



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR INŽENÝRSTVÍ RIZIK

DEPARTMENT OF RISK ENGINEERING

VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE PRO SNIŽOVÁNÍ RIZIKA V PODNIKU

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO REDUCE RISK IN THE COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Smija

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Smija**
Studijní program: Řízení rizik technických a ekonomických systémů
Studijní obor: Řízení rizik technických systémů
Vedoucí práce: **prof. Ing. Petr Dostál, CSc.**
Akademický rok: 2021/22
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:

Využití umělé inteligence pro snižování rizika v podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Řízení rizik je v současné době důležitou součástí řízení podniku. Diplomová práce se bude zabývat analýzou rizik a jejich vyhodnocením za využití pokročilých metod umělé inteligence. K řešení bude využito programu MS Excel a programového prostředí MATLAB a jeho toolboxů.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je analýza, vyhodnocení a snižování rizik v podniku s využitím prvků umělé inteligence.

Seznam literatury:

DOSTÁL, P. Soft computing v podnikatelství a veřejné správě, Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2015, 1120p, ISBN 978-80-7204-896-0 I. díl, ISBN 978-80-7204-897-7 II. díl, ISBN 978-80-7204-898-4 soubor, e-ISBN 978-80-7204-899-1 soubor.

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

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

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jana Victoria Martincová, Ph.D.
vedoucí odboru

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

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá analýzou a následným vyhodnocením vybraných modelů užitkových vozidel od jednotlivých výrobců, s využitím metod umělé inteligence. Úvodní kapitoly jsou zaměřeny na základy rizikologie, fuzzy logiku a použité softwarové nástroje, jejich účelem je seznámit čtenáře s řešenou problematikou. Analytická část práce obsahuje popis vybrané společnosti a také představení konkrétních dodavatelů. V hlavní části jsou uvedena rozhodovací kritéria při výběru a také popis vlastního řešení stanoveného zadání. Jedná se o dva rozhodovací modely založené na fuzzy logice, které byly vytvořeny prostřednictvím programů MS Excel a MATLAB. V závěru jsou porovnány výsledky z obou modelů, včetně interpretace získaných výsledků.

Abstract

The diploma thesis deals with the analysis and subsequent evaluation of selected commercial vehicle models from individual manufacturers, using artificial intelligence methods. The introductory chapters focus on the basics of risk science, fuzzy logic and software tools, their purpose is to acquaint readers with the issues addressed. The analytical part of the work contains a description of the selected company and also an introduction of specific suppliers. The main part contains decision criteria for the selection and also a description of the actual solution of the assignment. More specifically, two decision models based on fuzzy logic, which were created using MS Excel and MATLAB. In the end, the results from both models are compared, including the interpretation of the obtained results.

Klíčová slova

Analýza rizik; fuzzy logika; MATLAB; MS Excel; riziko; umělá inteligence.

Keywords

Artificial intelligence; fuzzy logic; MATLAB; MS Excel; risk; risk analysis.

Bibliografická citace

SMIJA, Jakub. Využití umělé inteligence pro snižování rizika v podniku. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/135605>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor inženýrství rizik. 90 s. Vedoucí práce prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Využití umělé inteligence pro snižování rizika v podniku“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Petru Dostálovi, CSc. za odborné vedení mé práce. Dále bych chtěl poděkovat za poskytnuté rady, materiály, informace a v neposlední řadě za ochotu a čas.

OBSAH

1	ÚVOD	11
2	FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLE PRÁCE	12
3	ZÁKLADY RIZIKOLOGIE	13
3.1	Riziko a jeho druhy.....	13
3.2	Aktiva a zranitelnost.....	14
3.3	Nebezpečí a hrozby.....	14
3.4	Analýza rizik	14
3.4.1	<i>Fáze kvantitativní analýzy rizik.....</i>	<i>15</i>
3.4.2	<i>Metody analýzy rizik.....</i>	<i>16</i>
3.5	Řízení rizik	17
3.5.1	<i>Fáze řízení rizik</i>	<i>17</i>
3.5.2	<i>Způsoby zvládnání rizik</i>	<i>18</i>
4	FUZZY LOGIKA	20
4.1	Co je to fuzzy logika	20
4.2	Fuzzy množiny	21
4.2.1	<i>Množinové operace.....</i>	<i>22</i>
4.3	Základní typy funkce členství.....	24
4.4	Proces fuzzy zpracování	25
4.4.1	<i>Fuzzifikace</i>	<i>25</i>
4.4.2	<i>Fuzzy inference</i>	<i>26</i>
4.4.3	<i>Defuzzifikace.....</i>	<i>27</i>
4.5	Využití fuzzy logiky	27
5	TVORBA FUZZY MODELŮ	28
5.1	MS Excel.....	28
5.1.1	<i>Transformační matice.....</i>	<i>28</i>
5.1.2	<i>Stavová matice.....</i>	<i>29</i>
5.1.3	<i>Retransformační matice</i>	<i>30</i>
5.2	MATLAB	31
5.2.1	<i>Fuzzy Logic Toolbox.....</i>	<i>31</i>
6	ANALYTICKÁ ČÁST	35
6.1	Základní popis společnosti.....	35
6.1.1	<i>Základní údaje</i>	<i>36</i>
6.1.2	<i>Organizační struktura.....</i>	<i>36</i>

6.2	Výběr dodavatelů	37
6.2.1	<i>Ford</i>	37
6.2.2	<i>Mercedes-Benz</i>	38
6.2.3	<i>Volkswagen</i>	39
6.2.4	<i>Citroën</i>	39
6.2.5	<i>Renault</i>	40
6.2.6	<i>Peugeot</i>	41
6.2.7	<i>Opel</i>	41
6.2.8	<i>Fiat</i>	42
6.2.9	<i>Srovnání dodavatelů</i>	43
7	VLASTNÍ ŘEŠENÍ	44
7.1	Kritéria výběru	44
7.1.1	<i>Spotřeba vozidla</i>	44
7.1.2	<i>Cena vozidla</i>	45
7.1.3	<i>Cena servisu</i>	45
7.1.4	<i>Záruka</i>	45
7.1.5	<i>Objem nákladního prostoru</i>	46
7.1.6	<i>Užitečné zatížení</i>	46
7.1.7	<i>Výkon motoru</i>	46
7.1.8	<i>Emise CO₂</i>	47
7.2	Fuzzy model Excel	47
7.2.1	<i>Transformační matice se slovním popisem</i>	47
7.2.2	<i>Transformační matice s číselným popisem</i>	48
7.2.3	<i>Retransformační matice</i>	50
7.2.4	<i>Stavová matice</i>	50
7.2.5	<i>Vyhodnocení dodavatelů</i>	51
7.2.6	<i>Souhrn výsledků</i>	62
7.3	Fuzzy model MATLAB	64
7.3.1	<i>Schéma modelu</i>	64
7.3.2	<i>Fuzzy logic designer</i>	65
7.3.3	<i>Membership function editor</i>	66
7.3.4	<i>Rule editor</i>	67
7.3.5	<i>Surface a rule viewer</i>	68
7.3.6	<i>Dokončení modelu</i>	70
7.3.7	<i>Vyhodnocení dodavatelů</i>	72

7.3.8	<i>Souhrn výsledků</i>	75
8	DISKUSE A POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ	77
9	ZÁVĚR.....	80
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	81
	SEZNAM TABULEK	87
	SEZNAM GRAFŮ	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ	88
	SEZNAM ZKRATEK.....	90
	SEZNAM ROVNIC	90
	SEZNAM PŘÍLOH	90

1 ÚVOD

Účelem této diplomové práce je provedení analýzy a vyhodnocení jednotlivých dodavatelů užitkových vozidel s využitím prvků umělé inteligence. Výběr vozidla bude prováděn pro společnost RKL Opava, která se zabývá skladováním, přepravou zboží a dalšími souvisejícími činnostmi. Cílem práce je nalezení nejvhodnějšího dodavatele, jehož model odpovídá stanoveným požadavkům a potřebám společnosti. Pro realizaci zadání a dosažení cíle budou využity dva softwarové nástroje, s jejichž pomocí budou vytvořeny rozhodovací modely.

Teoretická část práce se skládá ze tří kapitol, které mají čtenáře seznámit s řešenou problematikou. V první části jsou vysvětleny základní termíny související s rizikologií, včetně popisu kompletního procesu analýzy rizik. Důležitou součástí této kapitoly je popis možných způsobů ošetření rizik a přehled nejrozšířenějších metod pro analýzu rizik. Následující kapitola se zabývá fuzzy logikou, která slouží jako základ pro rozhodování a spolu se softwarem představuje prvky umělé inteligence. Poslední kapitola teoretické části je zaměřena na použité softwarové nástroje, zejména na postup vytváření rozhodovacích modelů.

Po seznámení s řešenou problematikou následuje analytická část, ve které je nejprve detailně popsána vybraná firma. Dále jsou v této kapitole přestaveni jednotliví uvažovaní dodavatelé neboli výrobci vozidel, kteří budou v praktické části hodnoceni.

V úvodu poslední kapitoly jsou uvedena kritéria, která jsou pro společnost rozhodující při výběru vozidla. Hlavním cílem této kapitoly je popis vlastního řešení definovaného problému s využitím dvou rozhodovacích modelů, vytvořených pomocí softwaru MS Excel a MATLAB. Vytvořené modely budou následně aplikovány na konkrétní vozidla, tím bude provedeno jejich vyhodnocení. Na základě výsledků bude společnosti doporučena koupě nejvhodnějšího vozu, čímž zároveň dojde ke snížení rizika výběru nevhodného dodavatele. V závěru práce budou interpretovány výsledky z obou modelů, včetně jejich vzájemného porovnání.

2 FORMULACE PROBLÉMŮ A STANOVENÍ CÍLE PRÁCE

V současné době je na trhu velký počet výrobců osobních a užitkových vozidel, kteří si navzájem konkurují a snaží se přilákat zákazníky prostřednictvím nejrůznějších nabídek a výhod. Jednotliví výrobci se zaměřují na různé aspekty ovlivňující prodej, patří mezi ně například spotřeba paliva, cena vozidla nebo také délka záruky. Nicméně požadavky zákazníků jsou odlišné, a proto je nutné vybrat vhodného výrobce. Zvolením optimálního výrobce dochází ke snížení dodavatelského rizika, které může negativním způsobem ovlivňovat chod celé společnosti. Řízení rizik je v dnešní době nedílnou součástí řízení podniku.

Diplomová práce se bude zabývat analýzou rizik a také jejich vyhodnocením, k čemuž budou využity metody umělé inteligence. Konkrétně se bude jednat o analýzu dodavatelského rizika při výběru užitkového vozidla pro společnost RKL Opava. Zakoupené vozidlo rozšíří rozsáhlý firemní vozový park a bude sloužit zejména k přepravě kusových nebo jiných zásilek. Výběr bude prováděn na základě stanovených požadavků shrnutých do několika kritérií. K řešení bude využit program MS Excel a dále také programové prostředí MATLAB a jeho toolboxy.

Cílem této diplomové práce je provedení analýzy a vyhodnocení jednotlivých modelů vozidel od různých výrobců a na základě zjištěných výsledků doporučit společnosti RKL Opava nejvhodnější vozidlo ke koupi. Pro zlepšení přesnosti výsledků budou použity dva rozhodovací modely, které budou vytvořeny rozdílnými způsoby.

3 ZÁKLADY RIZIKOLOGIE

V této kapitole budou vysvětleny základní pojmy z oblasti rizikologie a dalších souvisejících oborů. Účelem je seznámit čtenáře se základní problematikou, která bude řešena v praktické části práce. Součástí kapitoly bude také popis celého procesu analýzy rizik, včetně uvedení nejpoužívanějších metod. Závěr kapitoly bude zaměřen na řízení rizik a způsoby jejich ošetření.

3.1 RIZIKO A JEHO DRUHY

Pro pojem riziko existuje celá řada definic, které se liší zejména podle oboru či řešené problematiky. Jedna z nejčastěji uváděných je následující: „*Riziko je pravděpodobná hodnota ztráty vzniklé nositeli, popř. příjemci rizika realizací scénáře nebezpečí, vyjádřena v peněžních nebo jiných jednotkách.*“¹. Jinými slovy jde o pravděpodobnost, že dojde k nežádoucí události a jejím důsledkům. Důležitým faktem je to, že riziko nelze nikdy odstranit, můžeme ho pouze snížit na přijatelnou úroveň. Vědní obor, který se zabývá rizikem nazýváme rizikologie. Hodnotu rizika lze vypočítat z následujícího vzorce. [63], [67]

$$R = p * D \quad (1)$$

Kde:

p - pravděpodobnost nastání nežádoucí události,

D - následky realizace nežádoucí události.

Ve většině případů se druhy rizik rozdělují podle oboru, ve kterém se vykytují. Dále můžeme rizika dělit na statická a dynamická, pojistitelná a nepojistitelná nebo na přijatelná a nepřijatelná. Mezi ty nejznámější patří rizika: [63]

- Technická
- Ekonomická a podnikatelská
- Ekologická
- Bezpečností
- Právní

¹ SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.

3.2 AKTIVA A ZRANITELNOST

Aktivum - pojem aktivum označuje veškerý majetek v jakékoliv podobě, který má pro danou osobu či společnost nějakou hodnotu a měl by být adekvátně chráněn. Aktiva mohou být hmotná nebo nehmotná. Do kategorie hmotných aktiv můžeme zařadit například pozemky, budovy, vybavení budov, vozidla nebo stroje a zařízení. Naopak do skupiny nehmotných aktiv řadíme software, know-how, recepty apod. Jak již bylo zmíněno, aktiva je nezbytné chránit a k tomuto kroku se využívají nejrůznější druhy opatření. [63]

Zranitelnost - s termínem aktivum velmi blízce souvisí pojem zranitelnost. Zranitelnost chápeme jako vlastnost aktiva, kterou může využít hrozba. Důsledkem může být jakékoliv narušení aktiva. Zjednodušeně se jedná o slabinu aktiva, kterou je důležité sledovat. [9]

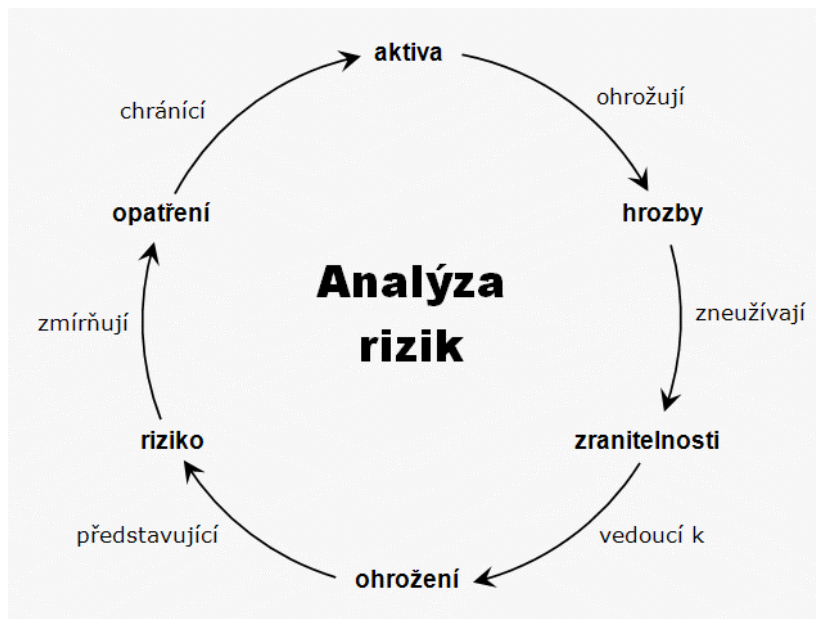
3.3 NEBEZPEČÍ A HROZBY

Nebezpečí - v praxi se často zaměňují pojmy nebezpečí a riziko. Ačkoliv se na první pohled jedná o synonyma, ve skutečnosti mají tyto pojmy rozdílný význam. Nebezpečí je definováno jako potenciální hrozba, že daná nežádoucí událost v budoucnosti nastane. Riziko je jistota, že nežádoucí událost nastane ve stanovenou dobu a za daných podmínek. Na rozdíl od rizika, je nebezpečí bezrozměrná veličina. Jednoduše lze rozdílnost pochopit s využitím slovních spojení, že nebezpečí hrozí a riziko existuje. [67]

Hrozba - hrozbou rozumíme jakoukoliv událost, která by mohla zapříčinit narušení aktiva. Hrozby můžeme dělit na základě několika kritérií například podle úmyslu na náhodné a úmyslné, podle zdroje na vnější a vnitřní nebo dle původce na antropogenní či přírodní. Hrozby jsou schopny zneužít zranitelnost aktiva a tím způsobit jeho narušení. [9], [63]

3.4 ANALÝZA RIZIK

Analýzu rizik můžeme chápat jako základní proces v oblasti managementu rizik. Její provedení je nezbytné pro rozhodování o riziku, a tudíž je důležitým prvkem rizikového inženýrství. Cílem analýzy rizik je poskytnutí materiálů pro usnadnění rozhodování o riziku a také pro řízení rizik. Provedení analýzy rizik by mělo nalézt odpovědi na tři základní otázky, jaké nežádoucí události mohou nastat, jakou mírou jsou aktiva zranitelná vůči nežádoucím událostem (jaké mohou být následky) a jaká je pravděpodobnost realizace daných událostí. Na obrázku č. 1 jsou znázorněny jednotlivé pojmy a souvislosti mezi nimi. [9], [67]



Obrázek 1 - znázornění vztahů při analýze rizik. [9]

V zásadě rozlišujeme dva základní způsoby analýzy rizik. Jedná se o kvalitativní a kvantitativní analýzu, ovšem lze aplikovat také kombinaci těchto dvou metod. Provedení kvalitativní analýzy je méně náročné z časového hlediska a současně také méně pracné. Při této metodě expert identifikuje aktiva, hrozby a zranitelnosti a následně je vyjadřuje slovním popisem či numericky na zvolené stupnici. Výsledkem je stanovení výše rizika. Naopak při využití kvantitativní metody je nutné identifikovat aktiva, hrozby a zranitelnosti a poté provést jejich kvantifikaci v peněžních jednotkách. Tento postup je složitější a časově náročnější, ale umožňuje přesně určit výši škody. [10], [11]

3.4.1 Fáze kvantitativní analýzy rizik

Identifikace aktiv – prvním krokem je identifikace všech aktiv, která mají pro daný subjekt určitou hodnotu. Výstupem této fáze je registr aktiv. [11]

Kvantifikace aktiv – v momentě, kdy známe všechna aktiva je nutné určit jejich hodnotu. V některých případech je stanovení hodnoty obtížné, zejména pokud je aktivum nehmotné (např. know-how). [11]

Identifikace hrozeb – stejně jako v případě aktiv, je nezbytné identifikovat hrozby, které mohou způsobit narušení aktiv. [11]

Kvantifikace hrozeb – dalším krokem je stanovení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých hrozeb. [11]

Identifikace a kvantifikace zranitelnosti – předposledním krokem analýzy rizik je stanovení míry zranitelnosti. Pro správné určení zranitelnosti je důležité porovnat všechny dvojice hrozba a aktivum. Zpracovatel si musí pro každou dvojici položit otázku, jak moc je dané aktivum vzhledem k dané hrozbě zranitelné. [11]

Stanovení výše škody – celková výše škody se vypočítá pomocí jednoduchého součinu hodnoty aktiva, pravděpodobnosti nastání hrozby a míry zranitelnosti. [11]

3.4.2 Metody analýzy rizik

V současnosti se využívá celá řada metod, které můžeme rozdělovat na základě několika kritérií. Jedny ze základních rozdělení jsou dle stupně podrobnosti nebo dle kvantifikace míry rizika. Z důvodu omezeného rozsahu práce zde nebudou popsány jednotlivé metody, ale pouze výčet vybraných metod. [2]

Dle stupně podrobnosti:

- Srovnávací metody
- Analytické metody založené na deterministickém přístupu
- Analytické metody založené na pravděpodobnostním přístupu

Dle kvantifikace míry rizika:

- Kvalitativní metody
- Kvantitativní metody
- Semikvantitativní metody

První skupinou jsou srovnávací metody, ty slouží zejména pro identifikaci zdrojů rizika a odhalení slabín zkoumaného systému, zařízení či podniku. Aplikováním těchto metod není možné vyčíslit míru rizika, což představuje určitou nevýhodu. Do této skupiny se řadí analýza kontrolním seznamem (CLA), relativní klasifikace (RR) a bezpečnostní prohlídka (SR). Metody založené na deterministickém přístupu zkoumají příčiny vzniku nežádoucích událostí a jejich průběhy. Stejně jako u předchozí kategorie, nejsou schopny stanovit míru rizika. Mezi nejznámější metody patří předběžná analýza ohrožení (PHA), analýza poruch a následků (FMEA) a analýza stromu poruch (FTA) nebo stromu událostí (ETA). Poslední dvě jmenované metody mají podobu stromových diagramů a mohou být založené na deterministickém nebo také na pravděpodobnostním přístupu. Je nutno dodat, že pouze pomocí analytických metod založených na pravděpodobnostním přístupu lze přesně vyčíslit riziko. Kromě těchto základních metod lze při řízení rizik využít také softwarovou podporu (např. simulační technika Monte Carlo). [2], [31], [65]

3.5 ŘÍZENÍ RIZIK

Řízení rizik neboli risk management je široce obsáhlý pojem, neboť se velmi často liší v závislosti na konkrétním odvětví. Mezi primární oblasti, ve kterých se řízení rizik aplikuje jsou zejména přírodní katastrofy a havárie, finanční rizika, technická a technologická rizika, politická či bezpečnostní rizika. Řízením rizik rozumíme komplexní proces, který je složen z několika na sebe navazujících částí. Cílem tohoto procesu je identifikovat a kvantifikovat rizika, jímž je daný subjekt vystaven a následně rozhodnout o způsobu jejich ošetření. Právě výběr optimálního způsobu ošetření je klíčovou částí celého procesu. Existuje celá řada metod ošetření rizika, z nichž nejčastěji se využívají snížení rizika na přijatelnou úroveň nebo jeho akceptace. Schéma popisovaného procesu je uvedeno na obrázku č. 2. [12], [63]



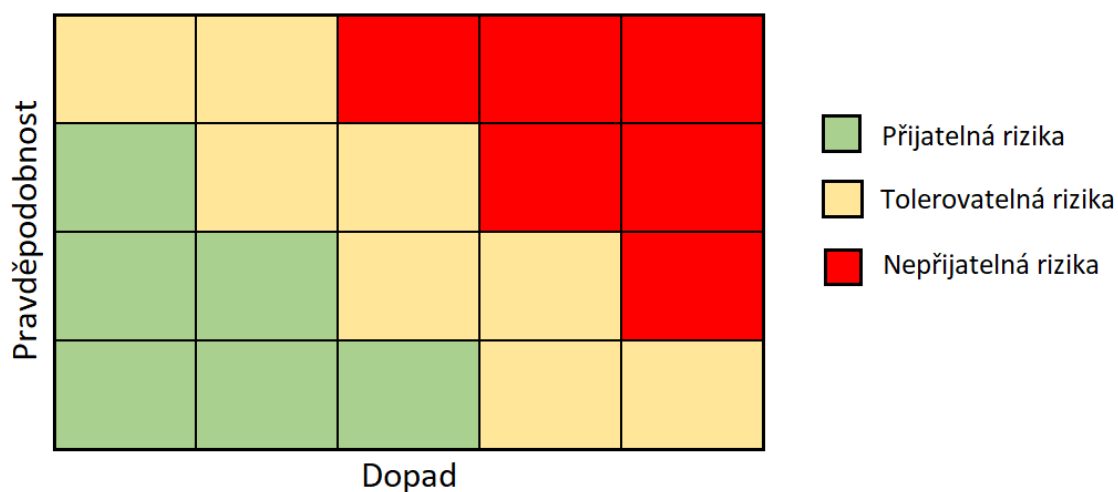
Obrázek 2 - proces řízení rizik. [12]

