rizika jsou v rámci běžných každodenních rizik, které nebudou mít vliv na kvalitu života potenciálního nájemníka. Byt č. 3 a byt č. 4 jsou vyhodnoceny jako byty se středním rizikem. Zde je vhodné zvážit, jaké má potenciální nájemník případné finanční rezervy a jak moc mohou nevyhovující kritéria ovlivnit komfort jeho života. Byt č. 1 a byt č. 5 byly vyhodnoceny jako byty s vysokým rizikem, tudíž by se jim měl potenciální nájemník úplně vyvarovat.

Souhrnné hodnocení v %			
N	Byty	Hodnota v %	Doporučení
1	Byt č. 1	58,33	Byt s vysokým rizikem
2	Byt č. 2	81,94	Byt s přijatelným rizikem
3	Byt č. 3	63,89	Byt se středním rizikem
4	Byt č. 4	61,11	Byt se středním rizikem
5	Byt č. 5	40,28	Byt s vysokým rizikem

Tabulka 16: Souhrnné hodnocení v %

Zdroj: Vlastní zpracování

V následujícím grafu je uvedeno grafické znázornění souhrnného hodnocení pomocí MS Excel jednotlivých bytů na základě zadaných kritérií.



Graf 1: Souhrnné hodnocení v %

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě souhrnných hodnocení bytů lze konstatovat, že byt č. 2, s hodnotou 81,94 %, je považován za byt s přijatelným rizikem, což jej činí nejstabilnějším a nejbezpečnějším objektem. Byty č. 3 a č. 4, s hodnotami 63,89 % a 61,11 %, spadají do kategorie „středního rizika“. Naopak byty č. 1 a č. 5, s hodnotami 58,33% a 40,28 %, vykazují vysoké riziko. Tento přehled umožňuje snadnou orientaci při výběru bytu, přičemž byt č. 2 je nejlepší volbou.

4.4 Vyhodnocení pomocí MATLAB

Všechna kritéria představující rizikové faktory byly aplikovány rovněž do softwaru MATLAB.

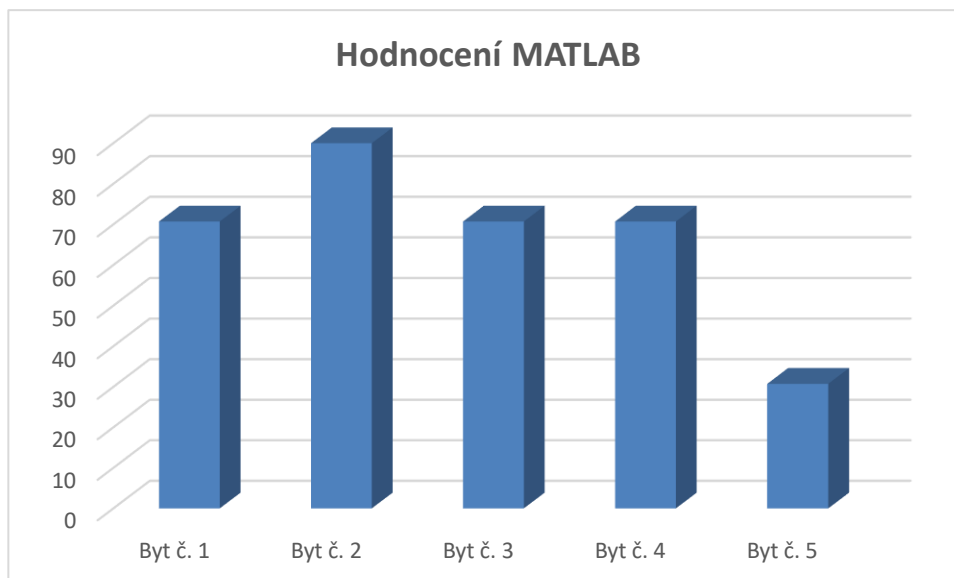
Hodnocení MATLAB			
N	Byty	Hodnota v %	Doporučení
1	Byt č. 1	70.71	Byt se středním rizikem
2	Byt č. 2	89.99	Byt s přijatelným rizikem
3	Byt č. 3	70.71	Byt se středním rizikem
4	Byt č. 4	70.71	Byt se středním rizikem
5	Byt č. 5	30.73	Byt s vysokým rizikem