3.5.1 Fáze řízení rizik

Prvním krokem celého procesu je stanovení kontextu. Cílem této části je popis připravovaného procesu řízení rizik, včetně stanovení oblasti, ve které bude řízení aplikováno. Při této části dochází ke sběru informací o řešeném subjektu, technologii, zařízení apod. a zároveň se stanovují odpovědně osoby za dílčí kroky procesu. Nedílnou součástí je také výběr metody pro analýzu rizik, která se bude provádět v následující fázi. [12]

Druhým krokem je provedení samotné analýzy rizik pomocí zvolené metody. Výstupem by mělo být stanovení míry rizika nebo škody v závislosti na použité metodě. Výsledky analýzy rizik se vhodným způsobem zaznamenají a v následující fázi se provede jejich vyhodnocení. [12]

Vyhodnocení rizik je předposledním krokem při řízení rizik a spočívá v porovnávání výsledků analýzy rizik se stanovenými kritérii rizik. Cílem je rozhodnutí, zda riziko nebo jeho úroveň je pro jeho nositele přijatelná, nepřijatelná, popřípadě tolerovatelná. Není možné věnovat všem rizikům stejnou pozornost, proto může být součástí této fáze tzv. prioritizace rizik, což je v podstatě jejich seřazení podle závažnosti. Pro usnadnění rozhodování je možné vytvořit mapu rizik. Mapa slouží ke grafickému zobrazení rizik dle jejich významnosti. Pozice rizik je dána v závislosti na pravděpodobnostech a následcích jejich realizace. Jedna z možných podob mapy rizik je uvedena na obrázku č. 3. [12], [26]



Obrázek 3 - mapa rizik [30]

Posledním fází celého procesu je zvládnání rizik neboli ošetření rizik. Cílem tohoto kroku je vybrat vhodný způsob ošetření rizika. K nejčastěji používaným způsobům ošetření rizika se řadí akceptace a redukce rizika. Volba probíhá na základě předchozího rozhodnutí o přijatelnosti či nepřijatelnosti rizika. Pro nepřijatelná rizika je nezbytné navrhnout opatření, s jejichž pomocí by mělo dojít k jejich snížení. V případě, že má riziko přijatelnou úroveň není nutné provést konkrétní opatření, ale je možné vytvořit plán preventivních opatření. Provedením opatření by mělo dojít ke snížení hodnoty většiny rizik, nicméně nesmíme zapomenout na zbytková rizika. Ty lze ošetřit například vytvořením krizového plánu nebo pojištěním. [12], [13], [63]

3.5.2 Způsoby zvládnání rizik

Akceptace rizika – první možný způsob, jak se vypořádat s rizikem je jeho akceptace (retence). Tento přístup se využívá má-li riziko přijatelnou úroveň, a tudíž není nutné provedení žádných opatření. V případě, že náklady vynaložené na protioopatření jsou v nepoměru vůči

potenciální škodě, je opodstatněné riziko jednoduše přijmout. K podstoupení rizika může dojít jednak vědomě, ale také nevědomě. V praxi se jedná o nejběžnější způsob zvládnání rizik. [13], [63]

Redukce rizika – druhým nejčastěji využívaným způsobem je redukce neboli snižování rizika. Cílem této metody je snížit riziko na přijatelnou úroveň, čehož lze dosáhnout pomocí nejrůznějších druhů opatření. Tento postup se doporučuje pro hrozby, jejichž pravděpodobnost nastání je vysoká. Zvolená opatření by měla být zejména účinná, přijatelná (např. z právního nebo ekologického hlediska) a nákladově přiměřená. [13], [63]

Vyhnutí se riziku – další metodu, kterou je možné využít v rámci zvládnání rizik je úplné vyhnutí se riziku. Aplikování této metody se doporučuje v momentě, kdy neexistuje žádná jiná možnost ošetření a jeho akceptace je nepřijatelná. Typicky jde o hrozby, která se vyznačují velkou pravděpodobností realizace a značnými následky. Příkladem může být zvolení jiné technologie nebo neuzavření obchodu. [13], [56], [63]

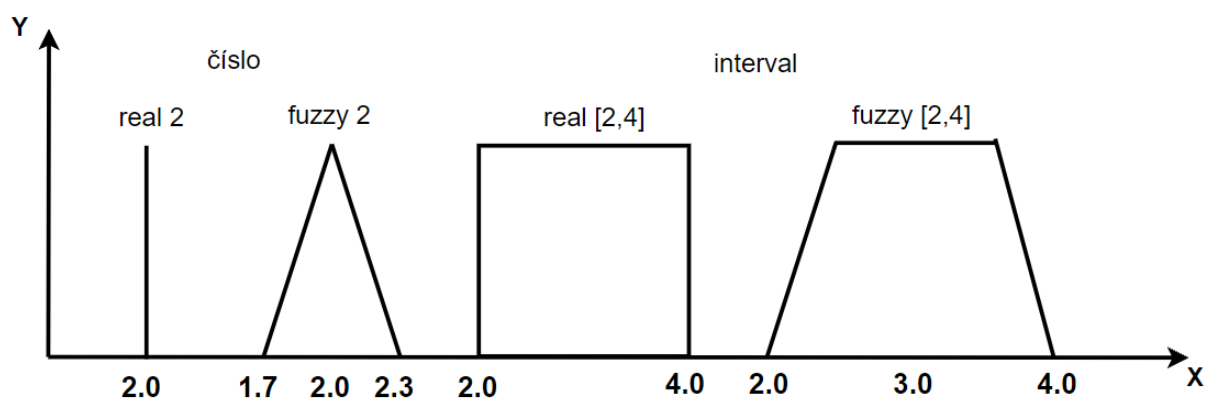
Transfer rizika – při transferu rizika dochází k jeho přesunu, respektive k předání odpovědnosti na jiný subjekt. Tímto způsobem mohou být ošetřena zbytková rizika, která by mohla mít značný dopad na jejich nositele. V podstatě se jedná o sdílení rizika s další stranou, například s externí firmou či prostřednictvím pojištění. [13], [56]

4 FUZZY LOGIKA

Jelikož se tato diplomová práce zabývá snižováním rizika s využitím umělé inteligence, je proto nezbytné seznámit se s problematikou fuzzy logiky. V úvodu kapitoly bude popsána fuzzy logika jako taková, včetně jejich důležitých charakteristik. Dále bude vysvětlena teorie fuzzy množin spolu s množinovými operacemi. Součástí kapitoly bude také popis celého procesu fuzzy zpracování.

4.1 CO JE TO FUZZY LOGIKA

Termín fuzzy je původem z anglického jazyka a v překladu znamená neostrý, mlhavý nebo neurčitý. Spojením dvou slov fuzzy a logika tedy dostaneme logiku, která je nejasná či neurčitá. Obecně je logika vědní obor zabývající se zákony a pravidly správného myšlení a jejím cílem je stanovení korektních závěrů. Klasická logika umí pracovat pouze s dvěma stavy ano nebo ne respektive pravda či nepravda. Ovšem využití těchto dvou stavů je v reálném světě značně komplikované a v mnoha případech doslova nemožné. Tento problém lze vyřešit pomocí fuzzy logiky, která umí pracovat s vágními pojmy. S využitím vágních pojmů pak můžeme například rozlišovat velmi malé, malé, střední a vysoké riziko. Pro lepší pochopení je na obrázku č. 4 znázorněn rozdíl mezi klasickou a fuzzy logikou. [16], [17], [27], [35]



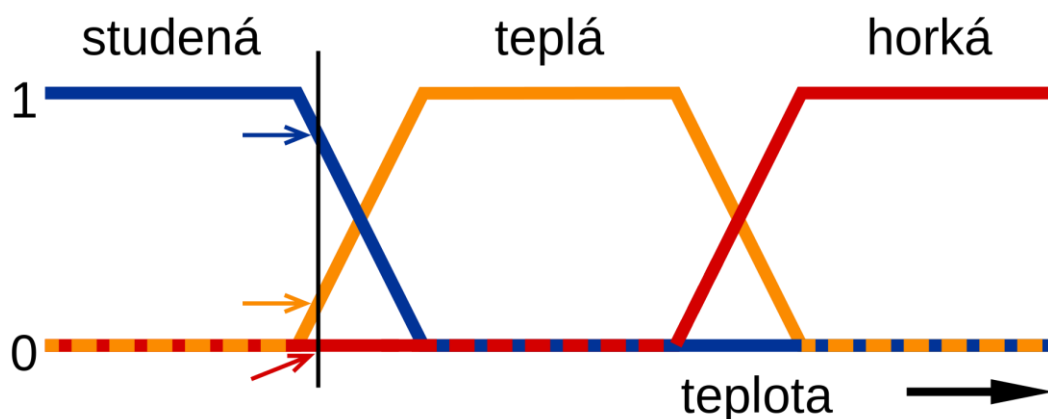
Obrázek 4 - rozdíl mezi klasickou a fuzzy logikou. [17]

Fuzzy logika je tedy vědní obor, který je schopný určit, jak moc konkrétní prvek patří či nepatří do uvažované množiny. Fuzzy logika nerozlišuje pouze dva stavy nula a jedna, ale je schopna znázornit všechny stavy členství, jejichž je nekonečně mnoho. Pro každý prvek x je možné stanovit jeho příslušnost k dané množině $\mu(x)$ na intervalu od nuly do jedné. Přičemž hodnota nula odpovídá úplnému nečlenství (prvek zcela nepatří do množiny) a jedna úplnému členství (prvek zcela patří do množiny). [17], [58]

Jinými slovy fuzzy logika umožňuje měření jistoty nebo nejistoty příslušnosti prvku do množiny. Fuzzy logiku je možné aplikovat také v kombinaci s dalšími metodami umělé inteligence, což lze následně využít například při řízení podniku. V praxi můžeme často narazit na neurofuzzy aplikace, které jsou vytvořeny kombinací fuzzy logiky a neuronových sítí. [17]

4.2 FUZZY MNOŽINY

Historie této vědní disciplíny sahá až do dvacátých let minulého století, ačkoliv za zakladatele se považuje Lotfi Askar Zadeh. Ten v roce 1965 poprvé začal používat pojem fuzzy množina a definoval ho následovně: „Fuzzy množina je soubor prvků s kontinuem stupňů členství. Taková množina je charakteristická členskou funkcí, která přiřazuje každému prvku stupeň členství v rozsahu nula až jedna.“² Možná podoba fuzzy množin je na obrázku č. 5, kde osa x znázorňuje teplotu a osa y udává stupeň členství. Jednotlivé křivky pro studenou, teplou a horkou vodu se nazývají funkce členství. [17]



Obrázek 5 - fuzzy množiny. [38]

Mezi základní vlastnosti, se kterými se setkáváme v souvislosti s fuzzy množinami patří nosič množiny, šířka a výška množiny, jádro množiny a univerzum. Všechny tyto atributy jsou vyznačeny na obrázku níže. [17]

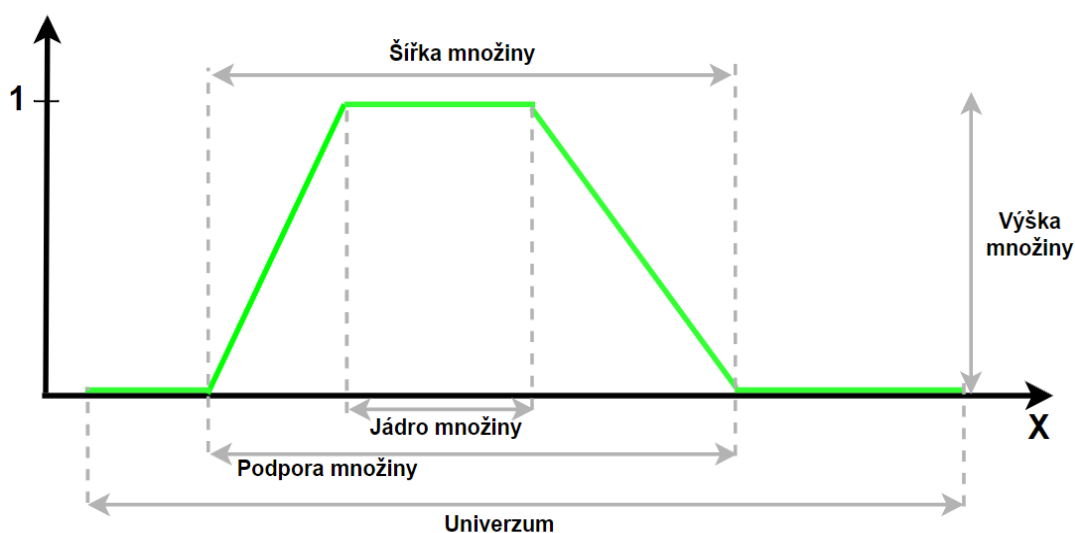
Jádro množiny – tvoří prvky, které mají hodnotu funkce příslušnosti rovnou jedné. V případě, že existuje pouze jeden bod, který má funkci příslušnosti rovnou jedné, nazýváme ho špičková hodnota. [17], [34]

² DOSTÁL, P. Soft computing v podnikatelství a veřejné správě, Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2015, 1120p, ISBN 978-80-7204-896-0 I. díl

Nosič množiny – neboli podpora množiny je tvořena prvky, jejichž funkce příslušnosti je větší než nula. [17]

Výška množiny – v závislosti na výšce rozlišujeme dva základní typy množin. Když je výška množiny rovna jedné, mluvíme o normální fuzzy množině. Pokud je její výška menší než jedna, jedná se o subnormální množinu. [17]

Univerzum – je tvořeno všemi prvky množiny, které mají kladnou i zápornou funkci příslušnosti. S využitím této funkce se definuje daná množina. [29]



Obrázek 6 - základní vlastnosti fuzzy množin. [17]

4.2.1 Množinové operace

Při práci s fuzzy množinami lze provádět nejrůznější operace, stejně jako u klasických množin. Nicméně jejich interpretace je složitější a využívané postupy jsou oproti klasickým množinám rozdílné. Mezi základní operace patří sčítání, odčítání, dělení a násobení, často se můžeme setkat také s operací průniku, sjednocení nebo doplňku. Tento výčet operací není konečný a v práci budou popsány pouze základní operace. [17], [29]

Sčítání a odčítání – patří mezi základní aritmetické operace, které je možné použít také u intervalové aritmetiky. Platí pro ně následující pravidla. [17]

$$[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d] \quad (2)$$

$$[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c] \quad (3)$$

Násobení a dělení – při těchto dvou operacích se v podstatě hledají minima a maxima součinů nebo podílů krajních bodů množin. [29]

$$[a, b] * [c, d] = [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)] \quad (4)$$

$$[a, b] / [c, d] = [\min\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right), \max\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right)] \quad (5)$$

Sjednocení množin – při této operaci si můžeme položit jednoduchou otázku, jaká část prvků se nachází v jedné nebo v druhé množině. V podstatě se jedná o spojení dvou množin s využitím logického operátoru OR. Pro dvě uvažované množiny A, B je vzorec následující. [17], [34]

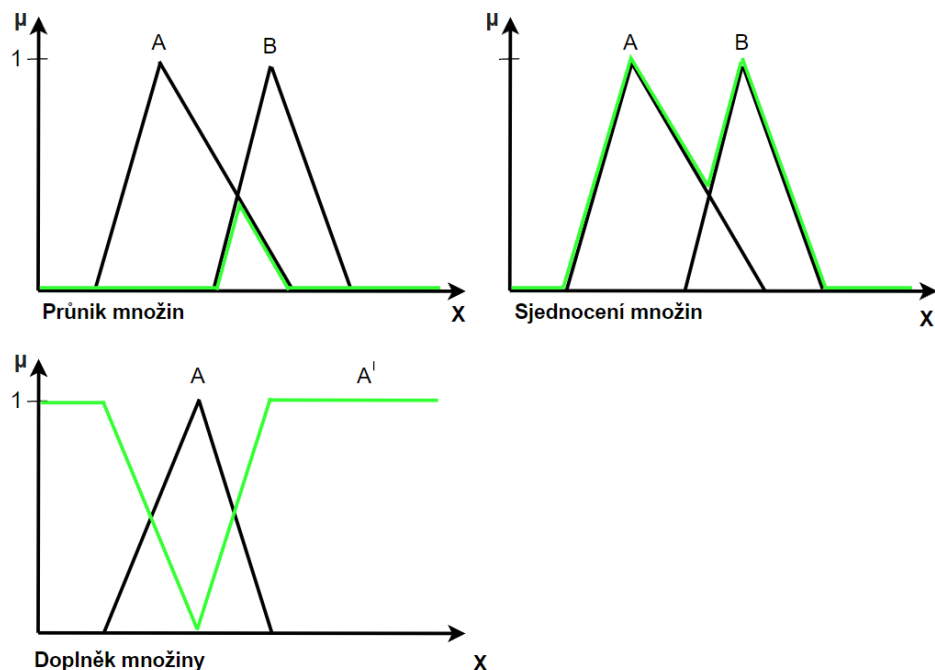
$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (6)$$

Průnik množin – jak už název napovídá, jedná se o průnik dvou nebo více množin. Pro usnadnění si opět můžeme položit otázku, jaká část prvků se nachází v obou množinách zároveň. Výsledkem jsou pak hodnoty, které se vyskytují v obou množinách současně, k čemuž může být využit logický operátor AND. [17], [34]

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (7)$$

Doplňěk množin – zjednodušeně se jedná o negaci fuzzy množiny a odpovídá na otázku, jaká část prvků se nenachází v množině. Pro výpočet se využívá tento vztah. [17], [34]

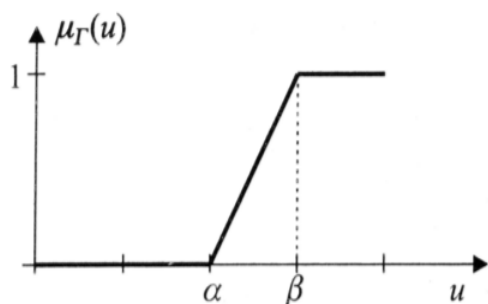
$$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (8)$$



Obrázek 7 - operace s fuzzy množinami. [17]

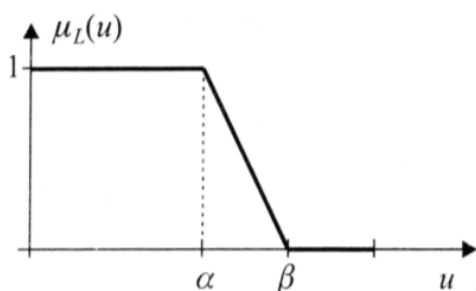
4.3 ZÁKLADNÍ TYPY FUNKCE ČLENSTVÍ

Stupeň příslušnosti jednotlivých atributů se vyjadřuje pomocí matematické funkce, tzv. funkce členství. Pro usnadnění je doporučováno vybírat jednoduchý tvar funkce, ideálně tvořený lineárními částmi. Tvarů členských funkcí je mnoho, avšak mezi základní a nejčastěji používané patří následující: Γ -funkce, L -funkce, Λ -funkce a π -funkce. [17], [29]



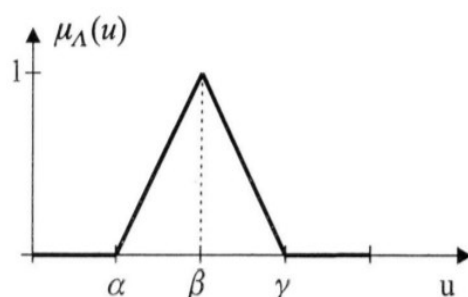
$$\Gamma(u, \alpha, \beta) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ 1 & u > \beta \end{cases}$$

Obrázek 8 - průběh Γ -funkce. [17]



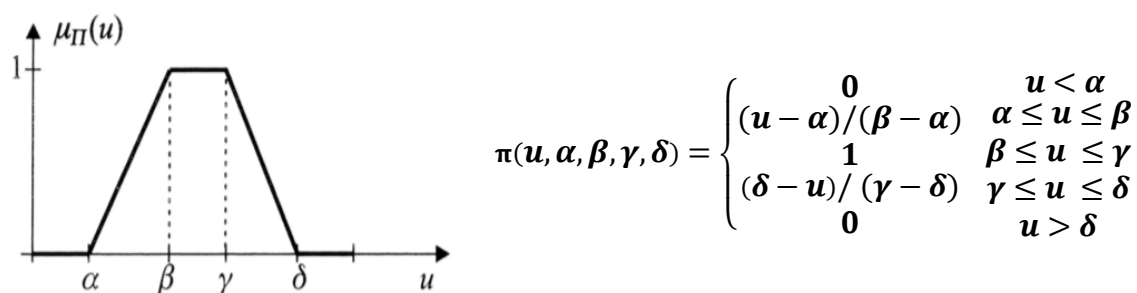
$$L(u, \alpha, \beta) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (\beta - u) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ 1 & u > \beta \end{cases}$$

Obrázek 9 - průběh L -funkce. [17]



$$\Lambda(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & u < \alpha \\ (u - \alpha) / (\beta - \alpha) & \alpha \leq u \leq \beta \\ (\gamma - u) / (\gamma - \beta) & \beta \leq u \leq \gamma \\ 0 & u > \gamma \end{cases}$$

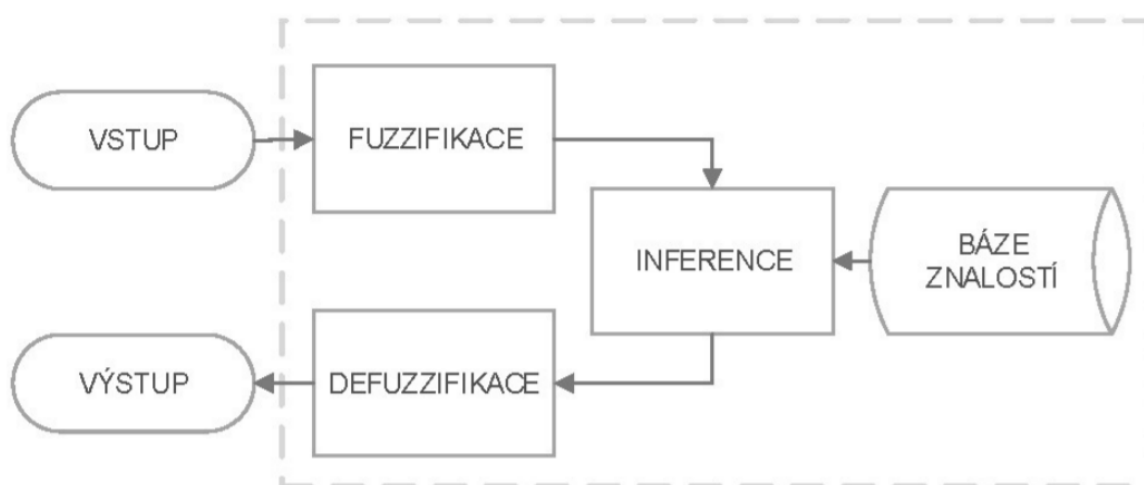
Obrázek 10 - průběh Λ -funkce. [17]



Obrázek 11 - průběh π -funkce. [17]

4.4 PROCES FUZZY ZPRACOVÁNÍ

Proces fuzzy zpracování neboli vytvoření systému s fuzzy logikou se skládá ze tří základních kroků. První fáze je fuzzifikace, po ní následuje fuzzy inference a poslední fází celého procesu je defuzzifikace. Do procesu může vstupovat tzv. báze znalostí, ve které jsou obsaženy informace a data související s řešenou problematikou. Schéma popisovaného procesu je znázorněno na obrázku č. 12. [17]



Obrázek 12 - schéma procesu fuzzy zpracování. [34]

4.4.1 Fuzzifikace

Prvním krokem při vytváření fuzzy systému je fuzzifikace. Pojmem fuzzifikace označujeme proces, při kterém dochází k převodu reálných proměnných na jazykové proměnné. Jazykové proměnné jsou odvozeny z lingvistických proměnných, které obsahují konkrétní slova. Pro lepší pochopení procesu fuzzifikace je možné uvést následující příklad. Jako reálnou proměnnou můžeme označit například teplotu vody ve °C, po provedení transformace na jazykové proměnné

může podoba atributů vypadat takto: velmi studená, studená, vlažná, teplá a velmi teplá voda. Označení konkrétních atributů se může lišit v závislosti na zpracovateli, jeho zkušenostech nebo také na zvoleném přístupu. Ve většině případů se počet zvolených atributů pohybuje v rozmezí od tří do sedmi. [17], [29]

Transformace proměnných ovšem není konečným krokem fuzzifikace. Dále je nezbytné vytvořené atributy vyjádřit pomocí členských funkcí a také stanovit jejich stupeň členství ve zvolených množinách. Pro vyjádření stupně členství atributu v množině se využívají matematické funkce. [17], [29]

4.4.2 Fuzzy inference

Druhou fází procesu je fuzzy inference, jejíž cílem je nadefinování chování celého systému prostřednictvím konkrétních pravidel. Do skupiny pravidel můžeme zařadit například <KDYŽ>, <POTOM>, <S VÁHOU> apod. Aplikovaná pravidla jsou na jazykové úrovni a jejich účelem je vyhodnocení stavu proměnné. V podstatě se jedná o algoritmy obsahující podmínkové věty, na základě kterých se provádí rozhodování. [17], [29]

Při tvorbě fuzzy modelu si uživatel sám definuje konkrétní pravidla dle jeho potřeby. Pro vytvoření nového pravidla je nejprve nutné využít podmínku <KDYŽ> a následně nadefinovat jednotlivé kombinace atributů vstupních proměnných podle vlastního uvážení. K tomu slouží operátory <A> a <NEBO>. Poté se pro zvolenou kombinaci atributů použije podmínka <POTOM>, za níž se dosadí požadovaný atribut, tímto procesem se vytvoří jedno pravidlo. Každému pravidlu se musí přidělit jeho váha (stupeň podpory), která udává jeho významnost. [17], [19], [29]

Správné nadefinování pravidel je klíčovým krokem celého procesu a značnou mírou se podílí na jeho výsledku. Na výstupu fuzzy inference se nachází jazyková proměnná. S využitím výše zmíněného příkladu s teplotou vody, může být výsledkem rozhodnutí, zda provést ohřev vody či nikoliv. [17]

Příklady možných pravidel:

<KDYŽ> teplota vody = velmi studená <POTOM> ohřev vody <S VÁHOU> z;

<KDYŽ> teplota vody = velmi teplá <POTOM> neohřívat vodu <S VÁHOU> z;

<KDYŽ> teplota vody = velmi teplá <NEBO> teplá <POTOM> neohřívat vodu <S VÁHOU> z;

4.4.3 Defuzifikace

Závěrečným krokem celého procesu je defuzifikace, při které se výstupní hodnoty z fuzzy inference transformují na reálné hodnoty. Jedná se v podstatě o obrácený proces v porovnání s fuzzifikací. Defuzifikace se provádí za účelem co možná nejlepší interpretace výsledků fuzzy modelu. Jinými slovy proto, aby výsledné slovní hodnocení bylo také vhodně vyjádřeno numericky. V praxi se může jednat například o stanovení výše rizika. [17], [29]

4.5 VYUŽITÍ FUZZY LOGIKY

V dnešní době můžeme fuzzy logiku využít pro řešení nespočetného množství problémů napříč celou řadou odvětví. Jedna z nejčastějších aplikací fuzzy logiky je v ekonomickém odvětví, například při poskytování úvěru klientům banky, při výběru ideálního dodavatele, pojišťovny či mobilního operátora. V reálném životě můžeme fuzzy logiku využít při koupi nejrůznějších produktů a služeb jako jsou počítače, televize, automobily nebo také nemovitosti. K dalším oborům, ve kterých se můžeme s fuzzy logikou setkat patří rizikologie, lékařství, stavebnictví, finanční sféra apod. [17], [29]

5 TVORBA FUZZY MODELŮ

V současné době je dostupné velké množství softwaru, pomocí kterého je možné navrhovat a zejména vytvářet fuzzy modely. Prvním takovým programem je Excel od společnosti Microsoft, který umožňuje velmi snadnou a rychlou tvorbu fuzzy modelů. Dalším velmi často používaným softwarem je MATLAB, ten je v porovnání s předchozím nástrojem na vyšší úrovni. Cílem této kapitoly je stručný popis způsobu, jakým je možné vytvořit modely v těchto dvou softwarech. Na tuto teoretickou část bude následně navazovat praktická část, ve které budou právě tyto dva programy využity.

5.1 MS EXCEL

Program MS Excel je součástí kancelářského balíčku Office a v současnosti se jedná o nejrozšířenější používaný tabulkový procesor. Excel slouží zejména pro zpracování číselných a textových dat, která jsou nejčastěji v tabulkové podobě. Uživatelům nabízí velké množství nejrůznějších funkcí, mezi které patří například automatické výpočty, tvorba tabulek, grafů nebo analýza či filtrace dat. [50]

Jak již bylo zmíněno, program Excel je možné využít také ke tvorbě fuzzy modelů. K tomu, abychom dokázali model úspěšně vytvořit, je nezbytné zpracování tří základních tabulek. Konkrétně se jedná o transformační, stavovou a retransformační matici. V momentě, kdy máme k dispozici tyto tabulky, můžeme pomocí výpočtů a funkcí vytvořit finální model. V dalším textu bude stručně popsán proces tvorby, včetně uvedení konkrétního příkladu. [29]

5.1.1 Transformační matice

V prvním kroku je nutné vytvořit transformační matici se slovním popisem, kde sloupce představují vstupní proměnné a jednotlivé řádky jsou jejich atributy. Přičemž počet atributů se může lišit v závislosti na dané proměnné. V tabulce níže je uveden příklad retransformační matice týkající se koupě nemovitosti. Vstupní proměnné jsou zvoleny na základě parametrů, které při koupi hrají klíčovou roli. Jedná se o cenu, rozlohu, počet místností, stav nemovitosti, lokalitu a typ.

Dalším krokem je převedení vytvořené transformační matice ze slovního popisu do číselné podoby. To znamená, že pro jednotlivé atributy u všech vstupních proměnných stanovíme číselnou hodnotu podle vlastního uvážení. Zvolené bodové hodnocení musí být úměrné vzhledem k ostatním atributům a vstupním proměnným. Pro další výpočty je nezbytná pomocná tabulka, která obsahuje maximální a minimální hodnoty z transformační matice. [17]

Tabulka 1 - transformační matice se slovním popisem. [autor]

Transformační matice - slovní popis						
N	Cena (mil. Kč)	Rozloha (m ²)	Počet místností	Stav nemovitosti	Lokalita	Typ
1	1 - 1,5	0 - 30	1	Velmi dobrý	Město	Byt
2	1,5 - 2	30 - 50	2	Dobrý	Vesnice	Dům
3	2 - 2,5	50 - 70	3	Špatný	Předměstí	Jiný
4	2,5 - 3	70 - 90	4	Velmi špatný	Samota	
5	3 - 4,5	90 - 110	5			
6	4,5 - 6,5	> 110	>5			
7	> 6,5					

Tabulka 2 - transformační matice s číselným popisem. [autor]

Transformační matice - číselný popis							
N	Cena (mil. Kč)	Rozloha (m ²)	Počet místností	Stav nemovitosti	Lokalita	Typ	
1	8	0	0	10	8	10	
2	10	2	1	7	6	5	
3	12	4	4	2	12	1	
4	16	8	8	0	1		
5	12	10	6				
6	4	8	4				
7	1						
Min	1	0	0	0	1	1	
Max	16	10	8	10	12	10	
							Σ
							3
							66

5.1.2 Stavová matice

Po převedení transformační matice do číselné podoby je nutné vytvoření stavové matice. Stavová matice se vždy vztahuje pouze k jednomu objektu, o kterém rozhodujeme. V našem případě tedy o jednu konkrétní vyhodnocovanou nemovitost. Do stavové matice se zadávají parametry daného objektu, tudíž pro každý posuzovaný objekt musí být vytvořena právě jedna stavová matice. Atributy, kterými objekt disponuje se v matici označí hodnotou jedna a všem ostatním je pak přiřazena hodnota nula. V konečné fázi tedy může být v každém sloupci pouze jediná hodnota jedna. Ve stavové matici níže je vyznačena nemovitost s těmito parametry: cena (3,2 mil.), rozloha (73 m²), počet místností (4), stav (dobrý), lokalita (město) a typ (byt). [17]

Tabulka 3 - stavová matice. [autor]

Stavová matice						
N	Cena (mil. Kč)	Rozloha (m ²)	Počet místností	Stav nemovitosti	Lokalita	Typ
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	1	0	0	
5	1	0	0			
6	0	0	0			
7	0					

Následujícím krokem po vyznačení parametrů objektu do stavové matice, je provedení skalárního součinu transformační a stavové matice. Tímto postupem dostaneme bodovou hodnotu pro daný objekt. Bodové ohodnocení naší konkrétní nemovitosti je tedy 53. Výslednou hodnotu je vhodné převést na procentuální tvar, čehož dosáhneme odečtením sumy minimálních hodnot od bodového hodnocení a následným vydělením rozdílem maximální a minimální sumy. Výsledek poté pouze vynásobíme hodnotou 100 dle výpočtu níže. [17]

$$\text{Body} = 1 * 12 + 1 * 8 + 1 * 8 + 1 * 7 + 1 * 8 + 1 * 10 = 53$$

$$(53 - 3) / (66 - 3) * 100 = 79,4 \%$$

5.1.3 Retransformační matice

Retransformační matice slouží k převodu výsledné procentuální hodnoty na slovní hodnocení. Jinými slovy udává výstup z fuzzy modelu, přičemž v prvním sloupci jsou procentuální hodnoty a v druhém pak závěrečné verbální hodnocení.

Tabulka 4 - retransformační matice. [autor]

Retransformační matice	
Procentuální hodnocení	Verbální hodnocení
76 - 100 %	Koupit
51 - 75 %	Zvážit koupi
0 - 50 %	Nekoupit

5.2 MATLAB

Dalším softwarovým nástrojem, který může být využit ke tvorbě fuzzy modelů je program MATLAB. Tento software slouží zejména pro technické a vědecké výpočty, analýzu dat nebo také pro tvorbu algoritmů. MATLAB svým uživatelům nabízí obrovské množství funkcí a doplňků, což patří mezi jeho silné stránky. Nevýhodou představuje pořizovací cena licence, ta je v porovnání s Excelem daleko vyšší. [28], [37]

5.2.1 Fuzzy Logic Toolbox

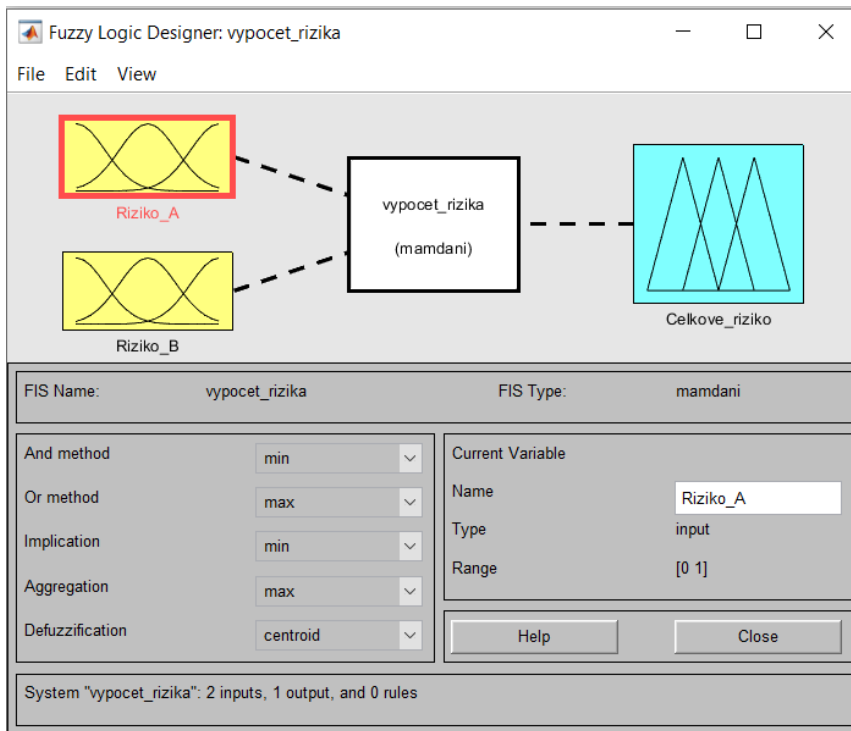
Pro tvorbu fuzzy modelů nabízí MATLAB nástroj jménem Fuzzy Logic Toolbox, s nimž lze velmi snadno pracovat i bez větších znalostí programování. Toolbox může být spuštěn zadáním příkazu fuzzy nebo prostřednictvím záložky apps. Ve Fuzzy Logic Toolboxu je k dispozici pět grafických nástrojů, které jsou vzájemně propojeny a s jejich pomocí lze provádět nejrůznější operace. [15], [18], [25]

Mezi zmiňované nástroje patří:

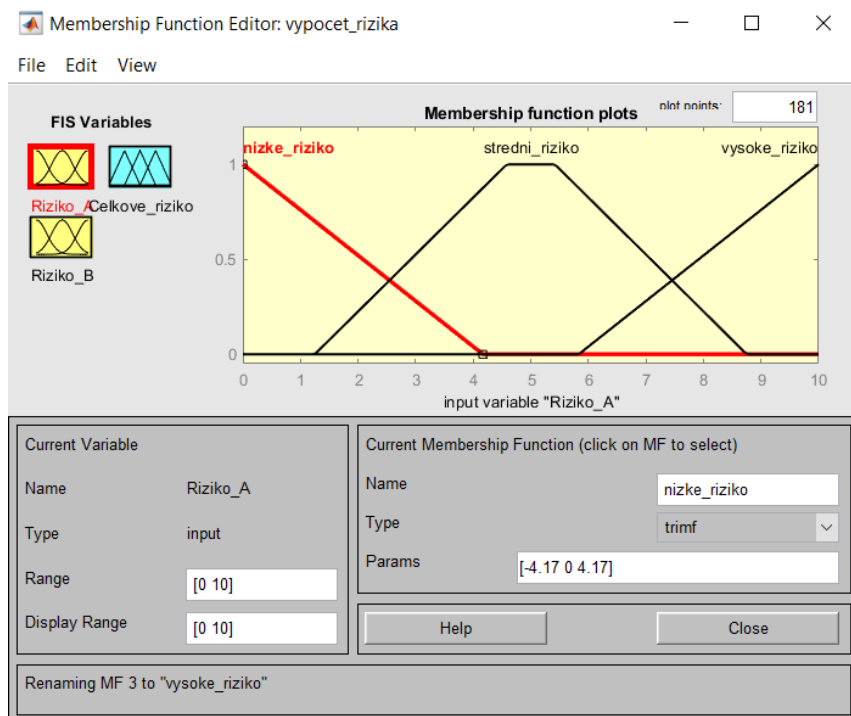
- FIS Editor (Fuzzy Inference System)
- MF Editor (Membership Function Editor)
- Rule Editor
- Rule Viewer
- Surface Viewer

FIS Editor – základní funkcí tohoto editoru je nastavení typu modelu a následné nadefinování jeho vstupních a výstupních proměnných. Typ modelu je možné volit ze dvou variant, a to Sugeno nebo Mamdani. Na obrázku č. 13 je uveden příklad modelu se dvěma vstupními a jednou výstupní proměnnou. Vstupní proměnné jsou riziko A a B, přičemž výstupem z modelu bude celkové riziko. [18], [25]

MF Editor – po nastavení všech proměnných modelu se dostáváme ke druhému nástroji, kterým je editor členských funkcí. Hlavním účelem tohoto editoru je možnost zobrazení a úpravy členských funkcí u jednotlivých proměnných. Pro každou proměnnou lze přidat, odstranit či editovat její členské funkce, současně můžeme také měnit typ funkce. Obrázek č. 14 zobrazuje funkce členství vstupní proměnné riziko A, jedná se celkem o tři funkce – nízké, střední a vysoké riziko. [18], [61]



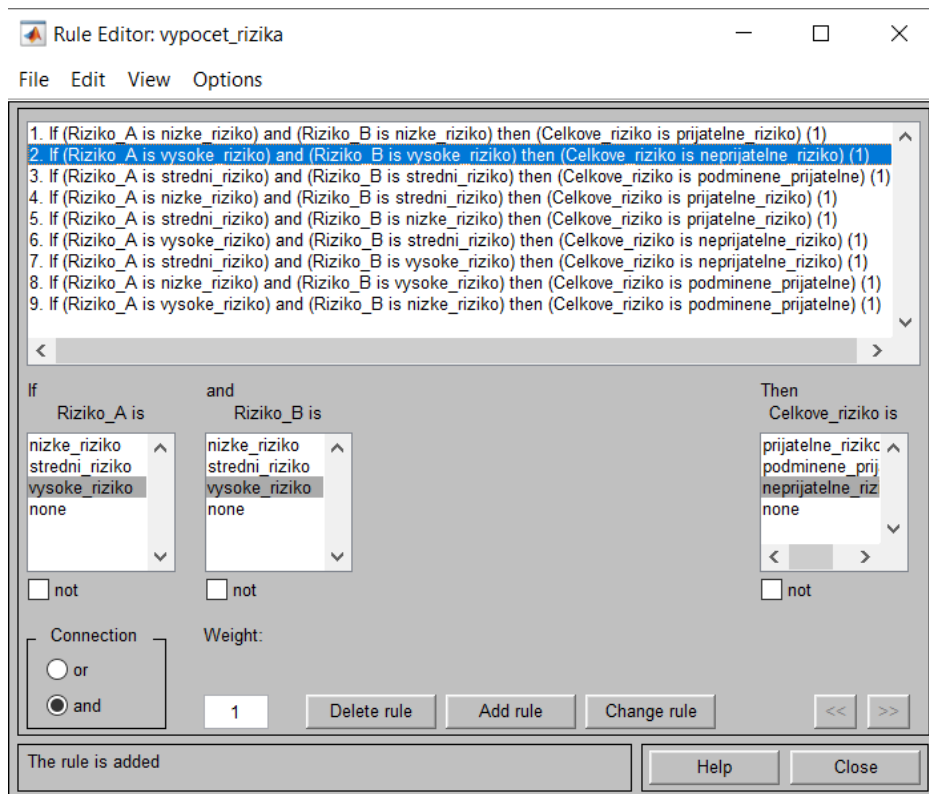
Obrázek 13 - FIS Editor v MATLABu. [autor]



Obrázek 14 - MF Editor v MATLABu. [autor]

Rule Editor – slouží k definování pravidel, na jejich základě pak probíhá rozhodování. Při tomto kroku je nutné nastavit různé kombinace vstupů a současně stanovit hodnotu jejich výstupu. Tato fáze je velmi důležitá, neboť výsledek závisí na vhodném nastavení pravidel. Pro tvorbu

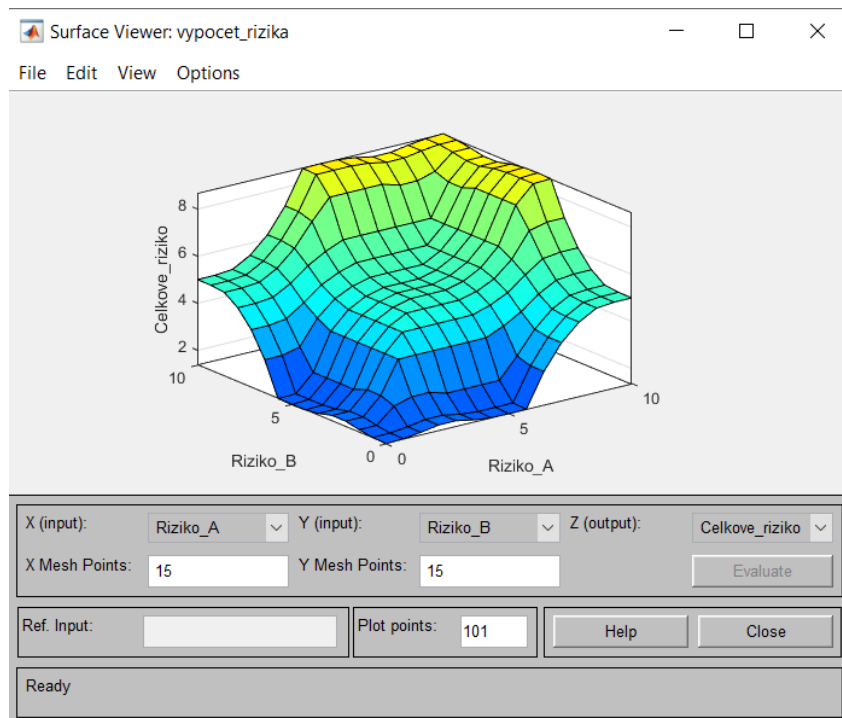
pravidel mohou být použity operátory AND a OR, dále je možné každému pravidlu přiřadit jeho váhu. Jedno z možných nastavení pravidel zobrazuje obrázek níže. [25], [61]



Obrázek 15 - nastavení pravidel pomocí rule editoru. [autor]

Rule Viewer – nastavená pravidla je možné přehledně zobrazit pomocí rule vieweru. Tento nástroj umožňuje lepší pochopení vytvořených pravidel a může být využit například pro diagnostiku chování pravidel. [29]

Surface Viewer – s využitím posledního nástroje je možné sledovat závislost proměnných na základě nastavených pravidel. Pro zobrazení této závislosti se používá trojrozměrný graf viz obrázek níže. [18]



Obrázek 16 - surface viewer. [autor]

Abychom mohli vytvořený model dále používat a upravovat, musíme provést jeho export. Tímto krokem dojde k vytvoření souboru s příponou fis, přičemž soubor obsahuje model uložený v kódové podobě. Dále je nutné vytvořit spustitelný M-soubor, pomocí kterého bude možné do modelu vkládat vstupní hodnoty a následně provádět vyhodnocení. [29]

6 ANALYTICKÁ ČÁST

V úvodu této kapitoly bude popsána vybraná společnost, pro kterou bude prováděn výběr dodavatele. Následně budou v této části práce představeni jednotliví dodavatelé, konkrétně se bude jednat celkově o osm výrobců užitkových vozidel. Pro každou z těchto dodavatelských firem budou uvedeny základní informace o její činnosti.