Tabulka 17: Hodnocení pomocí systému MATLAB

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky hodnocení jednotlivých bytů na základě fuzzy modelu v MATLABu ukazují následující klasifikaci rizik. Byt č. 1 je hodnocen hodnotou 70,71 % a spadá do kategorie "Byt se středním rizikem". Byt č. 2 dosahuje hodnoty 89,99 %, což jej řadí jako jediný do kategorie "Byt s přijatelným rizikem". Byt č. 3 je vyhodnocený na hodnotu 70,71 %, tato hodnota rovněž patří do kategorie "Byt se středním rizikem". Podobně Byt č. 4 dosáhl hodnoty 70,71 %, tudíž jej také klasifikuje jako "Byt se středním rizikem". Naopak Byt č. 5, s hodnotou 30,73 %, je hodnocen jako "Byt s vysokým rizikem".

Pro zajištění lepší přehlednosti jsou výsledky hodnot v % zobrazeny graficky.



Graf 2: Hodnocení MATLAB

Zdroj: Vlastní zpracování

4.5 Porovnání výsledků MS Excel a MATLAB

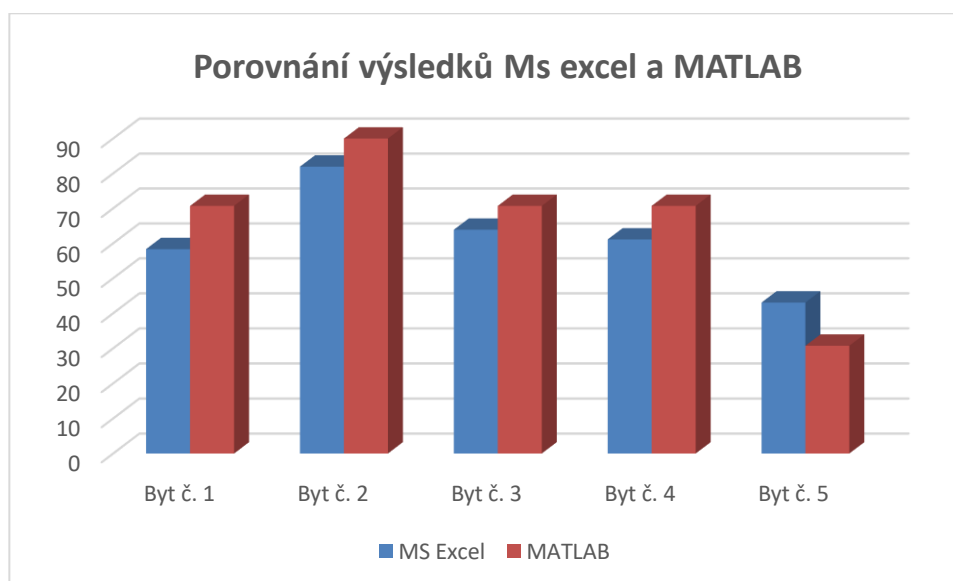
Porovnání výsledků na základě rozhodovacích modelů v MS Excel a MATLAB ukazuje, že hodnoty v obou modelech jsou velmi podobné, i když s několika rozdíly. Největší rozdíl byl zaznamenán u bytu č. 1, kde v MS Excelu byla hodnota 58,33 %, zatímco v MATLABu dosáhla hodnota 70,71 %, což bylo hodnoceno jako „Byt se středním rizikem“ v MATLABu, oproti „Bytu s vysokým rizikem“ v MS Excel. Druhý větší rozdíl se týká bytu č. 5, kde MS Excel vyhodnotil hodnotu na 43,06 %, zatímco v MATLABu byla hodnota výrazně nižší, konkrétně 30,73 %. V obou případech je byt hodnocen jako „Byt s vysokým rizikem“. U bytů č. 2, 3 a 4 byly rozdíly mezi hodnotami v obou modelech okolo 10%.

Porovnání výsledků					
		MS Excel		MATLAB	
N	Byty	Hodnota v %	Doporučení	Hodnota v %	Doporučení
1	Byt č. 1	58,33	Byt s vysokým rizikem	70,71	Byt se středním rizikem
2	Byt č. 2	81,94	Byt s přijatelným rizikem	89,99	Byt s přijatelným rizikem
3	Byt č. 3	63,89	Byt se středním rizikem	70,71	Byt se středním rizikem
4	Byt č. 4	61,11	Byt se středním rizikem	70,71	Byt se středním rizikem
5	Byt č. 5	43,06	Byt s vysokým rizikem	30,73	Byt s vysokým rizikem

Tabulka 18: Porovnání výsledků MS Excel a MATLAB

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro zajištění lepší přehlednosti jsou výsledky hodnot v % zobrazeny graficky.



Graf 3: Porovnání výsledků MS Excel a MATLAB

Zdroj: Vlastní zpracování

4.6 Zhodnocení výsledků

Porovnání výsledků na základě rozhodovacích modelů v MS Excel a MATLAB je vidět, že oba modely poskytují podobné výsledky, přičemž mezi nimi existují určité rozdíly. Největší rozdíl byl zaznamenán u bytu č. 1, kde v MS Excelu byla hodnota 58,33 %, zatímco v MATLABu byla hodnota vyšší a dosáhla 70,71 %. Tento rozdíl vedl k tomu, že byt č. 1 byl v MS Excelu hodnocen jako „Byt s vysokým rizikem“, zatímco v MATLABu byl zařazen do kategorie „Byt se středním rizikem“. Rozdíl mezi hodnotami v hodnocení může být způsoben různými metodologickými přístupy, které oba nástroje používají k výpočtu výsledných hodnot, a také konkrétními algoritmy fuzzy logiky v MATLABu, které umožňují přesnější hodnocení.

Druhý významný rozdíl se týká bytu č. 5. V MS Excelu byla hodnota tohoto bytu stanovena na 43,06 % a spadl do hodnocení „Byt s vysokým rizikem“, v MATLABu byla hodnota nižší, konkrétně 30,73%. Tento rozdíl může být způsoben konkrétním nastavením rozhodovacích parametrů v obou modelech.

U bytů č. 2, 3 a 4 byly rozdíly mezi hodnotami v obou modelech relativně malé a pohybovaly se okolo 10 %. Tyto byty byly v obou modelech zařazeny do kategorie „Byt se středním rizikem“ (byty č. 3 a 4) a „Byt s přijatelným rizikem“ (byt č. 2), což ukazuje, že oba modely přistupují k hodnocení těchto bytů velmi podobně. Byt č. 2 byl jako jediný vyhodnocen jako „Byt s přijatelným rizikem“ v obou modelech. Hodnota v MS Excelu byla 81,94 %, v MATLABu 89,99. Tento byt je považován za nejméně rizikový mezi všemi hodnocenými byty.

V obou rozhodovacích modelech se tedy potvrdilo, že byt č. 2 je nejlepší volbou pro nájemníka, protože dosáhl nejvyšší hodnoty hodnocení. Naopak byty č. 1 a č. 5 nesou nejvyšší riziko a v obou modelech by se jim nájemníci měli zcela vyhnout.

4.7 Opatření ke snížení rizik

Cílem této kapitoly je navrhnout opatření, která mohou snížit rizika spojená s nájemním bydlením na rezidenčním trhu. Opatření se zaměří na jednotlivé rizikové faktory, které slouží jako vstupní data do rozhodovacích modelů.

Příliš vysoké nájemné

- Pro snížení rizik spojených s vysokými náklady na nájem je vhodné implementovat kontrolní mechanismy, které budou ceny nájmu odvozovat od regionálních průměrů a úrovně dostupnosti služeb v dané lokalitě. Transparentní vyjednávání a možnost uzavírat flexibilní nájemní smlouvy mohou přispět k efektivnějšímu řízení nákladů ze strany nájemců.
- Zavedení pravidel, která by určovala maximální výši nájemného v poměru k příjmu nájemníka (např. v rozmezí 30–40 %), by mohlo sloužit jako ochrana proti finančním rizikům. Měsíční nájem by měl odpovídat reálným finančním možnostem nájemníka, Tato prevence slouží proti zadlužení nájemníka.