6.1 ZÁKLADNÍ POPIS SPOLEČNOSTI

Výběr užitkového vozidla bude probíhat pro společnost RKL Opava, spol. s.r.o., která se zabývá dopravními, logistickými a dalšími souvisejícími službami. Právě komplexní silniční doprava a logistické služby jsou dva hlavní směry podnikání. Historie společnosti se datuje od roku 1993, kdy čtyři společníci založili sdružení s názvem RKL Dolní Benešov. Následně v roce 1994 byla založena společnost RKL Opava, spol. s.r.o. V roce 2012 byla firma přestěhována do nově vybudovaného moderního areálu v Suchých Lazcích, který disponuje moderním technickým zázemím. [57]

V oblasti dopravy společnost nabízí svým zákazníkům zahraniční a také vnitrostátní přepravu zásilek, k čemuž využívá svůj rozsáhlý vozový park. Většinou část vozidel tvoří kamionové tahače s návěsy, nicméně pro přepravu jsou využívána také užitková vozidla (dodávky). Vozový park se skládá z celkem 42 nákladních vozidel, které mohou sloužit pro přepravu celovozových a také kusových zásilek. Firma zajišťuje taktéž přepravu nebezpečného zboží podle dohody ADR nebo přepravu zboží s řízeným teplotním režimem. [57]

Pro účely skladování a logistiky nabízí RKL moderní skladovací prostory o kapacitě až 50 tisíc paletových míst. Společnost je schopna zajistit komplexní logistický proces počínající příjmem zboží, jeho uskladněním až po výdej a odeslání koncovému zákazníkovi. Moderní skladovací prostory jsou certifikovány i pro skladování léčiv nebo potravin či pro zboží, které spadá do režimu ADR. Právě kvalita a rozsah poskytovaných služeb jsou jedny z hlavních důvodů úspěchu na trhu, důkazem může být spolupráce s několika významnými společnostmi a velkým počtem podnikatelských subjektů. [57]

6.1.1 Základní údaje

- Název společnosti: **RKL Opava, spol. s r.o.**
- Sídlo: **Přerovecká 304, Suché Lazce, 747 95 Opava**
- IČO: **62304453**
- DIČ: **CZ62304453**
- Základní kapitál: **17.1 milionů Kč**
- Právní forma: **Společnost s r.o.**
- Datum zápisu: **18. listopad 1994**
- Předmět podnikání: **silniční doprava** (nad a do 3,5 tuny), **další služby**, [41]

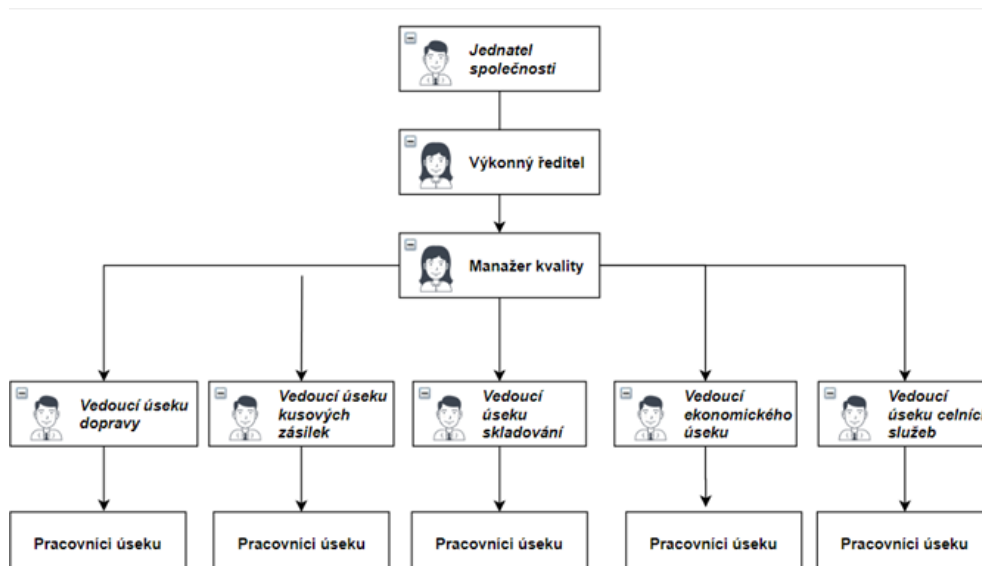


Obrázek 17 - logo společnosti RKL Opava. [57]

6.1.2 Organizační struktura

Organizační struktura společnosti se skládá z několika různých úrovní, a tudíž se jedná o hierarchickou strukturu. Na vrchní úrovni se nachází čtveřice společníků, z nichž jeden má majoritní podíl. Nejvyšší postavení má tedy jednatel s většinovým podílem, následuje výkonný ředitel a poté manažer kvality. Dále se struktura rozděluje v závislosti na jednotlivých firemních úsecích, kterými jsou doprava, distribuce kusových zásilek, skladování a distribuce, celní služby a ekonomický úsek. [57]

Každý úsek má svého vedoucího pracovníka, který je zodpovědný za kmenové pracovníky daného oddělení. V současné době firma zaměstnává celkem zhruba 220 stálých zaměstnanců a v případě potřeby přibírá brigádní pracovníky. Pro lepší srozumitelnost je celá organizační struktura znázorněna na diagramu níže. [57]



Obrázek 18 - organizační struktura. [autor]

6.2 VÝBĚR DODAVATELŮ

Pro účely diplomové práce bylo provedeno porovnání celkově osmi dodavatelů užitkových vozidel, přičemž u dvou dodavatelů bylo provedeno vyhodnocení dvou různých variant stejného modelu. V současnosti existuje více dodavatelů, nicméně s ohledem na dostupnost prodeje a servisu v České republice byli vybráni pouze nejrozšířenější výrobci.

6.2.1 Ford

Prvním prověřovaným dodavatelem je známá společnost Ford Motor Company, která byla založena v roce 1903 v americkém městě Detroit. Ford se řadí mezi přední světové výrobce osobních a také dalších typů vozidel. Nejznámějším modelem užitkových vozidel je Transit, který se vyrábí již od roku 1965. V roce 2021 se Ford Transit umístil na devátém místě v počtu prodaných kusů lehkých užitkových vozidel na území České republiky, tento model tvořil 3,50 % ze všech prodaných vozidel této kategorie. [14], [23]

Základní informace:

- Název společnosti: **Ford Motor Company**
- Země původu: **USA**
- Rok založení: **1903**
- Zakladatel: **Henry Ford**



Obrázek 19 - logo společnosti Ford. [23]

6.2.2 Mercedes-Benz

Dalším potenciálním dodavatelem je německá společnost Mercedes-Benz, jejíž historie se datuje od roku 1926, kdy byla založena. Sídlo společnosti se nachází v Německu, konkrétně ve Stuttgartu. Znak Mercedesu je vytvořen ze tří cípů, které tvoří hvězdu a symbolizují zemi, vzduch a vodu. Trojčípá hvězda se pak nachází v kruhu, který představuje vavřínový věnec. Kromě osobních vozidel se firma zabývá také výrobou užitkových a nákladních automobilů. Jeden z představitelů užitkových vozidel je model Sprinter, jehož první generace byla uvedena na trh již v roce 1995. Model Sprinter obsadil celkově šesté místo v počtu prodaných kusů lehkých užitkových vozidel v České republice za rok 2021, což představuje zhruba 4,48 % všech vozidel uvedené kategorie. [14], [39], [46]

Základní informace:

- Název společnosti: **Mercedes-Benz**
- Země původu: **Německo**
- Rok založení: **1926**
- Zakladatel: **Gottlieb Daimler a Karl Benz**



Obrázek 20 - logo Mercedes-Benz. [39]

6.2.3 Volkswagen

Jako další dodavatel byla zvolena společnost Volkswagen, která patří k největším celosvětovým výrobcům vozidel. Její historie začala v roce 1937 v Německu, kdy byla založena jako státní firma. Tato automobilka je součástí koncernu VW Group, pod který spadají například společnosti Škoda, Audi nebo také Porsche. V kategorii užitkových vozů jsou známé především modely Transporter a Crafter, které jsou nabízeny v mnoha různých provedeních. Výroba modelu Crafter začala v roce 2006, přičemž oproti druhému zmiňovanému modelu je větší a vhodnější pro účely převozu zboží. Crafter se stal desátým neprodávanějším užitkovým vozidlem v České republice za rok 2021, to představuje pouhých 3,19 % ze všech prodaných užitkových vozů. [14], [69]

Základní informace:

- Název společnosti: **Volkswagen**
- Země původu: **Německo**
- Rok založení: **1937**
- Zakladatel: **Státní podnik**



Obrázek 21 - logo Volkswagen. [69]

6.2.4 Citroën

Citroën patří mezi evropské výrobce osobních a užitkových automobilů, tato značka má původ ve Francii, kde byla v roce 1919 založena. Vozy Citroën jsou vyráběny celkově v devíti závodech rozmístěných po celé Evropě, včetně ČR. V současnosti je Citroën členem koncernu Stellantis, do kterého patří značky jako Peugeot, Opel či Alfa Romeo. Zástupcem mezi užitkovými vozy je zejména Citroën Jumper, který se v roce 2021 stal pátým nejčastěji kupovaným užitkovým vozem na území České republiky. [7], [14]

Základní informace:

- Název společnosti: **Citroën**
- Země původu: **Francie**
- Rok založení: **1919**
- Zakladatel: **André Citroën**



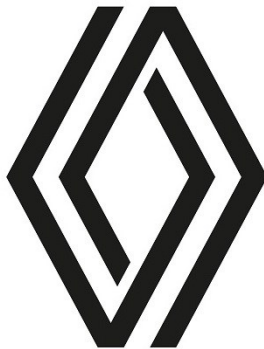
Obrázek 22 - logo Citroën. [40]

6.2.5 Renault

Stejně jako předchozí výrobce je společnost Renault francouzského původu a o její založení se postarali tři společníci již v roce 1899. Kromě klasických osobních a užitkových vozů Renault vyrábí autobusy, traktory a také nákladní vozidla. V oblasti užitkových vozů je primárním zástupcem model Renault Master, který se vyrábí od roku 1980. V loňském roce se v České republice prodalo celkově 1 726 kusů modelu Master, což ho v kategorii užitkových vozů řadí na druhou pozici. [14], [55]

Základní informace:

- Název společnosti: **Renault**
- Země původu: **Francie**
- Rok založení: **1899**
- Zakladatel: **Louis Renault, Marcel Renault, Fernand Renault**



Obrázek 23 - logo Renault. [52]

6.2.6 Peugeot

Dalším analyzovaným dodavatelem je firma Peugeot, jejíž historie sahá až do 19. století, konkrétně do roku 1810. V tomto roce byla společnost založena dvěma spolujemiteli a hlavním předmětem podnikání byla výroba jízdních kol nebo také kávovarů. V současné době je výroba zaměřena zejména na automobily. Mezi modely užitkových vozidel patří hlavně Peugeot Boxer, který v roce 2021 obsadil první příčku v počtu prodaných kusů ve své kategorii na území ČR. Celkově bylo v minulém roce prodáno 1731 kusů tohoto modelu, což odpovídá téměř 9 % všech nově zakoupených dodávek. [14], [49]

Základní informace:

- Název společnosti: **Peugeot**
- Země původu: **Francie**
- Rok založení: **1810**
- Zakladatel: **Jean-Pierre Peugeot, Jean-Frédéric Peugeot**



Obrázek 24 - logo Peugeot. [60]

6.2.7 Opel

Opel je dalším německým automobilovým výrobcem, jehož tradice sahá až do roku 1862, ve kterém byla tato společnost založena stejnojmenným majitelem Adamem Opelem. V počátcích byla firma zaměřena zejména na výrobu šicích strojů a jízdních kol. Nyní se Opel výhradně věnuje výrobě osobních a také nákladních vozidel. Opel spadá společně s dalšími automobilkami pod koncern Stellantis. V oblasti užitkových vozů zastupuje tohoto výrobce model Movano, jehož první generace se začala konstruovat v roce 1998. [45]

Základní informace:

- Název společnosti: **Opel**
- Země původu: **Německo**
- Rok založení: **1862**
- Zakladatel: **Adam Opel**



Obrázek 25 - logo Opel. [59]

6.2.8 Fiat

Posledním potenciálním dodavatelem je výrobce Fiat, který byl založen v italském městě Turín v roce 1899. Jedná se o největšího italského výrobce osobních a také užitkových automobilů. Mezi užitková vozidla spadá známý model Fiat Ducato, který se v roce 2021 stal čtvrtým nejčastěji kupovaným užitkovým vozem v České republice. Celkový počet prodaných kusů se vyšplhal na 1258, což představuje 6,40 % ze všech prodaných dodávek. [14], [22]

Základní informace:

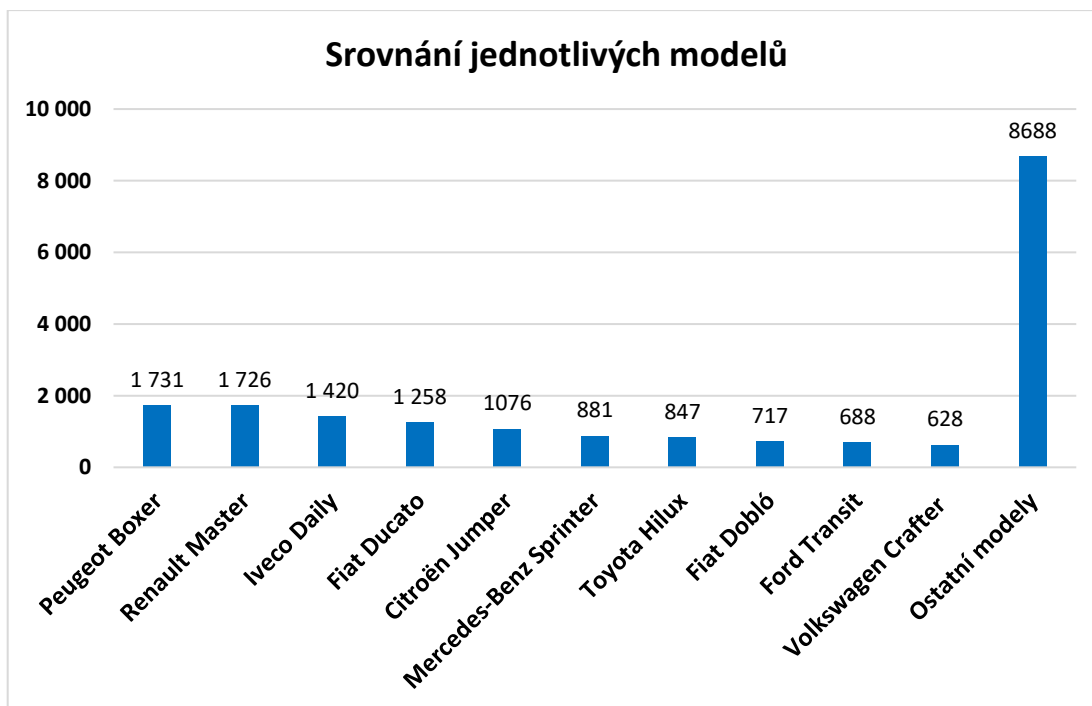
- Název společnosti: **Fiat**
- Země původu: **Itálie**
- Rok založení: **1899**
- Zakladatel: **Giovanni Agnelli**



Obrázek 26 - logo Fiat. [22]

6.2.9 Srovnání dodavatelů

Na závěr analytické části jsou níže uvedeny základní statistiky prodeje lehkých užitkových vozidel za rok 2021 na území České republiky. Za rok 2021 bylo celkově zaregistrováno 19 660 nových užitkových vozidel. Do první desítky nejčastěji kupovaných modelů za loňský rok se řadí sedm modelů, které budou v praktické části analyzovány. Graf níže zobrazuje počet prodaných kusů jednotlivých modelů (nových), spolu s procentuálním vyjádřením. [14], [51]



Graf 1 - srovnání jednotlivých modelů. [14], [51]

7 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

V praktické části této diplomové práce bude provedena analýza výše uvedených dodavatelů užitkových vozidel a následně bude doporučen ten nejvhodnější z nich. Celkově bude vyhodnoceno deset konkrétních dodávek od osmi výrobců, jejichž přehled je uveden níže v tabulkách. Společnost RKL Opava při své činnosti využívá tento typ vozidel, zejména k přepravě kusových zásilek svých zákazníků.

V úvodu této části budou nejprve stanoveny kritéria, které firma považuje za rozhodující při výběru vozidla. Následně bude těmto kritériím přiřazena jejich důležitost a také se provede jejich diskretizace. Po nadefinování kritérií pro výběr budou vytvořeny dva fuzzy modely, jeden pomocí softwaru Excel a druhý s využitím MATLABu. V závěru kapitoly bude provedeno vyhodnocení dosažených výsledků spolu s porovnáním obou vytvořených modelů.

7.1 KRITÉRIA VÝBĚRU

Pro výběr vhodné dodávky je pro uvažovanou společnost důležitých osm základních atributů. Jedná se zejména o spotřebu, cenu vozidla a servisu a také záruku, tyto kritéria jsou při výběru stěžejní. Dále se při výběru bere v potaz objem nákladního prostoru, užitečná hmotnost, výkon motoru a množství emisí CO₂. Všechny použité atributy mají kvantitativní charakter, a proto musí být jejich rozsah vhodně diskretizován na intervaly. [66]

7.1.1 Spotřeba vozidla

Klíčovým parametrem při výběru je kombinovaná spotřeba vozidla, která má zásadní vliv na celkové provozní náklady. Tento parametr je v porovnání s cenou vozidla důležitější, neboť se předpokládá, že náklady na pohonné hmoty za celou provozní dobu budou převyšovat pořizovací náklady. Spotřeba je uváděna v litrech na 100 km a rozsah tohoto atributu je rozdělen do šesti intervalů následovně:

- 0 - 7 l
- 7,1 - 8 l
- 8,1 - 9 l
- 9,1 - 10 l
- 10,1 - 11 l
- 11,1 a více l

7.1.2 Cena vozidla

Druhým atributem je cena vozidla, která se může významně lišit v závislosti na výrobci, výbavě nebo provedení vozidla apod. Po spotřebě je tedy kupní cena druhým nejdůležitějším parametrem a její rozsah je diskretizován na sedm intervalů. S výjimkou prvního a posledního intervalu, mají všechny vytvořené intervaly jednotnou šířku 150 tisíc Kč. Je nutné dodat, že uvedená cena je včetně DPH. Atribut je rozdělen následovně:

- 0 – 700 000 Kč
- 700 001 - 850 000 Kč
- 850 001 - 1 000 000 Kč
- 1 000 001 - 1 150 000 Kč
- 1 150 001 - 1 300 000 Kč
- 1 300 001 - 1 450 000 Kč
- 1 450 001 a více Kč

7.1.3 Cena servisu

Další důležité kritérium při výběru je cena servisu, která je vyjádřena pomocí hodinové sazby za mechanickou práci na daném vozidle. Tento atribut do jisté míry záleží na výrobci vozidla, ale hlavní roli při stanovení ceníku mají konkrétní servisy. Z tohoto důvodu bylo nutné zjistit tento parametr v nejbližších servisních místech daných výrobců. Rozsah atributu je rozdělen do sedmi intervalů následovně:

- 0 – 1000 Kč
- 1001 – 1200 Kč
- 1201 – 1400 Kč
- 1401 – 1600 Kč
- 1601 – 1800 Kč
- 1801 – 2000 Kč
- 2001 a více Kč

7.1.4 Záruka

Cena servisu souvisí s dalším parametrem, kterým je záruka. Zákonná záruka na nově zakoupené vozidlo je dle občanského zákoníku dlouhá dva roky. Nicméně výrobce může nabídnout smluvní záruku nad rámec zákona, jejíž délka může být různá. Atribut záruka je rozdělen do čtyř intervalů v závislosti na délce poskytnuté záruky. Jednotlivé intervaly jsou následující: [1]

- 2 a méně let
- 3 roky
- 4 roky
- 5 a více let

7.1.5 Objem nákladního prostoru

Následující atribut se týká praktického využití automobilu, konkrétně se jedná o objem nákladního prostoru. Jednotky této vstupní proměnné jsou m^3 a její hodnota závisí na zvoleném typu karoserie. Většina výrobců nabízí stejnou modelovou řadu ve více provedeních karoserie, jejichž délka, šířka a výška jsou rozdílné. Atribut je diskretizován do šesti intervalů, které mají následující podobu:

- 0 – 8 m^3
- 8,1 – 10 m^3
- 10,1 – 12 m^3
- 12,1 – 14 m^3
- 14,1 – 16 m^3
- 16,1 a více m^3

7.1.6 Užitečné zatížení

Užitečné zatížení neboli nosnost je dalším důležitým parametrem z praktického pohledu na vozidlo. Celková hmotnost lehkého užitkového vozidla nemůže dle zákona přesahovat hodnotu 3,5 tuny. Jedním z požadavků společnosti je možnost převážet náklad co největší hmotnosti, tudíž, aby byla hodnota užitečného zatížení velká. Rozsah proměnné je rozdělen následovně:

- 0 – 1000 kg
- 1001 – 1250 kg
- 1251 – 1500 kg
- 1501 – 1750 kg
- 1751 – 2000 kg
- 2001 a více kg

7.1.7 Výkon motoru

Předposlední vstupní proměnnou je výkon motoru, jehož jednotky jsou uvedeny v počtu kW. Každý výrobce nabízí několik variant motorů, které se liší nejen ve výkonu, ale také v objemu, spotřebě nebo v množství emisí CO_2 . Atribut výkon motoru je diskretizován do pěti intervalů:

- 0 – 85 kW
- 86 – 100 kW
- 101 – 115 kW
- 116 – 130 kW
- 131 a více kW

7.1.8 Emise CO₂

Posledním atributem je produkované množství emisí CO₂ (oxidu uhličitého). V současnosti se neustále zpřísňují emisní limity pro vozidla, tento fakt nutí výrobce vyrábět motory přívětivější k životnímu prostředí. Vozidla nesplňující emisní limity nemohou být provozována nebo například nesmí vjíždět do určitých oblastí. Jeden z požadavků společnosti je, aby zakoupené vozidlo mělo co nejdélší životnost, proto je nezbytné sledovat tento parametr. Množství emisí se uvádí v jednotkách g/km a atribut je rozdělen do těchto čtyř kategorií:

- 0 – 220 g/km
- 221 – 240 g/km
- 241 – 260 g/km
- 261 a více g/km

7.2 FUZZY MODEL EXCEL

K vytvoření prvního fuzzy modelu byl využit program Excel, který obsahuje čtyři základní tabulky. S jejich pomocí je možné vyhodnotit jednotlivé dodavatele a poté stanovit závěrečné slovní hodnocení. Konkrétně se jedná o transformační matici se slovním a číselným popisem, retransformační a stavovou matici. V následující části práce budou popsány dílčí kroky vedoucí k vytvoření těchto matic.