Nevhodná lokalita

- Nájemník by měl využít dostupné zdroje k provedení analýzy bezpečnostní situace v dané lokalitě, což mu umožní lépe posoudit potenciální rizika spojená s bydlením v této oblasti. Tato analýza by měla zahrnovat informace o kriminalitě, bezpečnostních opatřeních a dalších faktorech, které mohou ovlivnit jeho rozhodnutí o volbě bydlení.
- Pronajímatel by může poskytnout podrobné informace o kriminalitě v lokalitě. Následně zpracovaná Fuzzy logika může pomoci kvantifikovat subjektivní pocity nájemníka o bezpečnosti a umožnit predikci negativního vlivu nízké bezpečnosti na komfort bydlení.

Vysoká vratná kauce

- Návrh na opatření může být požadavek na snížení vratné kauce maximálně jeden až dva měsíční nájem. To opatření umožní snadnější vstup na trh nájemního bydlení a zamezí finančním bariérám pro nájemníka.
- Opatření může také zahrnovat jasně definované podmínky pro vrácení kauce při ukončení nájemní smlouvy. Toto opatření minimalizuje riziko právních problémů mezi nájemníkem a pronajímatelem. Použití právních nástrojů jako je pojištění proti škodám na majetku je doporučeným řešením pro pokrytí rizik.

Druh objektu

- V cihlových objektech bývá problém s vlhkostí, zejména pokud není dostatečně chráněna proti vlhkosti ze země. Nájemníci by měli v rámci opatření ke snížení rizika dbát na správné větrání bytu, aby se zabránilo srážení vlhkosti na stěnách a kolem oken. Pokud se objeví praskliny v zdivu, je na místě to okamžitě nahlásit pronajímateli, aby se předešlo dalšímu poškození struktury budovy a větším komplikacím.

Energetická náročnost budovy

- Zavedení opatření zaměřených na zlepšení energetické náročnosti budov je na straně pronajímatele. Bere se zde v potaz zateplení, výměna oken, instalace energeticky úsporných zařízení a moderní topný systém. Energetická třída budovy (A-B) je rozhodně doporučená při výběru nájemního bydlení.
- Pro nájemníky by měl být k dispozici přístup k energetickým auditům, které detailně posuzují náklady na provoz budovy a mohou nabídnout doporučení na adekvátní úspory energie.

Užitná plocha

- Vhodným opatřením může být možnost úpravy dispozice bytu dle přání nájemníka, což zlepší funkčnost prostoru pro každodenní život.

Vztah s pronajímatelem

- V rámci opatření ke snížení rizika je vhodné si nastavit jasný komunikační kanál mezi pronajímatelem a nájemníkem, který zahrnuje pravidelný kontakt a zajištění rychlé reakce na požadavky.

Možnost parkování

- V lokalitách s vysokým počtem nájemních bytů je možné pronajímatel zvažili zajištění vyhrazeného parkovacího místa ke konkrétnímu bytu, to sníží riziko časové náročnosti při hledání parkování a zajistí nájemníkovi dané parkovací místo. Vhodným opatřením může být i možnost pronájmu parkovacího místa za předem stanovený příplatek.

Dostupnost MHD

- V případě rizika špatné dostupnosti městské hromadné dopravy je klíčovým opatřením pečlivý výběr lokality bytu. Jelikož dostupnost MHD není faktor, který lze změnit na základě umístění konkrétního bytu, musí nájemník zvážit své možnosti a rozhodnout, do jaké míry je ochoten akceptovat případné kompromisy v oblasti dopravy.

Stav objektu

- Opatřením proti tomuto riziku je pravidelná kontrola a údržba budovy. Tyto kontroly by měly zahrnovat vizuální inspekce zaměřené na klíčové části budovy, jako jsou okna, střecha, stav omítek, podlahy a další konstrukční prvky. V případě, že se stav budovy zhoršuje, je vhodné pro nájemníka hledat nové bydlení nebo byt v budově, která není v dobrém stavu vůbec nezvažovat.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo analyzovat rizika spojená s výběrem nájemního bydlení a aplikovat rozhodovací modely na rezidenčním trhu za využití fuzzy logiky. V práci byly vytvořeny dva rozhodovací modely, které slouží k hodnocení rizik jednotlivých bytů na základě kritérií, jako jsou výše nájmu, lokalita, technický stav nemovitosti, energetická náročnost a vztah s pronajímatelem. Modely byly implementovány v prostředí MS Excel a MATLAB, výsledky hodnocení rizik v obou prostředích ukázaly rozdíly v jejich přístupu k hodnocení rizikových faktorů.

První část práce se zaměřila na teoretické aspekty hodnocení rizik a aplikace fuzzy logiky na rozhodovací procesy. Fuzzy logika, která je založena na hodnocení hodnot v procentech a na základě jazykových kategorií jako „nízké“, „střední“ nebo „vysoké“ riziko, byla použita k modelování vágních pojmů, které jsou součástí rozhodování, a kde přesné kvantitativní údaje nejsou k dispozici. Tento přístup umožnil zpracovat vstupy, které jsou často subjektivní povahy, jako například hodnocení vztahu s pronajímatelem. Další část práce se zaměřila na praktickou aplikaci fuzzy logiky a analýzu rizik pomocí MS Excel a MATLAB. Vytvořené modely byly aplikovány na konkrétní bytové jednotky. Rizikovitost daných bytových jednotek byla hodnocena na základě definovaných kritérií. Výsledky ukázaly, že v obou modelech byly hodnoty hodnocení rizik podobné, avšak s několika významnými rozdíly, které byly způsobeny rozdílnými analytickými metodami a algoritmy fuzzy logiky použitými v každém ze zmiňovaných nástrojů.

V obou rozhodovacích modelech se ukázalo, že byt č. 2 je pro nájemníka nejlepší volbou, protože dosáhl nejvyššího hodnocení, a tedy přijatelného rizika. Největší rozdíl mezi výsledky v MS Excel a MATLABu byl zaznamenán u bytu č. 1. Tento rozdíl ukazuje na odlišnosti v hodnocení neostroty a neurčitosti mezi oběma nástroji. MS Excel použil jednodušší metody pro stanovení rizika, zatímco MATLAB implementoval pokročilejší fuzzy model.

Všechny výsledky hodnocení byly znázorněny graficky, které umožnily lepší vizualizaci výsledků a jednodušší přehled mezi jednotlivými byty. Grafické znázornění zjednodušilo interpretaci výsledků a poskytlo užitečné informace pro nájemníky při rozhodování o výběru vhodného bydlení.

Závěrem lze konstatovat, že oba nástroje, MS Excel i MATLAB, poskytují užitečné nástroje pro hodnocení rizik spojených s výběrem nájemního bydlení. Přestože mezi výsledky jsou určité rozdíly, obě metody umožňují posoudit rizika na základě různých kritérií a poskytují nájemníkům užitečné informace při rozhodování.

Celkově lze konstatovat, že aplikace fuzzy logiky v analýze rizik je účinným nástrojem pro rozhodování na rezidenčním trhu, ať už prostřednictvím modelu v MS Excelu, nebo modelu MATLAB.

Seznam použité literatury

DOSTÁL, Petr. *Advanced decision making in business and public services*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, Petr. *Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-605-8.

DOSTÁL, Petr. *Soft computing v podnikatelství a veřejné správě*. Díl I., Teorie. Brno: Akademické nakladatelství CERM®, 2015. ISBN 978-80-7204-896-0.

FOTR, Jiří a SOUČEK, Ivan. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. Expert. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.

GRASSEOVÁ, Monika (ed.). *Efektivní rozhodování: analyzování, rozhodování, implementace a hodnocení*. Brno: Edika, 2013. ISBN 978-80-266-0179-1.

HNILICA, Jiří a FOTR, Jiří. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. Expert. Praha: Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-2560-4.