7.2.1 Transformační matice se slovním popisem

V prvním kroku je nezbytné vytvořit transformační matici se slovním popisem, která obsahuje všechny vstupní proměnné uvedené v předchozí části. Do modelu tedy vstupuje celkem osm atributů, které jsou důležité při výběru vozidla. Rozsah těchto atributů je diskretizován do různého počtu intervalů, jejichž počet se pohybuje v rozmezí od čtyř do sedmi. Při sestavování transformační matice bylo vycházeno z požadavků společnosti a její podoba je uvedena v tabulkách č. 5 a 6.

Tabulka 5 - transformační matice se slovním popisem 1. část. [autor]

Spotřeba (l/100 km)	Cena vozidla (Kč)	Cena servisu (Kč)	Záruka (roky)
0,0 - 7,0	0 - 700 000	0 - 1000	2 a méně
7,1 - 8,0	700 001 - 850 000	1001 - 1200	3
8,1 - 9,0	850 001 - 1 000 000	1201 - 1400	4
9,1 - 10,0	1 000 001 - 1 150 000	1401 - 1600	5 a více
10,1 - 11,0	1 150 001 - 1 300 000	1601 - 1800	
11,1 a více	1 300 001 - 1 450 000	1801 - 2000	
	1 450 001 a více	2001 a více	

Tabulka 6 - transformační matice se slovním popisem 2. část. [autor]

Objem nákl. prostoru (m ³)	Užitečné zatížení (kg)	Výkon motoru (kW)	Emise CO ₂ (g/km)
0,0 - 8,0	0 - 1000	0 - 85	0 - 220
8,1 - 10,0	1001 - 1250	86 - 100	221 - 240
10,1 - 12,0	1251 - 1500	101 - 115	241 - 260
12,1 - 14,0	1501 - 1750	116 - 130	261 a více
14,1 - 16,0	1751 - 2000	131 a více	
16,1 a více	2001 a více		

7.2.2 Transformační matice s číselným popisem

Vytvořenou matici z prvního kroku bylo nutné převést do číselné podoby. To znamená, že pro každou vstupní proměnnou a všechny jejich intervaly, byly stanoveny odpovídající číselné hodnoty na základě jejich významnosti. Čím více je atribut při výběru důležitější, tím větší má číselnou hodnotu neboli váhu. Z tohoto důvodu může mít každá vstupní proměnná odlišný rozsah. Následně byla vytvořena pomocná tabulka, která obsahuje maximální a minimální hodnoty z každého sloupce číselné transformační matice. Pro další výpočty byly stanoveny sumy zjištěných

maxim a minim, které mají hodnotu 92 resp. 19. Bodové hodnocení každého atributu je znázorněno pomocí funkce příslušnosti, která uvádí závislost mezi počtem bodů a jednotlivými intervaly dané proměnné. Vytvořená transformační matice s číselným popisem a příklad funkce příslušnosti jsou uvedeny níže.

Tabulka 7 - transformační matice s číselným popisem - 1. část. [autor]

Spotřeba (l/100 km)	Cena vozidla (s DPH)	Cena servisu (s DPH)	Záruka (roky)
18	15	13	6
16	13	11	8
14	11	9	10
10	9	7	12
6	7	5	
0	5	3	
	3	1	

Tabulka 8 - transformační matice s číselným popisem - 2. část [autor]

Objem nákl. prostoru (m³)	Užitečné zatížení (kg)	Výkon motoru (kW)	Emise CO₂ (g/km)
2	0	4	6
5	4	5	5
7	6	6	4
8	8	7	3
9	9	8	
10	10		

7.2.3 Retransformační matice

Pomocí retransformační matice se stanovuje výstup z modelu, jinými slovy slouží k převedení procentuálního hodnocení na verbální hodnocení. V případě tohoto modelu může verbální hodnocení nabývat jednu ze tří možností, jsou jimi doporučení koupě, zvážení koupě a nedoporučení koupě. První sloupec matice obsahuje procentuální hodnocení a ve druhém sloupci je uveden jemu odpovídající výstup. Pokud vozidlo dosáhne hodnocení v rozmezí 100 až 81 %, pak bude doporučeno jeho zakoupení, v případě hodnocení mezi 80 až 61 % bude doporučeno zvážení koupě. Jestliže hodnocení nepřesáhne hranici 60 % nebude doporučena koupě vozidla.

Tabulka 9 - retransformační matice. [autor]

Retransformační matice	
Procentuální hodnocení	Verbální hodnocení
100 - 81 %	Doporučit koupí
80 - 61 %	Zvážit koupí
60 - 0 %	Nedoporučit koupí

7.2.4 Stavová matice

Dalším krokem je vytvoření stavové matice, ve které jsou vyznačeny odpovídající parametry jednotlivých vozidel. Pro každé vozidlo je tedy vytvořena samostatná stavová matice, jenž obsahuje pouze jedničky a nuly. Hodnota jedna označuje interval příslušného atributu, do kterého spadá daný parametr vozidla, všechny ostatní intervaly ve sloupci musí být rovny nule. Po vyznačení všech parametrů do stavové matice, musí každý sloupec (atribut) obsahovat pouze jednu hodnotu 1. Pro ověření této podmínky byla v Excelu použita funkce KDYŽ (poslední řádek v tabulce). Tabulka č. 10 uvádí příklad stavové matice pro vozidlo Mercedes Sprinter.

Tabulka 10 - stavová matice Mercedes Sprinter. [autor]

Stavová matice - MERCEDES SPRINTER (415 CDI)							
Spotřeba (l/100 km)	Cena vozidla (Kč)	Cena servisu (Kč)	Záruka (roky)	Objem nákl. prostoru (m ³)	Užitečné zatížení (kg)	Výkon motoru (kW)	Emise CO ₂ (g/km)
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0	1
1	0	1		1	0	0	
0	1	0		0	0		
	0	0					
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

7.2.5 Vyhodnocení dodavatelů


Po vytvoření všech potřebných matic je možné přistoupit k vyhodnocení jednotlivých užitkových vozidel. Celkem bude provedeno hodnocení desíti vozidel, přičemž pro každé z nich je vytvořena přehledná tabulka s příslušnými parametry. Vyhodnocení je nejprve provedeno pomocí bodového hodnocení, které je následně převedeno na procentuální tvar. Dále je součástí vyhodnocení také závěrečné verbální doporučení, které je vygenerováno pomocí retransformační matice.

Pro výpočet celkového hodnocení je použit skalární součin příslušné stavové matice spolu s transformační maticí v číselné podobě. Výsledná hodnota je následně převedena na procentuální tvar, k čemuž je využit jednoduchý vzorec využívající sumy maxim a minim z transformační matice. Závěrečné doporučení je stanoveno pomocí funkce KDYŽ a retransformační matice.

Prvním posuzovaným vozem je model Transit Van (Trend 350) od společnosti Ford. Jeho výhodou je zejména objem nákladního prostoru spolu s velkým užitečným zatížením, jehož celková nosnost činí 2 372 kg. Další výhodou je také nabízená čtyřletá záruka při zakoupení nového vozu. Tento model dosáhl celkového hodnocení 67 bodů, což po převedení na procentuální tvar činí 65,75 %. Na základě tohoto výsledku je doporučeno zvážit koupi tohoto automobilu.

Tabulka 11 - parametry Ford Transit (Trend 350). [3], [33]

FORD TRANSIT VAN (TREND 350)	
Spotřeba:	8,5 (l/100 km)
Cena (s DPH):	1 189 878 Kč
Výkon motoru:	96 kW
Cena servisu (s DPH):	1 416 Kč/hod.
Záruka:	4 roky
Objem nákladního prostoru:	15,1 m ³
Užitečné zatížení:	2 372 kg
Emise CO ₂ :	223 (g/km)



Obrázek 27 - Ford Transit (Trend 350). [42]


Tabulka 12 - vyhodnocení Ford Transit (Trend 350). [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	67
Celkové hodnocení v %:	65,75
Závěrečné doporučení:	Zvážit koupi

Druhý hodnocený vůz je Mercedes Sprinter od stejnojmenné německé společnosti, jehož skóre dosáhlo velmi nízké hodnoty. Celkové bodové hodnocení činilo pouhých 48 bodů, které odpovídají 39,73 %, z tohoto důvodu je výstupem fuzzy modelu nedoporučení koupě. Takto špatný výsledek byl způsoben velkou spotřebou pohonných hmot, jejíž hodnota je 10,8 l na 100 km, dále vysokou cenou vozidla a také velkým množstvím uvolňovaných emisí CO₂. Naopak jako výhody mohou být považovány velký úložný prostor a celková nosnost. Veškeré parametry tohoto modelu spolu s jeho vyhodnocením jsou v uvedeny v tabulkách níže.

Tabulka 13 - parametry Mercedes Sprinter. [43], [62]

MERCEDES SPRINTER (415 CDI)	
Spotřeba:	10,8 (l/100 km)
Cena (s DPH):	1 349 181 Kč
Výkon motoru:	110 kW
Cena servisu (s DPH):	1 682 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	15,5 m ³
Užitečné zatížení:	1 664 kg
Emise CO ₂ :	283 (g/km)



Obrázek 28 - Mercedes Sprinter. [64]


Tabulka 14 - vyhodnocení Mercedes Sprinter. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	48
Celkové hodnocení v %:	39,73
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupí

Dalším dodavatelem je společnost Volkswagen, kterou zastupuje model Crafter. Mezi nevýhody tohoto modelu patří vysoká pořizovací cena a také vysoká hodinová sazba za servisní práce, která převyšuje hodnotu 2 tisíce Kč. Naopak mezi výhody můžeme zařadit nízkou spotřebu a nadstandardní čtyřletou záruku od výrobce. Další výhodou představuje velký objem nákladního prostoru, jehož velikost je 16,4 m³. Po vyhodnocení všech parametrů získal model Crafter 57 bodů, které po přepočtu dosahují 52,05 %, tento výsledek pak odpovídá závěrečnému doporučení vozidlo nekoupit.

Tabulka 15 - parametry VW Crafter. [8]

VOLKSWAGEN CRAFTER 35	
Spotřeba:	7,9 (l/100 km)
Cena (s DPH):	1 318 138 Kč
Výkon motoru:	130 kW
Cena servisu (s DPH):	2 093 Kč/hod.
Záruka:	4 roky
Objem nákladního prostoru:	16,4 m ³
Užitečné zatížení:	1 218 kg
Emise CO ₂ :	250 (g/km)



Obrázek 29 - VW Crafter. [68]


Tabulka 16 - vyhodnocení VW Crafter. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	57
Celkové hodnocení v %:	52,05
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

Následujícím analyzovaným vozidlem je Citroën Jumper, jehož dodavatelem je francouzská automobilka Citroën. Výhodou tohoto modelu je velmi nízká cena za hodinu práce v servise, zatímco do kategorie nevýhod spadá poměrně vysoká spotřeba paliva. Z hlediska převozu nákladu je velikost úložného prostoru 15 m³ a maximální možné zatížení je 1 365 kg. Celkové bodové hodnocení bylo u modelu Jumper stanoveno na 62 bodů, což odpovídá 58,90 %. Dle retransformační matice se nedoporučuje koupě tohoto vozidla.

Tabulka 17 - parametry Citroën Jumper (4-35). [4]

CITROËN JUMPER (4-35)	
Spotřeba:	9,5 (l/100 km)
Cena (s DPH):	1 170 917 Kč
Výkon motoru:	120 kW
Cena servisu (s DPH):	956 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	15 m ³
Užitečné zatížení:	1 365 kg
Emise CO ₂ :	249 (g/km)



Obrázek 30 - Citroën Jumper (4-35). [6]


Tabulka 18 - vyhodnocení Citroën Jumper (4-35). [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	62
Celkové hodnocení v %:	58,90
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

Jako další potenciální dodavatel byla vybrána společnost Renault s její modelovou řadou Master. Tento užitkový vůz je hlavně zajímavý svou cenou, která je v porovnání s předchozími vozy nižší. To se ovšem odráží především ve výkonu motoru, který nemá tak velký počet kW. Výrobce poskytuje standardní záruku 2 roky, přičemž po jejím uplynutí činí hodinová servisní sazba 1257 Kč. Bodové hodnocení je totožné s předchozím vozem, tedy 62 bodů neboli 58,90 %, tudíž opět není doporučeno jeho zakoupení.

Tabulka 19 - parametry Renault Master. [53]

RENAULT MASTER	
Spotřeba:	8,4 (l/100 km)
Cena (s DPH):	929 280 Kč
Výkon motoru:	81 kW
Cena servisu (s DPH):	1 257 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	10,8 m ³
Užitečné zatížení:	1 329 kg
Emise CO ₂ :	221 (g/km)



Obrázek 31 - Renault Master. [54]


Tabulka 20 - vyhodnocení Renault Master. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	62
Celkové hodnocení v %:	58,90
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

Peugeot Boxer je dalším vyhodnocovaným užitkovým vozem, výrobcem tohoto modelu je francouzská společnost Peugeot. Mezi pozitivní parametry můžeme zařadit především nízkou cenu servisu a také vyšší užitečné zatížení, které má hodnotu 1 515 kg. Naopak nevýhodou je nižší výkon motoru, který dosahuje 88 kW. Po vyhodnocení těchto atributů vůz dosáhl celkového hodnocení 60 bodů, což odpovídá 56,16 %. Na základě vypočteného skóre je závěrečné doporučení tento vůz nekoupit.

Tabulka 21 - parametry Peugeot Boxer. [47]

PEUGEOT BOXER 3500	
Spotřeba:	9,2 (l/100 km)
Cena (s DPH):	1 003 332 Kč
Výkon motoru:	88 kW
Cena servisu (s DPH):	1 054 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	11,5 m ³
Užitečné zatížení:	1 515 kg
Emise CO ₂ :	242 (g/km)



Obrázek 32 - Peugeot Boxer. [48]


Tabulka 22 - vyhodnocení Peugeot Boxer. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	60
Celkové hodnocení v %:	56,16
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

Dalším posuzovaným dodavatelem je firma Opel, kterou zastupuje model Movano. V porovnání s předchozími modely má Movano na první pohled lepší parametry. Jedná se zejména o nízkou pořizovací cenu, nízkou hodinovou sazbu za servisní práce, která činí 950 Kč/hod. a v neposlední řadě nadstandardní záruku v délce pěti let. Spotřeba paliva a další hodnocené parametry mají průměrné hodnoty. Po zanesení zjištěných parametrů do stavové matice, získal model 67 bodů, to odpovídá 65,75 %. Výstupem z modelu je tedy doporučení zvážit koupi tohoto vozidla.

Tabulka 23 - parametry Opel Movano. [32]

OPEL MOVANO 3 300	
Spotřeba:	9,3 (l/100 km)
Cena (s DPH):	921 899 Kč
Výkon motoru:	103 kW
Cena servisu (s DPH):	950 Kč/hod.
Záruka:	5 let
Objem nákladního prostoru:	10 m ³
Užitečné zatížení:	1 290 kg
Emise CO ₂ :	243 (g/km)



Obrázek 33 - Opel Movano. [44]


Tabulka 24 - vyhodnocení Opel Movano. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	67
Celkové hodnocení v %:	65,75
Závěrečné doporučení:	Zvážit koupi

Automobilka Fiat je jedním z možných dodavatelů, která je reprezentována modelem Ducato. V první řadě model zaujme dvěma parametry, kterými jsou spotřeba a pořizovací cena. Kombinovaná spotřeba paliva uváděna výrobcem je 7,9 l na 100 km, což Fiat zařazuje do skupiny nejušpornějších posuzovaných vozidel. Pořizovací cena tohoto modelu je pouze necelých 800 tisíc Kč, nicméně zákazníkovi je poskytována jen klasická dvouletá záruka. Mezi výhody patří také poměrně velké užitečné zatížení a malé množství uvolňovaných emisí oxidu uhličitého. V závislosti na uvedených parametrech je celkový počet bodů tohoto vozu 69, v přepočtu na procenta pak 68,49 %. Po vyhodnocení výsledků bylo společnosti doporučeno zvážit koupi vozu.

Tabulka 25 - parametry Fiat Ducato. [5]

FIAT DUCATO	
Spotřeba:	7,9 (l/100 km)
Cena (s DPH):	799 132 Kč
Výkon motoru:	103 kW
Cena servisu (s DPH):	1229 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	10 m ³
Užitečné zatížení:	1 565 kg
Emise CO ₂ :	208 (g/km)



Obrázek 34 - Fiat Ducato. [20]


Tabulka 26 - vyhodnocení Fiat Ducato. [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	69
Celkové hodnocení v %:	68,49
Závěrečné doporučení:	Zvážit koupi

Druhým modelem společnosti Ford je Transit Trend 310, který se od prvního modelu odlišuje v úpravě karoserie. Hlavním rozdílem je kratší délka a menší výška vozidla, tento fakt se projevuje zejména ve velikosti nákladního prostoru a také v možném užitečném zatížení. Úložný prostor má objem 9,3 m³ a nosnost činí 1 002 kg, tyto parametry můžeme zařadit mezi nevýhody. Na druhé straně má tento model nízkou spotřebu paliva, což se výrazně projeví v provozních nákladech. Další výhodou je čtyřletá záruka, kterou výrobce poskytuje při zakoupení nového vozu. Celkové hodnocení dosáhlo hodnoty 63 bodů neboli 60,27 %, proto nebylo doporučeno zakoupení vozidla.

Tabulka 27 - parametry Ford Transit (Trend 310). [3], [33]

FORD TRANSIT VAN (TREND 310)	
Spotřeba:	8,0 (l/100 km)
Cena (s DPH):	989 000 Kč
Výkon motoru:	77 kW
Cena servisu (s DPH):	1 416 Kč/hod.
Záruka:	4 roky
Objem nákladního prostoru:	9,3 m ³
Užitečné zatížení:	1 002 kg
Emise CO ₂ :	210 (g/km)



Obrázek 35 - Ford Transit (Trend 310). [24]


Tabulka 28 - vyhodnocení Ford Transit (Trend 310). [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	63
Celkové hodnocení v %:	60,27
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

Posledním potenciálním dodavatelem je opět společnost Citroën s modelovou řadou Jumper 30. Jedná se o menší variantu předchozího modelu Jumper 4-35, která se liší v provedení karoserie. Stejně jako u prvního zástupce této automobilky, je výhodou nízká cena servisu, jejíž hodnota je 956 Kč za hodinu a taktéž nízká pořizovací cena. Rozdílné provedení karoserie snižuje maximální možné užitečné zatížení vozidla na 1 050 kg a současně také omezuje objem nákladního prostoru na pouhých 8 m³. Kombinovaná spotřeba paliva se pohybuje okolo 8,5 l na 100 km, přičemž jízdou se každý kilometr uvolní do ovzduší 222 gramů CO₂. Výsledné hodnocení činí 62 bodů, to odpovídá 58,90 %, na základě závěrečného hodnocení tedy nebylo doporučeno zakoupení tohoto vozidla.

Tabulka 29 - parametry Citroën Jumper (30). [4]

CITROËN JUMPER (30)	
Spotřeba:	8,5 (l/100 km)
Cena (s DPH):	829 697 Kč
Výkon motoru:	88 kW
Cena servisu (s DPH):	956 Kč/hod.
Záruka:	2 roky
Objem nákladního prostoru:	8 m ³
Užitečné zatížení:	1 050 kg
Emise CO ₂ :	222 (g/km)



Obrázek 36 - Citroën Jumper (30). [6]

Tabulka 30 - vyhodnocení Citroën Jumper (30). [autor]

Vyhodnocení	
Celkové hodnocení:	62
Celkové hodnocení v %:	58,90
Závěrečné doporučení:	Nedoporučit koupi

7.2.6 Souhrn výsledků

Pomocí fuzzy modelu vytvořeného v Excelu bylo posouzeno celkem deset užitkových vozidel od osmi výrobců. Žádné z hodnocených vozidel nebylo přímo doporučeno k zakoupení, pouze ve třech případech model doporučil zvážení koupě konkrétního vozidla. Naopak ve zbylých sedmi případech bylo doporučeno nekoupit daný model. Tento fakt mohl být způsoben přísným stanovením kritérií pro hodnocení nebo taktéž výběrem nevhodných posuzovaných variant jednotlivých modelů. Pro ověření by bylo nutné aplikovat vytvořený model na větší množství vzorků. V tabulce č. 31 jsou přehledně uvedeny celkové výsledky, jejich grafické znázornění je možné vidět v grafu č. 3.

Tabulka 31 - souhrn výsledků z MS Excel. [autor]

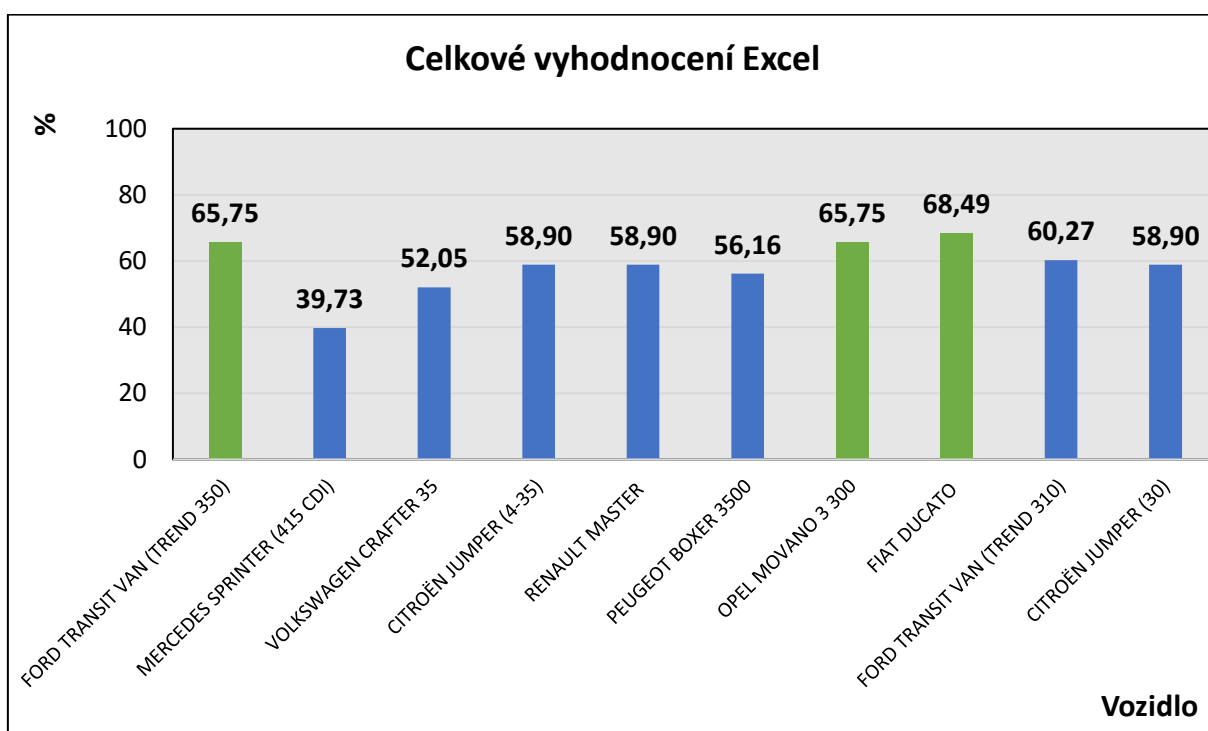
Vozidlo	Celkové hodnocení	Celkové hodnocení v %	Závěrečné doporučení
FORD TRANSIT VAN (TREND 350)	67	65,75	Zvážit koupí
MERCEDES SPRINTER (415 CDI)	48	39,73	Nedoporučit koupí
VOLKSWAGEN CRAFTER 35	57	52,05	Nedoporučit koupí
CITROËN JUMPER (4-35)	62	58,90	Nedoporučit koupí
RENAULT MASTER	62	58,90	Nedoporučit koupí
PEUGEOT BOXER 3500	60	56,16	Nedoporučit koupí
OPEL MOVANO 3 300	67	65,75	Zvážit koupí
FIAT DUCATO	69	68,49	Zvážit koupí
FORD TRANSIT VAN (TREND 310)	63	60,27	Nedoporučit koupí
CITROËN JUMPER (30)	62	58,90	Nedoporučit koupí

Na prvním místě se umístil model Ducato od společnosti Fiat, jehož procentuální hodnocení bylo 68,49 %. Sdílená druhá a třetí pozice patří vozům Opel Movano a Ford Transit (Trend 350), které dosáhly totožného hodnocení 65,75 %. U všech těchto modelů bylo doporučeno zvážení koupě, jelikož přesahují hranici 60 % a tím pádem do jisté míry odpovídají požadavkům společnosti.

Na hranici mezi zvážením koupě a nekoupením vozidla se pohybuje Ford Transit (Trend 310), který získal 60,27 %. V tomto případě by bylo vhodné posoudit několik dalších parametrů a provést přesnější vyhodnocení. Následující uvedené modely nedosáhly požadovaného

hodnocení, a proto nebyla doporučena jejich koupě. Do této kategorie patří Renault Master a dva zástupci společnosti Citroën, konkrétně modely Jumper 4-35 a 30, tyto tři modely dosáhly celkového skóre 58,90 %. Další v pořadí se nachází Peugeot Boxer spolu s modelem Volkswagen Crafter s výsledky 56,16 % respektive 52,05 %. Poslední místo obsadil vůz Mercedes Sprinter, jehož hodnocení bylo pouhých 39,73 %, to bylo způsobeno zejména velkou spotřebou a pořizovací cenou.

Na základě těchto výsledků je možné společnosti RKL Opava doporučit zvážení koupě vozidla u tří konkrétních dodavatelů, kterými jsou Fiat, Opel a Ford. Uvedení výrobci jsou zastoupeni jednotlivými modely.



Graf 2 - grafické zobrazení výsledků z MS Excel. [autor]

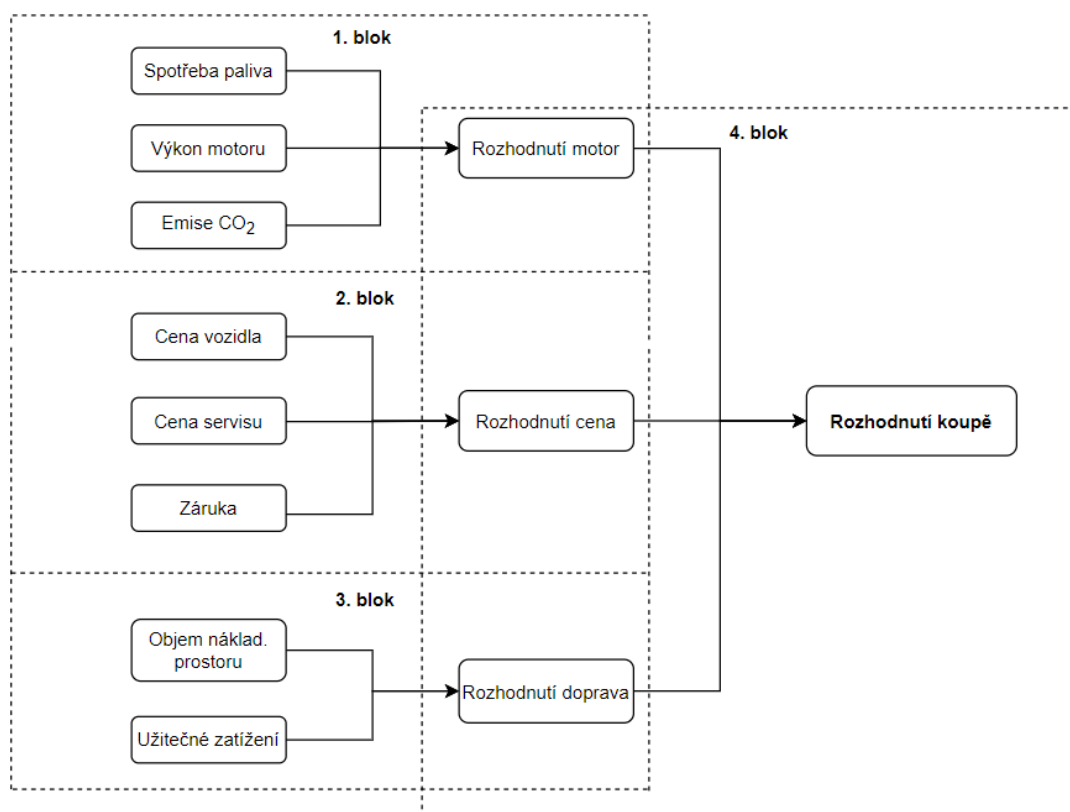
7.3 FUZZY MODEL MATLAB

V druhé části této kapitoly bude popsáno vytvoření fuzzy modelu pomocí softwarového prostředí MATLAB. Pro tento účel byl využit fuzzy logic toolbox, který je jedním z doplňků zmiňovaného programu. Model se bude opět zabývat výběrem užitkových vozidel, jedná se tedy o převedení předchozího modelu z MS Excelu do MATLABu. Celý proces se skládá z několika navazujících kroků, které budou postupně popsány.

7.3.1 Schéma modelu

Na základě požadavků společnosti bude do modelu vstupovat celkem osm proměnných, přičemž počet jejich intervalů se pohybuje od čtyř do sedmi. Výstup z modelu bude pouze jeden, a to rozhodnutí o vozidle, které může nabývat jednu ze tří možných hodnot.

Jelikož do modelu vstupuje velký počet proměnných, bylo provedeno jejich rozdělení do čtyř funkčních bloků. Cílem tohoto rozdělení je usnadnění procesu vytváření modelu, zejména z hlediska definování pravidel a také zpřehlednění celého modelu. Do prvních tří bloků budou rozděleny vstupní proměnné, které budou následně propojeny s využitím posledního čtvrtého bloku. Schéma rozdělení je uvedeno na obrázku níže.



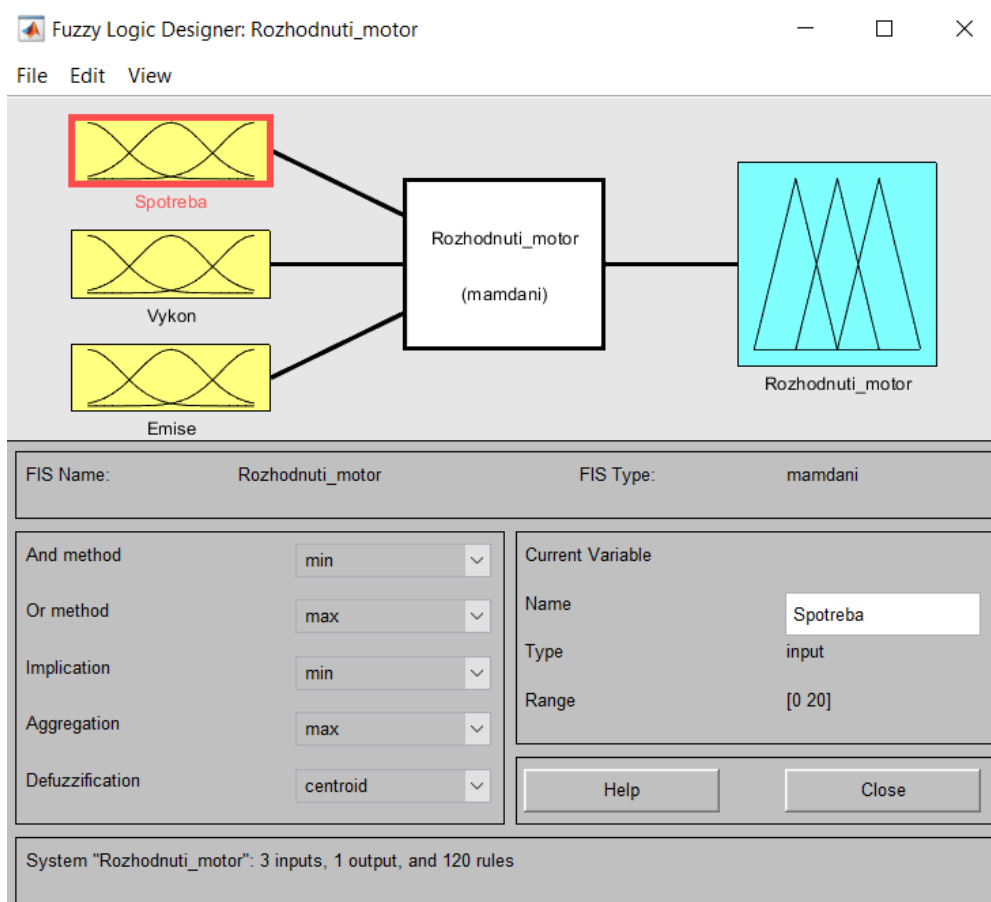
Obrázek 37 - schéma modelu. [autor]

Do prvního bloku vstupují tři proměnné, které souvisí s motorem vozidla, jedná se o spotřebu paliva, výkon motoru a množství produkovaných emisí. Druhý funkční blok obsahuje taktéž tři proměnné týkající se ceny a záruky, konkrétně cena vozidla, cena servisu a délka záruky. Třetí blok se skládá z proměnných objem nákladního prostoru a užitečné zatížení, které popisují vozidlo z hlediska dopravy nákladu.

Pro každý funkční blok je nutné vytvořit soubor s příponou fis, který obsahuje vstupy a výstupy daného bloku, podobu členských funkcí jednotlivých atributů a v neposlední řadě také nastavená pravidla.

7.3.2 Fuzzy logic designer

Druhým krokem po návržení schématu modelu je vytvoření jednotlivých funkčních bloků. K tomuto kroku byl nejprve použit fuzzy logic designer, s jehož pomocí byly nedefinovány jednotlivé vstupy a výstupy tak, jak je zobrazeno na nákrese výše. První a druhý blok mají tři vstupy a jeden výstup, kterým je rozhodnutí o motoru, respektive rozhodnutí o ceně. Třetí blok má dvě vstupní proměnné a výstupem je rozhodnutí o dopravě. Na obrázku č. 38 jsou zobrazeny vstupy a výstup prvního bloku.



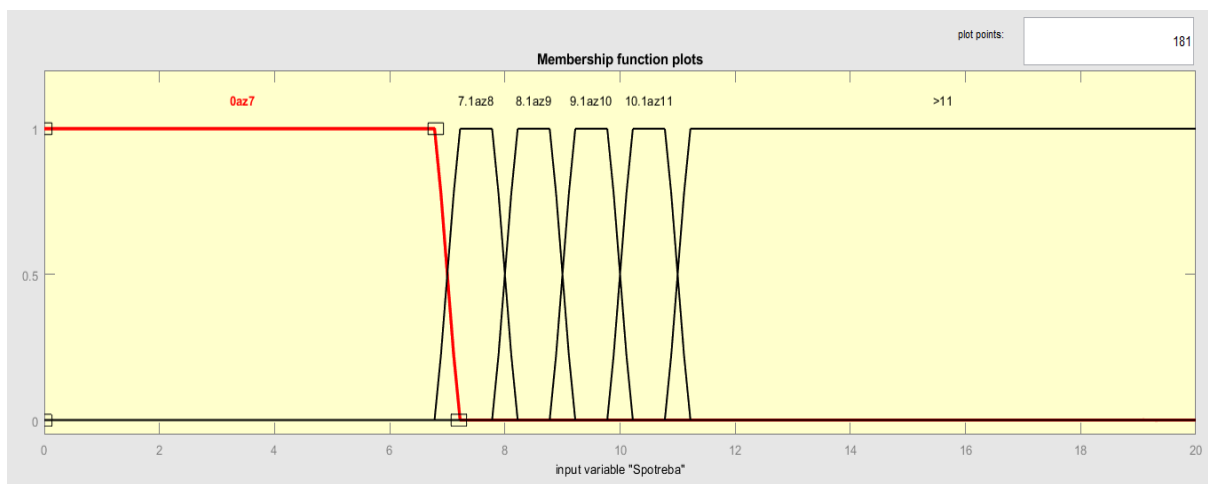
Obrázek 38 - vstupy a výstup prvního bloku. [autor]

Do posledního bloku vstupují výstupy z předchozích bloků a konečným výstupem je rozhodnutí o koupi vozidla. Výstup z modelu může nabývat jedné ze tří hodnot, konkrétně doporučení koupě, zvážení koupě nebo nedoporučení koupě vozidla. Pro všechny vytvořené bloky byl zvolen typ modelu Mamdani.

7.3.3 Membership function editor

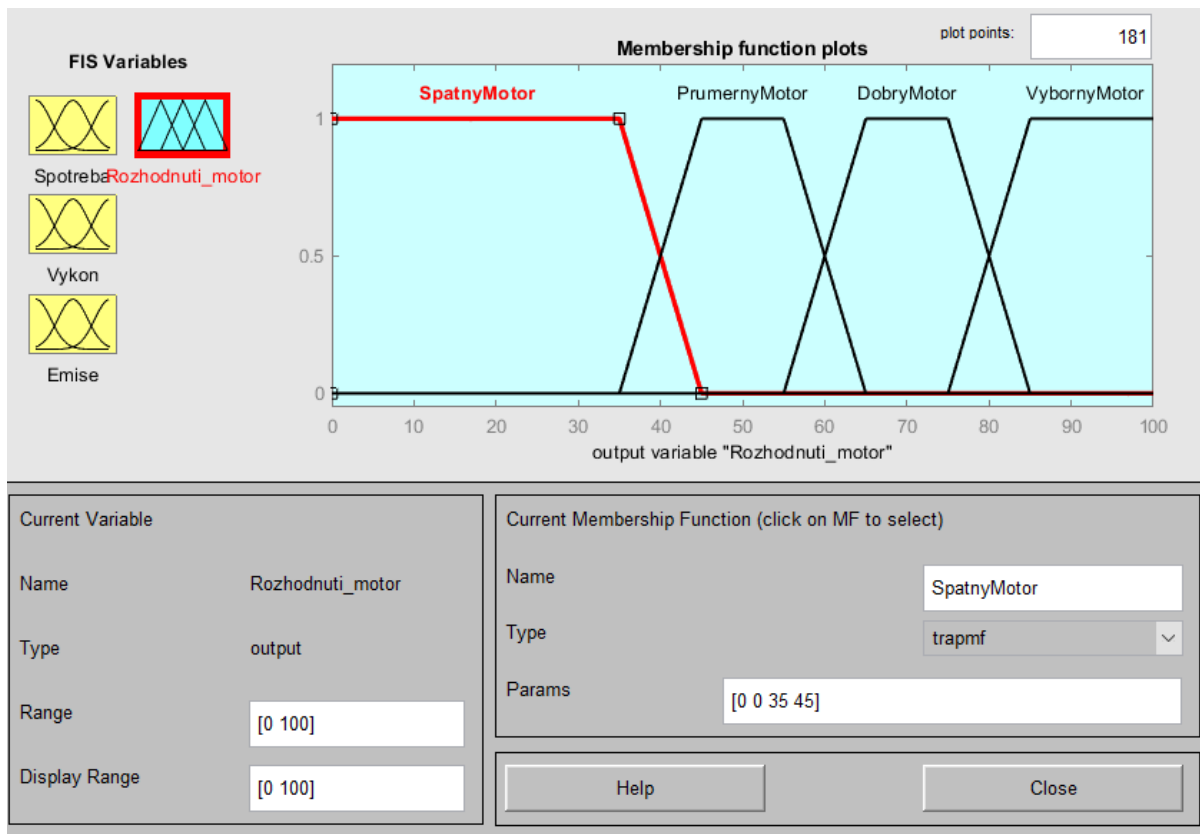
Dalším krokem po stanovení vstupních a výstupních proměnných je jejich bližší specifikace. K dosažení toho cíle nabízí MATLAB membership function editor. Nejprve se pro jednotlivé proměnné stanoví rozsah hodnot a následně se provede nastavení funkcí členství. Každá proměnná má daný počet funkcí členství, které reprezentují intervaly příslušného atributu. Rozsah hodnot všech proměnných a také tvar a počet funkcí členství byl stanoven na základě transformační matice vytvořené v předchozím modelu.

Jako příklad je zde uveden atribut spotřeba, který může dle transformační matice nabývat jednoho z šesti intervalů. Z tohoto důvodu je pro tento atribut vytvořeno celkem šest funkcí členství, jejichž tvar odpovídá typu trapmf. Členské funkce tedy rozdělují celkový rozsah atributu do několika intervalů a s jejich pomocí je možné určit stupeň příslušnosti daných hodnot. V tomto případě je rozsah parametru spotřeba nastaven od nuly do dvaceti litrů na 100 km.



Obrázek 39 - funkce členství atributu spotřeba. [autor]

Rozsah hodnot a počet funkcí členství tedy závisí na konkrétním vstupním atributu, ovšem u výstupů z prvních tří bloků bylo provedeno sjednocení. Rozsah je nastaven v rozmezí mezi nulou a 100 a obsahuje čtyři funkce členství, jsou jimi špatné, průměrné, dobré a výborné parametry vozidla. Podoba výstupu z prvního bloku je uvedena na obrázku č. 40.



Obrázek 40 - výstup prvního bloku. [autor]

7.3.4 Rule editor

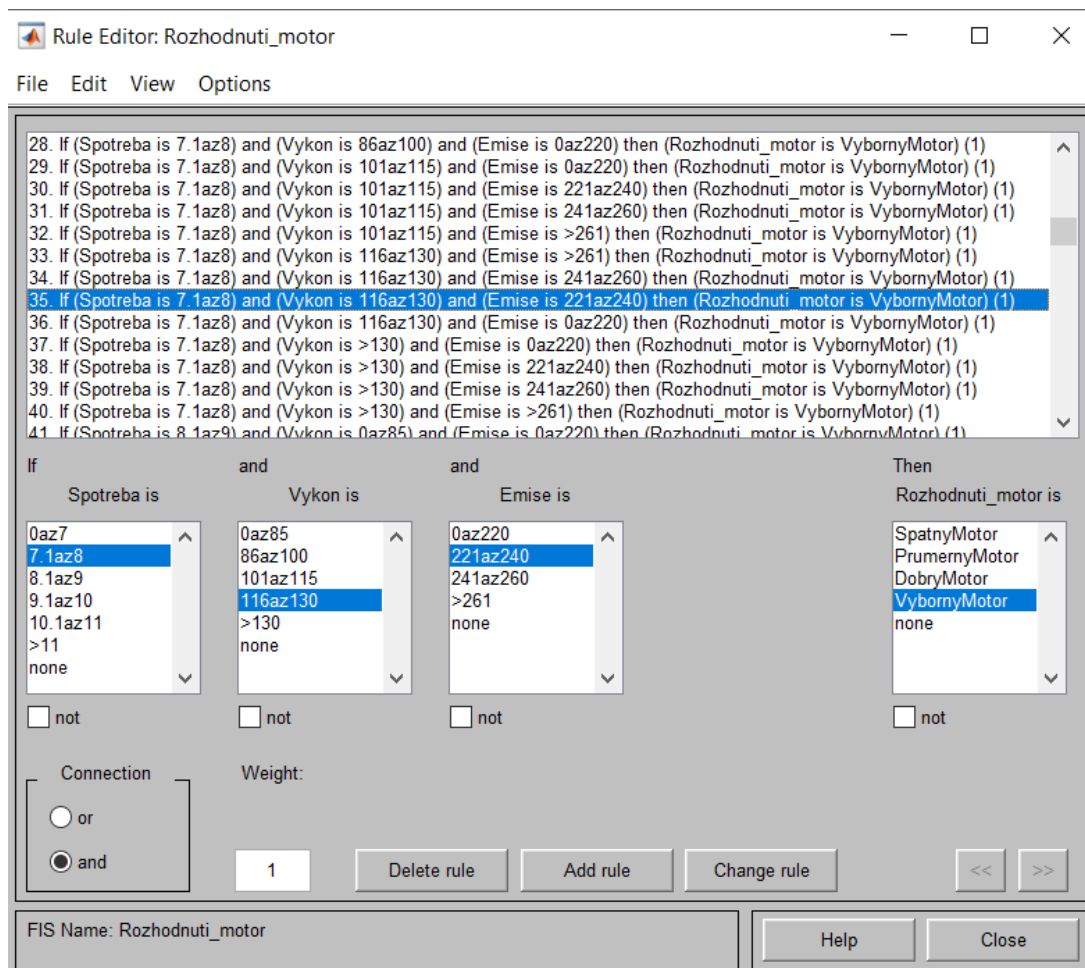
Poslední fází bylo nadefinování pravidel s využitím rule editoru, podle kterých následně probíhá rozhodování. Jinými slovy, bylo nutné nastavit různé kombinace možných intervalů vstupních proměnných a určit jejich výsledek na výstupu. Jak již bylo zmíněno, tento proces je velmi usnadněn rozdělením na bloky, jelikož dochází ke snížení počtu možných kombinací. Z tohoto důvodu bylo možné nastavit všechny variace, ke kterým může docházet. Při tvorbě pravidel byly použity operátory AND a THEN, přičemž každý blok disponuje svou vlastní sadou pravidel.

Počty pravidel:

- 1. blok – 120 pravidel
- 2. blok – 196 pravidel
- 3. blok – 36 pravidel
- 4. blok – 64 pravidel

Celkově bylo nastaveno 416 pravidel, čímž došlo k pokrytí všech možných kombinací. Pro zjištění celkového počtu potřebných pravidel, je nutné provést součin mezi počty intervalů všech atributů vstupujících do daného bloku. Například do prvního bloku vstupují proměnné spotřeba

(šest možných intervalů), výkon (pět možných intervalů) a množství emisí (čtyři možné intervaly). V tomto případě bude počet pravidel dán výpočtem $6 * 5 * 4 = 120$. Na obrázku níže je zobrazena část sady pravidel prvního bloku.