JURA, Pavel. *Fuzzy logika v modelování a řízení dynamických systémů: současný stav, perspektivy a výuka = Fuzzy logic in modelling and control of dynamic systems: state of the art, perspective and education: teze přednášky k profesorskému jmenovacímu řízení v oboru Technická kybernetika*. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. Habilitační a inaugurační spisy. Brno: VUTĪUM, 2005. ISBN 80-214-3019-2.

JURA, Pavel. *Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování*. Brno: VUTĪUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.

KORECKÝ, Michal a TRKOVSKÝ, Václav. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Expert. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.

MOHAN, Chander. *An introduction to fuzzy set theory and fuzzy logic*. London: MV Learning, [2015]. ISBN 978-81-309-2751-0.

PAVLÍČEK, Michal. *Fuzzy model rozhodování investora do fotovoltaických technologií v předprojektční fázi*. Vědecké spisy Vysokého učení technického v Brně. PhD Thesis. [V Brně]: [Vysoké učení technické], [2016]. ISBN 978-80-214-5348-7.

POKORNÝ, Miroslav. *Umělá inteligence v modelování a řízení*. Praha: BEN – technická literatura, 1996. ISBN 80-901984-4-9.

RAIS, Karel a DOSKOČIL, Radek. *Risk management: studijní text pro kombinovanou formu studia*. Učební texty vysokých škol. Brno: CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3510-0.

RAIS, Karel; SOJKA, Zdeněk a DOSTÁL, Petr. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: pro manažery, specialisty, podnikatele a studenty: konkrétní příklady využití metod v praxi*. Expert. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1338-1.

SEDLÁČEK, Jiří a ŠMÍD, Radislav. *MATLAB v měření*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02851-8.

SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3., rozš. a aktualiz. vyd. Expert. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3051-6.

VLACHÝ, Jan. *Řízení finančních rizik*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, c2006. ISBN 80-86754-56-1

VOPĚNKA, Petr. *Nová infinitní matematika*. II., Nová teorie množin a polomnožin. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2986-5.

VYCHOPĚŇ, Jiří. *Nemovitě věci v podnikání*. 5. vydání. 310 otázek & odpovědí z praxe. Praha: Wolters Kluwer, 2023. ISBN 978-80-7676-661-7.

MANAGEMENTMANIA. Risk management. 2018. [Online]. [cit. 2025-01-4]. Dostupné z:

<https://managementmania.com/cs/rizeni-rizik>.

OPERACE S FUZZY MNOŽINAMI. MI-MPI cvičení 10 handout 2019. Verze souboru: 2018-12-13 08:58. Dostupné z: https://kam.fit.cvut.cz/deploy/mi-mpi/mi-mpi-cviceni-30-fuzzy-handout.pdf?utm_source=chatgpt.com. [cit. 2025-01-10].

MATLAB Fuzzy Toolbox. masulli-francesco. [Online]. [cit. 2025-01-4]. Dostupné z: <https://person.dibris.unige.it/masulli-francesco/lectures/ML-CI/lectures/MATLAB%20fuzzy%20toolbox.pdf>

Petrosino, A; Loia, V; Pedrycz W; (Eds.). *Fuzzy Logic and Soft Computing Applications: 11th International Workshop, WILF 2016 Naples, Italy, December 19–21, 2016 Revised Selected Papers*; Springer Nature: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland, 2017. ISBN 978-3-319-52961-5

KOVA Reality. *Definice pojmu byt*. 2024. [Online]. [cit. 2025-01-14]. Dostupné z: <https://www.kova.cz/slovník-pojmu/byt/> (accessed Jan 14, 2025).

APTIEN. *Co je to matice rizik?*. 2025. [Online]. [cit. 2025-02-12]. Dostupné z: <https://aptien.com/cs/kb/articles/what-is-risk-matrix>

RE/MAX. *Historie*. [bez data]. [Online]. [cit. 2025-03-3]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/historie-remax>

KNIGHT FRANK. *Rezidenční trh*. [bez data]. [Online]. [cit. 2025-04-02]. Dostupné z: https://knightfrankprostory.cz/slovník-pojmu/rezidencni-trh?utm_source=chatgpt.com

MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ ČR. *Pětina Čechů vnímá náklady na byt jako velkou zátěž. MMR začalo vydávat pravidelnou Zprávu o dostupnosti bydlení*. 2024. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://mmr.gov.cz/cs/ostatni/web/novinky/petina-cechu-vnima-naklady-na-byt-jako-velkou-zate?utm_source=chatgpt.com

HIPOINDEX. *Lokalita a infrastruktura: Jaké jsou významné faktory při výběru bydlení.* 2024. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://www.hypoindex.cz/tiskove-zpravy/47555/?utm_source=chatgpt.com

DTEST. *Kauce při sjednávání nájmu bytu.* 2017. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://www.dtest.cz/clanek-5646/kauce-pri-sjednávání-najmu-bytu?utm_source=chatgpt.com

PRŮMYSL.INFORM. *Jaká je životnost paneláků? Záleží na materiálu a správné péči.* 2025. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: <https://prumysl.inform.cz/stavby/jaka-je-zivotnost-panelaku-zalezi-na-materialu-a-spravne-peci>

DOSTUPNY ADVOKÁT. *Nájem bytu a energetické štítky.* 2024. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://dostupnyadvokat.cz/blog/energeticke-stitky-najem-bytu?utm_source=chatgpt.com

HYPONAMÍRU. *Co je to užitná plocha bytu.* 2025. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: <https://www.hyponamiru.cz/slovník-pojmu/uzitna-plocha-bytu/>

NEMOVITOSTI NA INVESTICE. *Budování dobrých vztahů s nájemníky: Klíč k úspěšnému pronájmu.* 2024. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://nemovitostinainvestice.cz/blog/post/budovani-dobrych-vztahu-s-najemniky-klic-k-uspesnemu-pronajmu?utm_source=chatgpt.com

ČT24. *Nová parkovací místa nabídlo Brno. Budějovice je mají pod střechou, zájem o ně příliš není.* 2024. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://ct24.ceskatelevize.cz/clanek/regiony/nova-parkovaci-mista-nabidlo-brno-budejovice-je-maji-pod-strechou-zajem-o-ne-prilis-neni-348103?utm_source=chatgpt.com

EVALTEP. *Možnosti komplexního hodnocení kvality bydlení.* 2016. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: <https://www.evaltep.cz/inpage/kvalita-bydleni/>

HYPONAMÍRU. *Nenaletěte realitním makléřům, kontrolujte stav SVJ a domu jako celku*. 2025. [Online]. [cit. 2025-04-8]. Dostupné z: https://www.hyponamiru.cz/nenalette-realitnim-maklerum-kontrolujte-stav-svj-a-domu-jako-celku/?utm_source=chatgpt.com

ISHIKAWA, Kaoru. *What is total quality control?: The Japanese way*. 6. print. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1987. ISBN 0139524339.

RE/MAX. *Pronájem bytu 2+kk v osobním vlastnictví 52 m², Brno*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-2]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/reality/detail/410541/pronajem-bytu-2-kk-v-osobnim-vlastnictvi-52-m2-brno>

RE/MAX. *Pronájem bytu 2+kk v osobním vlastnictví 47 m², Brno*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-2]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/reality/detail/410036/pronajem-bytu-2-kk-v-osobnim-vlastnictvi-47-m2-brno>

RE/MAX. *Pronájem bytu 2+1 v osobním vlastnictví 62 m², Brno*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-2]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/reality/detail/410049/pronajem-bytu-2-1-v-osobnim-vlastnictvi-62-m2-brno>

RE/MAX. *Pronájem bytu 2+1 v družstevním vlastnictví 61 m², Brno*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-2]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/reality/detail/406710/pronajem-bytu-2-1-v-druzstevnim-vlastnictvi-61-m2-brno>

RE/MAX. *Pronájem bytu 2+kk v osobním vlastnictví 42 m², Brno*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-2]. Dostupné z: <https://www.remax-czech.cz/reality/detail/403036/pronajem-bytu-2-kk-v-osobnim-vlastnictvi-42-m2-brno>

DELOITTE. *Deloitte rent index*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: https://www.deloitte.com/cz-sk/en/Industries/real-estate/collections/rent-index.html?utm_source=chatgpt.com