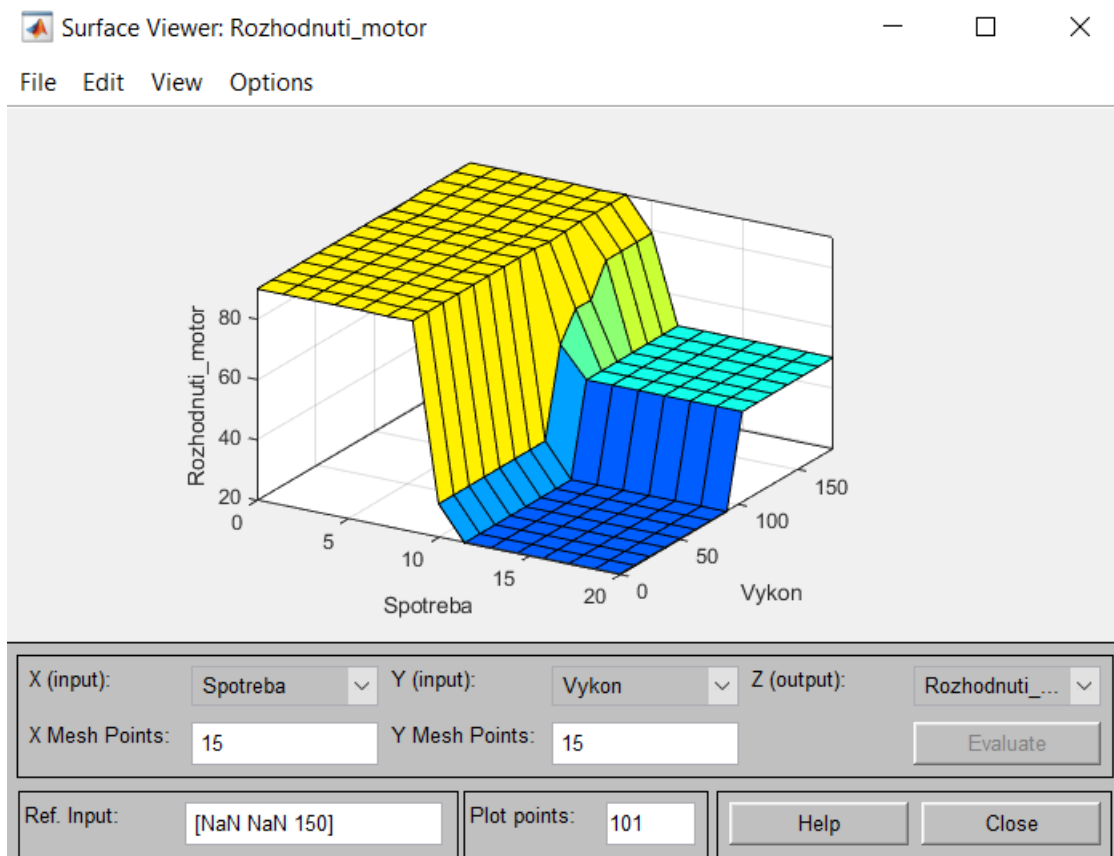


Obrázek 41 - sada pravidel prvního bloku. [autor]

7.3.5 Surface a rule viewer

Při procesu definování pravidel a také po jeho ukončení je vhodné provést kontrolu správnosti všech pravidel, k čemuž slouží nástroje surface viewer a rule viewer. Tyto dva nástroje umožňují grafické zobrazení nastavených pravidel, takové zobrazení zvyšuje pravděpodobnost nalezení nevhodně nebo špatně nastaveného pravidla.

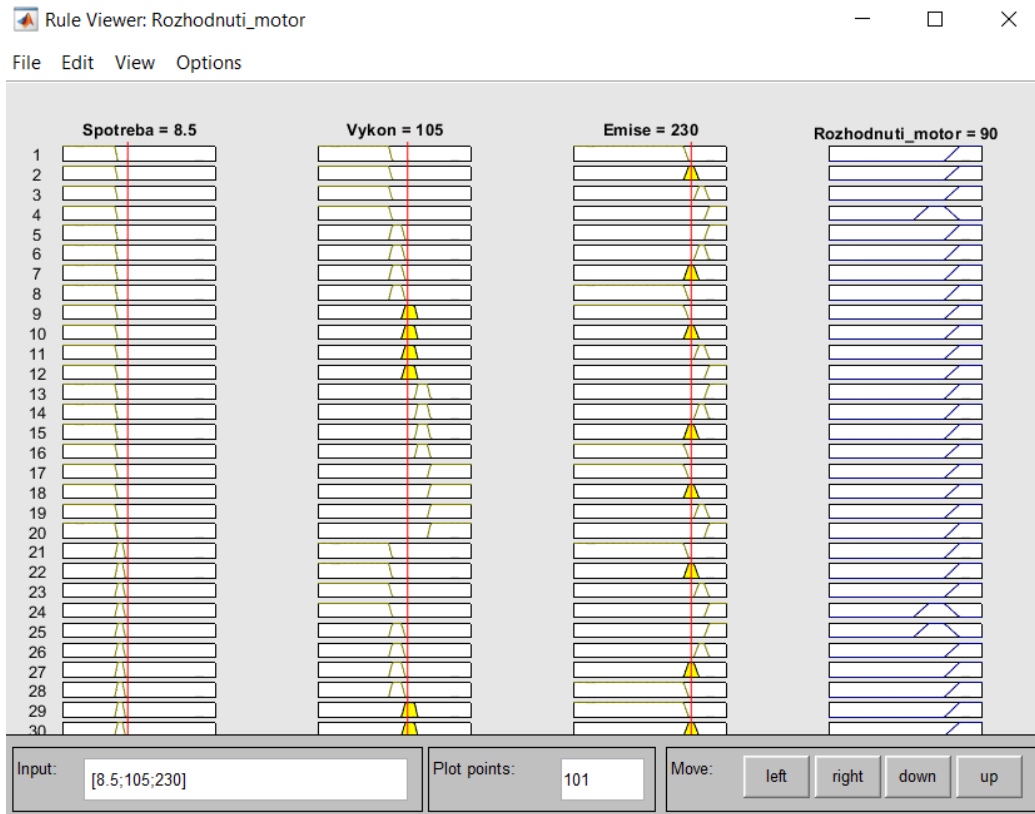
První nástroj je určen ke znázornění hodnoty výstupu pro všechny možné kombinace dvou konkrétních vstupních proměnných, k zobrazení této závislosti je využito 3D modelu. Obrázek č. 42 ukazuje závislost výstupu (rozhodnuti motor) na proměnných spotřeba a výkon, přičemž barevná 3D plocha představuje hodnotu výstupu.



Obrázek 42 - surface viewer. [autor]

Druhým nástrojem je rule viewer, pomocí kterého je možné nastavit různé hodnoty vstupních proměnných, a tím zjistit hodnotu výstupu pro konkrétní nastavení. Každý sloupec v editoru představuje jednu proměnnou, přičemž poslední ze sloupců je proměnná výstupní. Jako příklad je na obrázku č. 43 uveden rule viewer pro první blok, kdy jsou hodnoty atributů nastaveny následovně: spotřeba 8,5 l, výkon 105 kW a emise 230 g/km. Těmto parametrům odpovídá výstupní hodnota rozhodnutí motor 90.

Kontrola pravidel je posledním krokem procesu vytváření bloků. Výstupem jsou čtyři soubory s příponou fis, které obsahují vstupy, výstupy, členské funkce a nastavená pravidla jednotlivých bloků. Výše popsany postup je tedy nutné provést separátně pro každý blok. V další části bude provedeno vzájemné propojení všech funkčních bloků.



Obrázek 43 - rule viewer. [autor]

7.3.6 Dokončení modelu

V momentě, kdy máme k dispozici všechny potřebné fis soubory s jednotlivými funkčními bloky, je možné provést jejich vzájemné propojení. Za tímto účelem je nutné v MATLABu vytvořit m soubor, který zajišťuje nejen zmiňované propojení, ale také celkovou funkčnost modelu. Po dokončení tohoto souboru, je možné model aplikovat na konkrétní vozidla a provádět jejich vyhodnocení.

Celý kód můžeme rozdělit do několika částí, které zajišťují různé funkce. První část slouží k načtení fis souborů do příslušných proměnných, k čemuž je využita funkce `readfis`. Celkově jsou vytvořeny čtyři proměnné, do kterých jsou načteny jednotlivé bloky viz obrázek níže. [36]

```

2 - model_motor = readfis('Rozhodnuti_motor.fis');
3 - model_cena = readfis('Rozhodnuti_cena.fis');
4 - model_doprava = readfis('Rozhodnuti_doprava.fis');
5 - model_koupe = readfis('Rozhodnuti_koupe.fis');

```

Obrázek 44 - načtení fis souborů. [autor]

Dalším krokem je získání hodnot vstupních proměnných, respektive parametrů vozidla, které má být vyhodnoceno. Uživatel tedy musí zadat osm požadovaných atributů, které se následně uloží do daných proměnných, tento krok je zajištěn pomocí funkce input. Hodnoty vstupních dat musí být zadány v požadovaném rozsahu, pro ověření této podmínky je součástí kódu cyklus while. V ukázce kódu na obrázku č. 45 je uvedena funkce input pro proměnnou spotřeba, která musí být zadána v rozsahu 1 až 20 l, v opačném případě nebude splněna podmínka v cyklu while.

```
8 - Spotreba = input('Zadejte spotřebu vozidla v litrech na 100 km (rozsah 1 až 20 l): ');
9 - disp('-----');
10 - while Spotreba<1 || Spotreba>20
11 -     disp('Zadali jste chybná vstupní data. ');
12 -     Spotreba = input('Prosím zadejte spotřebu v požadovaném rozsahu: ');
13 - end
```

Obrázek 45 - funkce input spolu s ověřením požadovaného rozsahu. [autor]

Po získání všech potřebných dat můžeme přistoupit k vyhodnocení. Nejprve dojde k vyhodnocení prvních tří bloků, které vstupují do posledního bloku, tím jsou získány výstupní hodnoty těchto bloků. Teprve poté je možné provést celkové vyhodnocení posledního bloku, ke kterému je stejně jako v předchozím případě použita funkce evalfis. [21]

```
64 - vysledek_motor = evalfis(model_motor, [Spotreba Vykon Emise]);
65 - vysledek_cena = evalfis(model_cena, [Cena_vozidla Cena_servisu Zaruka]);
66 - vysledek_doprava = evalfis(model_doprava, [Objem Zatizeni]);
67
68 - vysledek=evalfis(model_koupe, [vysledek_motor vysledek_cena vysledek_doprava]);
```

Obrázek 46 - vyhodnocení pomocí funkce evalfis. [autor]

Poslední část kódu je určena k interpretaci dosažených výsledků. Nejprve dojde k vypsání uživatelem zadaných parametrů do příkazového řádku, k čemuž jsou použity funkce disp a fprintf. Následně je opět využita funkce fprintf pro vypsání celkového hodnocení vozidla. Závěrečné verbální doporučení je vygenerováno v závislosti na dosaženém hodnocení vozidla, spolu s využitím podmínek if, elseif a else. [70]

Spuštěním tohoto souboru se v příkazovém řádku objeví text, který vyzve uživatele ke vložení všech vstupních proměnných v požadovaném intervalu. Na jejich základě bude probíhat vyhodnocení vozidla. Na obrázku č. 48 lze vidět formát textového rozhraní pro zadávání vstupních dat.

```

78 - disp('Výsledky');
79 - disp('=====');
80 - fprintf('Celkové hodnocení vozidla je: %.2f', vysledek);
81 - disp(' ');
82 - disp('=====');
83
84 - if vysledek < 56
85 -     disp('Závěrečné doporučení: Nekupovat vozidlo');
86
87 - elseif vysledek < 76
88 -     disp('Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla');
89
90 - else
91 -     disp('Závěrečné doporučení: Koupit vozidlo');
92 - end
93 - disp('=====');

```

Obrázek 47 - část kódu pro výpis výsledků. [autor]

```

Zadejte spotřebu vozidla v litrech na 100 km (rozsah 1 až 20 l): 7.2
-----
Zadejte výkon motoru v kW (rozsah 1 až 180 kW): 112
-----
Zadejte množství emisí v g/km (rozsah 1 až 300 g/km): 249
-----
Zadejte cenu vozidla v tisících Kč (rozsah 1 až 2000 tisíce Kč): 899
-----
Zadejte cenu servisu vozidla v Kč (rozsah 1 až 2500 Kč): 1465
-----
Zadejte délku záruky vozidla v letech (rozsah 1 až 10 let): 2
-----
Zadejte objem nákladního prostoru vozidla v m3 (rozsah 1 až 20 m3): 12
-----
Zadejte užitečné zatížení vozidla v kg (rozsah 1 až 2500 kg): 1255
-----

```

Obrázek 48 - vložení vstupních hodnot přes příkazový řádek. [autor]

7.3.7 Vyhodnocení dodavatelů

Po vytvoření modelu v MATLABu, je možné přistoupit k vyhodnocení jednotlivých vozidel od různých výrobců. Pro možnost srovnání obou vytvořených modelů, budou porovnávána stejná vozidla jako v případě Excelu. Jedná se tedy o celkem deset užitkových vozů od osmi konkrétních dodavatelů. Pro každé vozidlo je níže v textu uveden výstup z modelu, který obsahuje zadané parametry, procentuální hodnocení a také závěrečné slovní doporučení.


```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 8.5 l/100 km   Výkon: 96 kW   Emise: 223 g/km   Cena vozidla: 1190 tis. Kč
Cena servisu: 1416 Kč   Záruka: 4 roky   Objem nákl. prost.: 15.1 m3   Užitečné zatížení: 2372 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 87.59
=====
Závěrečné doporučení: Koupit vozidlo
=====

```

Obrázek 49 - výsledky Ford Transit (Trend 350). [autor]

```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 10.8 l/100 km   Výkon: 110 kW   Emise: 283 g/km   Cena vozidla: 1349 tis. Kč
Cena servisu: 1682 Kč   Záruka: 2 roky   Objem nákl. prost.: 15.5 m3   Užitečné zatížení: 1664 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====
Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

```

Obrázek 50 - výsledky Mercedes Sprinter. [autor]

```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 7.9 l/100 km   Výkon: 130 kW   Emise: 250 g/km   Cena vozidla: 1318 tis. Kč
Cena servisu: 2093 Kč   Záruka: 4 roky   Objem nákl. prost.: 16.4 m3   Užitečné zatížení: 1218 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====
Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

```

Obrázek 51 - výsledky VW Crafter. [autor]

```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 9.5 l/100 km   Výkon: 120 kW   Emise: 249 g/km   Cena vozidla: 1171 tis. Kč
Cena servisu: 956 Kč   Záruka: 2 roky   Objem nákl. prost.: 15.0 m3   Užitečné zatížení: 1365 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====
Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

```

Obrázek 52 - výsledky Citroën Jumper (4-35). [autor]

Vámi zadané parametry

=====
Spotřeba: 8.4 l/100 km Výkon: 81 kW Emise: 221 g/km Cena vozidla: 929 tis. Kč
Cena servisu: 1257 Kč Záruka: 2 roky Objem nákl. prost.: 10.8 m3 Užitečné zatížení: 1329 kg

Výsledky

=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====

Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

Obrázek 53 - výsledky Renault Master. [autor]

Vámi zadané parametry

=====
Spotřeba: 9.2 l/100 km Výkon: 88 kW Emise: 242 g/km Cena vozidla: 1003 tis. Kč
Cena servisu: 1054 Kč Záruka: 2 roky Objem nákl. prost.: 11.5 m3 Užitečné zatížení: 1515 kg

Výsledky

=====
Celkové hodnocení vozidla je: 27.60
=====

Závěrečné doporučení: Nekupovat vozidlo
=====

Obrázek 54 - výsledky Peugeot Boxer. [autor]

Vámi zadané parametry

=====
Spotřeba: 9.3 l/100 km Výkon: 103 kW Emise: 243 g/km Cena vozidla: 922 tis. Kč
Cena servisu: 950 Kč Záruka: 5 roky Objem nákl. prost.: 10.0 m3 Užitečné zatížení: 1290 kg

Výsledky

=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====

Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

Obrázek 55 - výsledky Opel Movano. [autor]

Vámi zadané parametry

=====
Spotřeba: 7.9 l/100 km Výkon: 103 kW Emise: 208 g/km Cena vozidla: 799 tis. Kč
Cena servisu: 1229 Kč Záruka: 2 roky Objem nákl. prost.: 10.0 m3 Užitečné zatížení: 1565 kg

Výsledky

=====
Celkové hodnocení vozidla je: 87.59
=====

Závěrečné doporučení: Koupit vozidlo
=====

Obrázek 56 - výsledky Fiat Ducato. [autor]

```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 8.0 l/100 km   Výkon: 77 kW   Emise: 210 g/km   Cena vozidla: 989 tis. Kč
Cena servisu: 1416 Kč   Záruka: 4 roky   Objem nákl. prost.: 9.3 m3   Užitečné zatížení: 1002 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====
Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

```

Obrázek 57 - výsledky Ford Transit (Trend 310). [autor]

```

Vámi zadané parametry
=====
Spotřeba: 8.5 l/100 km   Výkon: 88 kW   Emise: 222 g/km   Cena vozidla: 830 tis. Kč
Cena servisu: 956 Kč   Záruka: 2 roky   Objem nákl. prost.: 8.0 m3   Užitečné zatížení: 1050 kg

Výsledky
=====
Celkové hodnocení vozidla je: 65.00
=====
Závěrečné doporučení: Zvážit koupi vozidla
=====

```

Obrázek 58 - výsledky Citroën Jumper (30). [autor]

7.3.8 Souhrn výsledků

Tento fuzzy model byl aplikován na deset užitkových vozidel, přičemž dva páry vozidel byly od stejného dodavatele. Z celkového počtu desíti vozidel byla doporučena koupě dvou z nich, naopak v jednom případě bylo závěrečné doporučení model nekupovat. Pro ostatní posuzované modely bylo doporučeno zvážení koupě. Jinými slovy, byla provedena klasifikace do tří definovaných tříd na základě hodnocených parametrů, přičemž velká část posuzovaných dodávek byla zařazena do třídy zvážít koupi. To mohlo být způsobeno výběrem vozidel, pro ověření tohoto tvrzení, by bylo nutné vyhodnotit více vzorků dat.

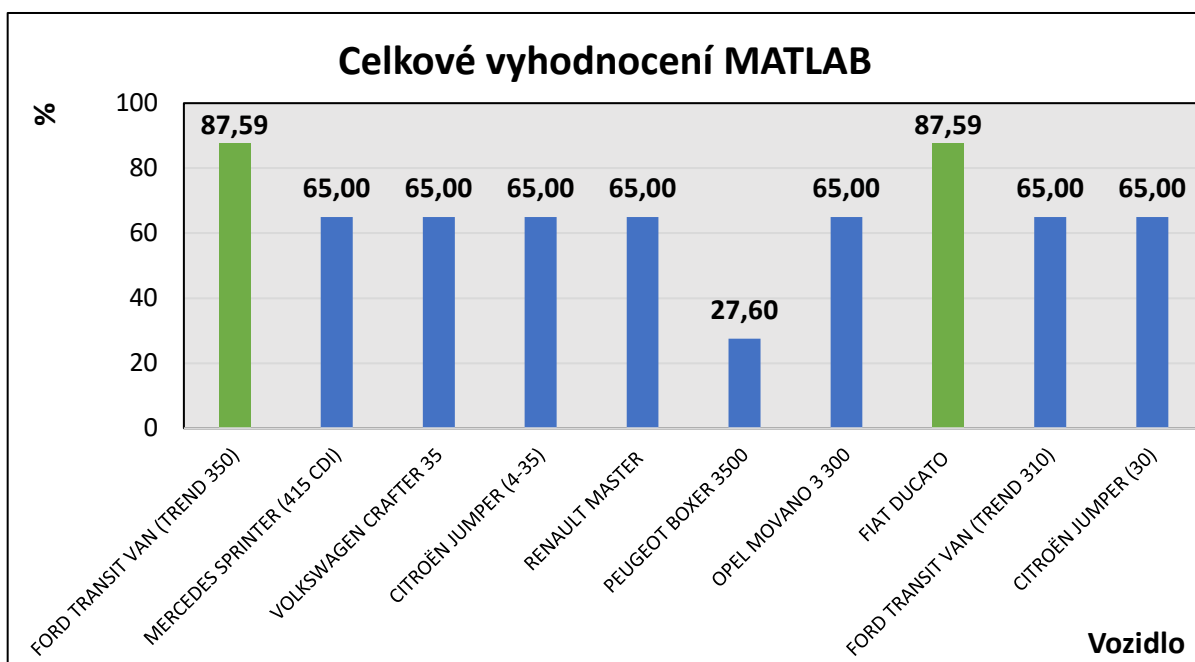
Do skupiny vozidel, u nichž je doporučena koupě patří model Transit (Trend 350) od dodavatele Ford a také Fiat Ducato. Tyto dva zmíněné vozy dosáhly nejlepších výsledků, jejich hodnocení činí 87,59 %. Na základě tohoto zjištění, jsou tyto vozidla optimální volbou pro společnost RKL Opava, jelikož nejvíce odpovídají stanoveným požadavkům.

Ve druhé třídě je hned sedm vozů, jejichž skóre dosáhlo hodnoty rovných 65 %, čemuž odpovídá závěrečné doporučení zvážít koupi. Jedná se o vozidla Mercedes Sprinter, Volkswagen Crafter, Renault Master, Opel Movano, Ford Transit (Trend 310) a oba uvedené modely Citroën Jumper.

Na posledním místě skončil vůz Peugeot Boxer, který dosáhl procentuálního hodnocení pouhých 27,60 %. V závislosti na tomto výsledku, nebylo jako u jediného vozu doporučeno jeho zakoupení. Všechny popisované výsledky jsou zobrazeny v tabulkové a grafické podobě níže.

Tabulka 32 - souhrn výsledků z MATLABu. [autor]

Vozidlo	Celkové hodnocení v %	Závěrečné doporučení
FORD TRANSIT VAN (TREND 350)	87,59	Koupit vozidlo
MERCEDES SPRINTER (415 CDI)	65,00	Zvážit koupi
VOLKSWAGEN CRAFTER 35	65,00	Zvážit koupi
CITROËN JUMPER (4-35)	65,00	Zvážit koupi
RENAULT MASTER	65,00	Zvážit koupi
PEUGEOT BOXER 3500	27,60	Nedoporučit koupit
OPEL MOVANO 3 300	65,00	Zvážit koupi
FIAT DUCATO	87,59	Koupit vozidlo
FORD TRANSIT VAN (TREND 310)	65,00	Zvážit koupi
CITROËN JUMPER (30)	65,00	Zvážit koupi



Graf 3 - grafické zobrazení výsledků z MATLABu. [autor]

8 DISKUSE A POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ

V této kapitole bude provedeno vyhodnocení výsledků z modelů, které byly vytvořeny v předchozích částech pomocí softwaru Excel a MATLAB. Následně budou jednotlivé dílčí výsledky porovnány a na jejich základě bude doporučen nejvhodnější dodavatel pro společnost RKL Opava. Oba modely byly aplikovány na deset konkrétních modelů užitkových vozidel, přičemž hodnoty výstupů jsou v některých případech odlišné. Z tohoto důvodu je závěrečné doporučení odvozeno z celkového hodnocení a doporučení obou modelů.