COLLIERS. *Professional rental housing has a future in the Czech Republic*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: https://www.colliers.com/en-cz/news/03_2025_rental_housing?utm_source=chatgpt.com

HOUSINGTARGET. *Statistics on the development of the number of available apartments in Brno over time*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-13]. Dostupné z: <https://www.housingtarget.com/housing-statistics/rentals-development/apartments/brno?from=2025-1-1>

BRNĚNSKÝ DENÍK. *Velké šalinové výluky v Brně v první pracovní den: hustá doprava blokuje Veverčí*. 2025. [Online]. [cit. 2025-05-19]. Dostupné z: https://brnensky.denik.cz/zpravy_region/brno-vyluky-saliny-doprava-zdrazeni-komplikace-prvni-pracovni-den.html

Seznam obrázků

Obrázek 1: Matice rizik	19
Obrázek 2: Základní pojmy fuzzy množin	24
Obrázek 3: Tvary členských funkcí Λ , π , Z a S	25
Obrázek 4: Operace s fuzzy množinami průnik.....	26
Obrázek 5: Operace s fuzzy množinami sjednocení	26
Obrázek 6: Operace s fuzzy množinami doplněk	27
Obrázek 11: Fuzzy logic Designer	30
Obrázek 12: Membership Function Editor	31
Obrázek 13: Rule Editor.....	32
Obrázek 14: Rule Viewer	33
Obrázek 15: Surface Viewer.....	34
Obrázek 16: Ceny nájmu bytů v ČR	40
Obrázek 17: Vývoj dostupných bytů v Brně	41
Obrázek 18: Fotografie interiéru bytu č. 1.....	49
Obrázek 19: Fotografie interiéru bytu č. 2.....	51
Obrázek 20: Fotografie interiéru bytu č. 3.....	52
Obrázek 21: Fotografie interiéru bytu č. 5.....	55
Obrázek 28: Rozdělení jednotlivých bloků	65
Obrázek 29: Fuzzy Logic Designer – Finance.....	66
Obrázek 30: Membership Function Editor – Finance 1	67
Obrázek 31: Membership Function Editor – Výstup Finance 1	68
Obrázek 32: Rule Editor – Finance 1	69
Obrázek 33: Rule Viewer – Finance 1	70
Obrázek 34: Surface Viewer – Finance 1	71
Obrázek 35: Načtení .fis souborů.....	71
Obrázek 36: Načtení hodnot do kritéria	72
Obrázek 37: Výpočet fuzzy systému.....	72
Obrázek 38: Zadání závěrečného hodnocení	73

Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupnice hodnocení.....	19
Tabulka 2: Transformační matice – slovní popis.....	27
Tabulka 3: Transformační matice – převod na číselnou hodnotu.....	28
Tabulka 4: Stavová matice.....	28
Tabulka 5: Retransformační matice	28
Tabulka 6: Kritéria bytu č. 1	55
Tabulka 7: Kritéria bytu č. 2.....	56
Tabulka 8: Kritéria bytu č. 3.....	56
Tabulka 9: Kritéria bytu č. 4.....	57
Tabulka 10: Kritéria bytu č. 5.....	57
Tabulka 16: Transformační matice – slovní popis.....	59
Tabulka 17: Transformační matice – číselné hodnoty	60
Tabulka 18: Stavová matice byt č. 1	60
Tabulka 19: Stavová matice byt č. 2	62
Tabulka 20: Závěrečné hodnocení	62
Tabulka 21: Souhrnné hodnocení v %	74
Tabulka 22: Hodnocení pomocí systému MATLAB	75
Tabulka 23: Porovnání výsledků MS Excel a MATLAB	77

Seznam grafů

Graf 1: Souhrnné hodnocení v %	74
Graf 2: Hodnocení MATLAB.....	76
Graf 3: Porovnání výsledků MS Excel a MATLAB	77

Seznam příloh

Příloha č.1: MS_EXCEL_Byty. Xlsx

Příloha č. 2: Finance1.fis

Příloha č.3: ObcanskaVybavenost1.fis

Příloha č.4: TechnickeParametry1.fis

Příloha č.5: FinalniHodnoceni1.fis

Příloha č.6: ScriptUzlova.m