Výsledky získané pomocí prvního modelu nedoporučily koupi u žádného z posuzovaných modelů, ovšem ve třech případech bylo doporučeno zvážení koupě. Koupě zbylých sedmi vozidel nebyla doporučena, a proto bylo provedeno vyřazení těchto kandidátů. Naopak výsledky druhého modelu dopadly pro hodnocená vozidla pozitivněji, kdy byla doporučena koupě hned dvou vozidel. Do většinové skupiny se zařadilo sedm modelů, u nichž bylo závěrečné doporučení zvážit koupi, pouze u jednoho vozidla nebyla doporučena koupě. Souhrn výsledků spolu s jejich porovnáním je uveden v tabulce č. 33.

Tabulka 33 - souhrn výsledků. [autor]

Vozidlo	Excel %	MATLAB %	Doporučení Excel	Doporučení MATLAB
FORD TRANSIT (TREND 350)	65,75	87,59	Zvážit koupi	Koupit vozidlo
MERCEDES SPRINTER	39,73	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi
VOLKSWAGEN CRAFTER 35	52,05	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi
CITROËN JUMPER (4-35)	58,90	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi
RENAULT MASTER	58,90	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi
PEUGEOT BOXER 3500	56,16	27,60	Nedoporučit koupi	Nedoporučit koupit
OPEL MOVANO 3 300	65,75	65,00	Zvážit koupi	Zvážit koupi
FIAT DUCATO	68,49	87,59	Zvážit koupi	Koupit vozidlo
FORD TRANSIT (TREND 310)	60,27	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi
CITROËN JUMPER (30)	58,90	65,00	Nedoporučit koupi	Zvážit koupi

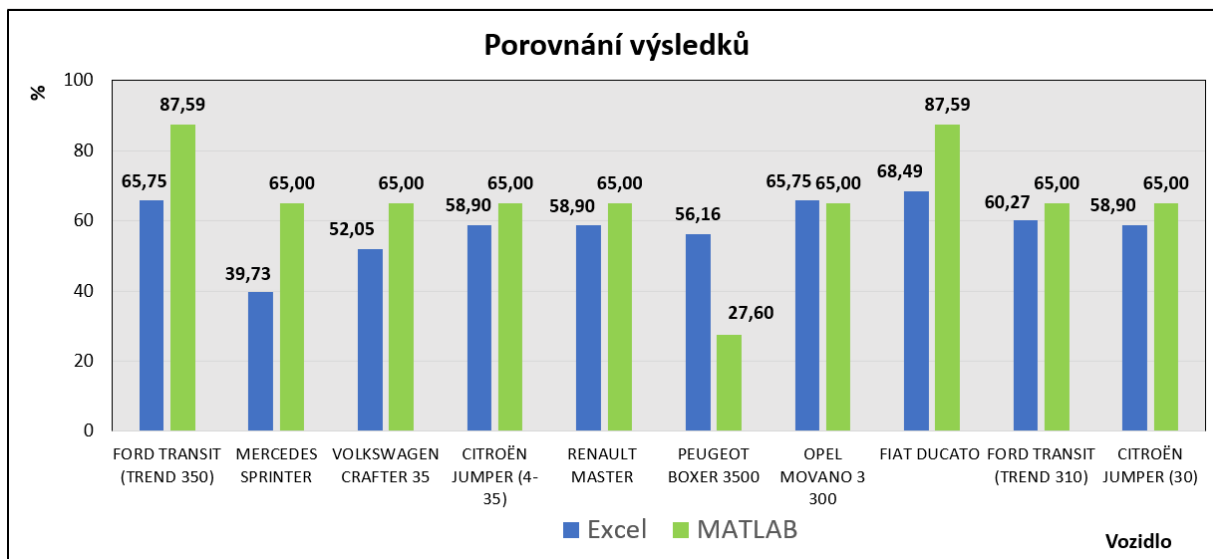
Na základě těchto výsledků jsou tedy pro společnost RKL Opava nejvhodnější modely Transit (Trend 350) a Ducato, které zastupují výrobce Ford a Fiat. Finálním rozhodnutím je doporučení koupě jednoho z uvedených vozidel, jelikož se jejich parametry nejvíce shodují s požadavky společnosti. Důkazem toho je nejvyšší procentuální hodnocení získané pomocí obou modelů a také kladné závěrečné doporučení.

Zástupce společnosti Ford dosáhl hodnocení 65,75 % s využitím prvního modelu a 87,59 % v případě druhého modelu. Takto vysoká hodnota skóre byla způsobena kombinací několika optimálních parametrů, mezi které můžeme zařadit spotřebu, délku záruky a přepravní vlastnosti. Kombinovaná spotřeba činí 8,5 litrů, což je s ohledem na velikost vozidla nebo výkon motoru dobrá hodnota. Výrobce také nabízí prodlouženou čtyřletou záruku, která by měla snížit případné servisní náklady v této stanovené lhůtě. Pořizovací cena modelu ve zvolené výbavě je 1 190 tisíc Kč, to je téměř o 400 tisíc více než v případě Fiatu. Přepravními vlastnosti jsou myšleny objem nákladního prostoru a možné užitečné zatížení, jejichž hodnoty jsou 15,1 m³ a 2 372 kg. Tímto by měla být umožněna přeprava většího množství zboží, nejen z hlediska rozměru, ale také hmotnosti. Zmiňované kladné vlastnosti se projeví v závěrečném doporučení, které na výstupu z Excelu zní zvážit koupit a v případě MATLABu pak koupit vozidlo.

Fiat Ducato je druhým doporučeným vozidlem, které v závislosti na uvedených parametrech získalo celkové hodnocení 68,49 % s využitím modelu v Excelu a 87,59 % pomocí druhého modelu v MATLABu. Důležitým požadavkem při výběru byla nízká spotřeba paliva, která je dle technického listu výrobce 7,9 litrů, což představuje nejnižší hodnotu ze všech uvažovaných dodávek. Tento dobrý výsledek byl způsoben také nízkou pořizovací cenou vozidla, která činí 799 tisíc Kč, přičemž zakoupením je zákazníkovi poskytnuta klasická dvouletá záruka. To je ve srovnání s předchozím modelem určitá nevýhoda. Objem úložného prostoru je 10 m³ a celková hmotnost nákladu může dosahovat až 1 565 kg, tyto parametry jsou oproti předchozímu vozidlu horší. Po vyhodnocení uvedených parametrů prvním modelem bylo doporučeno zvážit koupě, výstupem druhého modelu pak bylo koupit vozidlo.

Naopak na opačném konci se umístilo vozidlo Peugeot Boxer, jehož koupě nebyla doporučena ani jedním z modelů. Jeho skóre dosáhlo hodnoty 56,16 % respektive 27,60 %, což je zapříčiněno hlavně vysokou spotřebou paliva 9,2 litru, i přestože je výkon motoru pouhých 88 kW.

Závěrem můžeme konstatovat, že Ford Transit (Trend 350) má lepší parametry týkající se přepravních vlastností a také delší záruku. Zatímco Fiat Ducato disponuje nižší spotřebou paliva a pořizovací cenou. Z pohledu vytvořených modelů jsou obě vozidla vhodná a konečné rozhodnutí je na společnosti RKL Opava. Grafické porovnání získaných výsledků je znázorněno na grafu č. 4.



Graf 4 - grafické porovnání výsledků. [autor]

9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala výběrem užitkového vozidla pro společnost RKL Opava, s cílem nalézt nejvhodnějšího dodavatele, jehož model do nejvyšší míry odpovídá stanoveným požadavkům a potřebám firmy. Za tímto účelem byly vytvořeny dva rozhodovací modely založené na fuzzy logice, které byly následně aplikovány na posuzovaná vozidla. Pro realizaci byly použity dva softwarové nástroje, kterými jsou MS Excel a MATLAB.

Celkově bylo vyhodnoceno deset vozidel od osmi výrobců, přičemž dodavatelé Ford a Citroën byli zastoupeni dvěma modely s různými parametry. Rozhodování probíhalo na základě osmi určených kritérií, kterými jsou spotřeba, cena vozidla a servisu, délka záruky, objem nákladního prostoru, užitečné zatížení, výkon motoru a množství uvolňovaných emisí při provozu. Důležitost stanovených parametrů byla rozdílná, nicméně první čtyři kritéria byla při výběru stěžejní. Po těchto krocích bylo možné přistoupit k samotnému hodnocení jednotlivých vozidel. Nejprve byla všechna vozidla vyhodnocena pomocí modelu vytvořeného v Excelu a následně tím v MATLABu.

Výstup z prvního modelu nedoporučil koupi žádného z hodnocených vozidel, pouze ve třech případech bylo doporučeno zvážení koupě daného vozu. Hlavní příčinou tohoto výsledku mohlo být stanovení přísných požadavků na hodnocená kritéria nebo taktéž výběr posuzovaných modelů. Pro ověření tohoto tvrzení, by bylo nutné aplikovat vytvořený model na větší množství vzorků. Na první pozici se umístila společnost Fiat s modelem Ducato, sdílené druhé a třetí místo obsadily vozy Opel Movano a Ford Transit (Trend 350). Všechny tři modely do jisté míry odpovídají požadavkům společnosti, a proto bylo doporučeno zvážení jejich koupě.

Na základě výsledků modelu vytvořeného v MATLABu, bylo doporučeno zakoupení dvou konkrétních vozidel, jedná se o modely Ford Transit (Trend 350) a Fiat Ducato. Pouze v jednom případě model nedoporučil koupi vozidla, u zbylých sedmi modelů pak bylo závěrečné doporučení zvážít koupi. Větší část hodnocených vozů byla klasifikována do třídy zvážít koupi, což mohlo být ovlivněno výběrem vozidel nebo malým počtem vzorků.

V závislosti na získaných výsledcích jsou pro společnost RKL Opava nejvhodnější vozidla Ford Transit (Trend 350) a Fiat Ducato. Závěrečným doporučením je koupě jednoho z těchto modelů, jelikož se jejich parametry nejvíce shodují s požadavky společnosti. Důkazem je nejvyšší procentuální hodnocení na výstupu z obou modelů a také kladné závěrečné doporučení zvážít koupi, respektive koupit vozidlo. Použitím rozhodovacího modelu se usnadní rozhodovací proces výběru dodavatele a zároveň dojde ke snížení dodavatelského rizika.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BERAN, JUDr. Tomáš. Smluvní vs. zákonná záruka: Musím jezdit na prohlídky jenom do autorizovaného servisu?. Autoweb [online]. 2019 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/smluvni-vs-zakonna-zaruka-musim-jezdit-prohlidky-jenom-autorizovaneho-servisu/#:~:text=Jako%20z%C3%A1konnou%20z%C3%A1ruku%20rozum%C3%ADm%20dvouletou,koupen%C3%A9ho%20auta%20nebo%20motor%20ky%20tj.&text=Prodejce%20si%20tedy%20nem%C5%AF%C5%BEE%20stanovovat,pravidel%C3%A9%20prohl%C3%ADky%20v%C3%BDm%C4%9Bny%20oleje%20apod.>
- [2] BUŠEK, Vojtěch. *Management rizika z hlediska systému managementu kvality (QMS)* [online]. Praha, 2016 [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66262/F2-DP-2016-Busek-Vojtech-Vojtech%20Busek%20-%20Management%20rizika%20z%20hlediska%20QMS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [3] Ceník Transit Van. Ford [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/pricelists/cvs/PL-ford_transit_van.pdf
- [4] Ceník vozu JUMPER FURGON. Business Citroen [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: https://data.citroen.cz/web/pdf/ceniky-uv/Cenik_Citroen_JUMPER_Furgon.pdf?_ga=2.27486328.536128115.1643634675-1370177330.1642663057
- [5] Ceníky a katalogy. Fiat professional [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.fiatprofessional.com/cz/ceniky-a-katalogy>
- [6] Citroën Jumper. Business Citroen [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://business.citroen.cz/uzitkove-vozy/furgony/jumper.html>
- [7] Citroën. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Citro%C3%ABn>
- [8] Crafter informační materiály. VW užitkové vozy [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.vw-uzitkove.cz/crafter-skrinovy-vuz/informacni-materialy>
- [9] ČERMÁK, Miroslav. Analýza rizik: Jemný úvod do analýzy rizik [online]. 20. 05. 2010 [cit. 2021-9-30]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-jemny-uvod-do-analyzy-rizik/>
- [10] ČERMÁK, Miroslav. Analýza rizik: kvalitativní analýza rizik [online]. 11. 07. 2010 [cit. 2021-9-30]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-kvalitativni-analyza-rizik/>

- [11] ČERMÁK, Miroslav. Analýza rizik: kvantitativní analýza rizik [online]. 30. 03. 2010 [cit. 2021-9-30]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-quantitativni-analyza-rizik/>
- [12] ČERMÁK, Miroslav. Řízení rizik: Jemný úvod do řízení rizik [online]. 2010, 13. 06. [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/rizeni-rizik-jemny-uvod-do-rizeni-rizik/>
- [13] ČERMÁK, Miroslav. Zvládání rizik: Jemný úvod do zvládání rizik [online]. 2010, 18. 05. [cit. 2021-10-8]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/zvladani-rizik/>
- [14] Český trh s lehkými užitkovými automobily za prosinec a rok 2021. Trucker [online]. 2022, [cit. 2022-01-22]. Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/van/cesky-trh-s-lehkymi-uzitkovymi-automobily-za-prosinec-a-rok-2021_48148.html
- [15] Documentation. MathWorks [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: https://www.mathworks.com/help/index.html?s_tid=CRUX_lftnav
- [16] DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.
- [17] DOSTÁL, P. Soft computing v podnikatelství a veřejné správě, Brno: CERM Akademické nakladatelství, 2015, 1120p, ISBN 978-80-7204-896-0 I. díl
- [18] DOSTÁL, Petr. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-798-7
- [19] DUBOIS, Didier a Henri PRADE. What are fuzzy rules and how to use them [online]. 1996, 169-185 [cit. 2022-01-05]. ISSN 0165-0114. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165011496000668>
- [20] Ducato. Motor Tec [online]. [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://motortec.cz/fiat-professional/>
- [21] Evaluate fuzzy inference system. MathWorks [online]. [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: https://www.mathworks.com/help/fuzzy/evalfis.html?s_tid=doc_ta
- [22] Fiat SpA. Britannica [online]. 2014 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Fiat-SpA>
- [23] Ford Motor Company. Britannica [online]. [cit. 2022-01-22]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Ford-Motor-Company>
- [24] Ford Transit Kombi Van 310. Auto systém [online]. [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.autosystem.cz/vuz/ford-transit-kombi-van-310-l2-trend-2-0-tdci-96-kw-130k-predni-27972>

- [25] FRIEDL, Pavel. VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE PRO SNIŽOVÁNÍ RIZIKA V PODNIKU [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/200362/final-thesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [26] GLOSSOP, Abbie. Risk matrix: what is it and should you use one?. Ideagen [online]. 2021 [cit. 2022-11-15]. Dostupné z: <https://www.ideagen.com/thought-leadership/blog/risk-matrix-what-is-it-and-should-you-use-one>
- [27] HÁJEK, Petr. What is mathematical fuzzy logic [online]. 2006, 597-603 [cit. 2022-02-01]. ISSN 0165-0114. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011405004963?via%3Dihub>
- [28] HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.
- [29] HOMOLA, Rostislav. Aplikace fuzzy logiky pro hodnocení kvality zákazníků [online]. Brno, 2019 [cit. 2021-10-14]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=189352. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [30] HOREHLEĐOVÁ, Ing. Šárka. Proces komplexního posouzení rizik v kontextu integrace systémů managementu. BOZP Info [online]. 2009 [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/proces-komplexniho-posouzeni-rizik-v-kontextu-integrace-systemu-managamentu>
- [31] IKWAN, Favour, David SANDERS a Mohamed HASSAN. Safety evaluation of leak in a storage tank using fault tree analysis and risk matrix analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries [online]. 2021 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/science/article/pii/S0950423021002060>
- [32] Katalog a ceník Movano. Opel [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.opel.cz/dodavky/movano-models/movano/ke-stazeni.html>
- [33] Katalog Transit. Ford [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: https://www.ford.cz/content/dam/guxeu/cz/cs_cz/documents/brochures/cvs/BRO-ford-new-transit-van.pdf
- [34] KAZÁK, Josef a Václav MATOUŠEK. Fuzzy systémy, fuzzy logika [online]. In: . 2020 [cit. 2021-10-14]. Dostupné z: https://www.kiv.zcu.cz/studies/predmety/uzi/Folie_ZS/Fuzzy_systemy.pdf

- [35] LEÃO, C. P., E. NUNES, S. SOUSA a P. AREZES. A Fuzzy Logic Approach in the Definition of Risk Acceptance Boundaries in Occupational Safety and Health [online]. 2016 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://asmedigitalcollection-asme-org.ezproxy.lib.vutbr.cz/risk/article/2/4/044501/366860/A-Fuzzy-Logic-Approach-in-the-Definition-of-Risk?searchresult=1>
- [36] Load fuzzy inference system from file. MathWorks [online]. [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: https://www.mathworks.com/help/fuzzy/readfis.html?s_tid=doc_ta
- [37] MATLAB & SIMULINK. Humusoft [online]. [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.humusoft.cz/MATLAB/details/>
- [38] Memahami Istilah-Istilah Penting dalam Logika Fuzzy [online]. 2020 [cit. 2021-10-14]. Dostupné z: <http://www.kitainformatika.com/2020/11/memahami-istilah-istilah-penting-dalam.html>
- [39] Mercedes-Benz. Portál řidiče [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/znacky-aut/mercedes-benz>
- [40] New Citroën Logo. Amicale Citroen Internationale. [online]. 2016, 16.12. [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.amicale-citroen-internationale.org/2016/new-citroen-logo/>
- [41] Obchodní rejstřík firem - RKL Opava, spol. s r.o. Kurzycz [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <https://rejstrik-firem.kurzycz.cz/62304453/rkl-opava-sro/>
- [42] Oficiální stránky Ford [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://cdn.fordissimo.cz/fss/model-gal-foto/10/10c46325f1244cb0b3c77879059b9952.jpg>
- [43] Online konfigurátor. Mercedes Benz [online]. [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: https://voc.mercedes-benz.com/voc/cz_cs?_ga=2.83789973.2044115573.1642586608-1651369356.1642586608
- [44] Opel Movano. Opel akční nabídka [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.opel-akce.cz/movano.php>
- [45] Opel. Portál řidiče [online]. [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/znacky-aut/opel>
- [46] PAVLŮSEK, Ondřej. Mercedes-Benz připomíná významné výročí modelu Sprinter. Auto.cz [online]. 2020, 11.2. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-pripomina-vyznamne-vyroci-modelu-sprinter-133197>
- [47] Peugeot Boxer ceník. Peugeot [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://peugeot.ecpaper.cz/uzitkove/Boxer/Novy-Boxer-Furgon/Peugeot-Boxer-Furgon-cenik/?page=1>

- [48] Peugeot Boxer Furgon Active 3500. Na Operák [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.naoperak.cz/operativni-leasing/peugeot-boxer-furgon-active-3500-l3h2-2.2-bluehdi-103-kw-man-stand-36mesicu-40000kmplatce-0-e855683c57c2594d5ab362e27e9f992d/>
- [49] Peugeot. Portál řidiče [online]. [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/znacky-aut/peugeot>
- [50] Popis programu Excel. Sevrom [online]. [cit. 2021-10-29]. Dostupné z: <https://www.sevrom.cz/software/popis-programu/>
- [51] Registrace nových LUV v ČR 12/2021. Svaz Dovozců Automobilů [online]. 2022 [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://portal.sda-cia.cz/stat.php?n#rok=2021&mesic=12&kat=LUV&vyb=cel&pr=&obd=m&jine=false&lang=CZ&str=nova>
- [52] Renault má nové logo. AUTO 4DRIVE [online]. 2021, 5.3.2021 [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.auto4drive.cz/2021/03/05/renault-ma-nove-logo/>
- [53] Renault Master ceník. Business Renault [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://cdn.group.renault.com/ren/cz/pdf/pricelists/new-master-furgon-price.pdf.asset.pdf/d93c9f9685.pdf>
- [54] Renault Master Combi L2H2 T35 FWD 2.3 dCi 125. Autonoto [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://autonoto.cz/katalog/detail/renault-master-combi-l2h2-t35-fwd-2-3-dci-125>
- [55] Renault. Portál řidiče [online]. [cit. 2022-01-24]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/znacky-aut/renault>
- [56] Risk Analysis and Risk Management - Assessing and Managing Risks. MindTools [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: https://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_07.htm
- [57] RKL Opava, spol. s r.o. [online]. 2013 [cit. 2022-01-22]. Dostupné z: <https://www.rklopava.cz/cs/>
- [58] ROUBENS, Marc. Choice procedures in fuzzy multicriteria decision analysis based on pairwise comparisons [online]. 1996, 135-142 [cit. 2022-03-04]. ISSN 0165-0114. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0165011496000644>
- [59] SERGEEV, Angel. Opel Debuts Updated Logo And New Brand Identity. Motor1 [online]. 2020 [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://www.motor1.com/news/457870/opel-new-logo-colors/>
- [60] SERGEEV, Angel. Peugeot Introduces New Brand Logo That Symbolizes Upmarket Move. Motor1 [online]. [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://www.motor1.com/news/490586/peugeot-new-brand-logo/>

- [61] SIVANANDAM, S. N., S. SUMATHI a S. N. DEEPA. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB [online]. New York: Springer, 2007 [cit. 2022-02-20]. ISBN 978-3-540-35780-3. Dostupné z: <https://ia802902.us.archive.org/26/items/FuzzyLogicReferences/Introduction%20to%20fuzzy%20logic%20using%20MATLAB%20-%20S.%20N.%20Sivanandam%2C%20S.%20Sumathi%20and%20S.%20N.%20Deepa.pdf>
- [62] Služby servisu. Mercedes Moravia [online]. [cit. 2022-02-02]. Dostupné z: <https://www.mercedes-moravia.cz/servis-ostrava>
- [63] SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.
- [64] Sprinter skříňová dodávka. Mercedes-Benz [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.cz/vans/cs/sprinter/panel-van/equipment/fading-gallery-1/standard-paints/blue-grey/_jcr_content/parsysmeta/fadinggallerymeta/parsys-gallery/image.mq6.png/1_606745581000.png
- [65] STAMMERS, Robert. Using Monte Carlo Analysis to Estimate Risk [online]. 2021 [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/articles/financial-theory/08/monte-carlo-multivariate-model.asp>
- [66] STAŘIČNÝ, Petr, vedoucí úseku servis, tankování a mytí vozidel [ústní sdělení]. Opava, 20.1. 2022.
- [67] TICHÝ, M. Ovládání rizika. Analýza a management. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2006. ISBN 80-7179-415-5.
- [68] Volkswagen Crafter skříňový vůz. Auto Horejsek [online]. [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.auto-horejsek.cz/volkswagen-crafter-skrinovy-vuz-2-0-130kw-skrin-dlouhy-rozvor-s-previsem-005-l20200356661cz>
- [69] Volkswagen Group. Britannica [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/Volkswagen-Group>
- [70] Write data to text file. MathWorks [online]. [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fprintf.html?s_tid=doc_ta

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - transformační matice se slovním popisem. [autor]	29
Tabulka 2 - transformační matice s číselným popisem. [autor].....	29
Tabulka 3 - stavová matice. [autor].....	30
Tabulka 4 - retransformační matice. [autor]	30
Tabulka 5 - transformační matice se slovním popisem 1. část. [autor]	48
Tabulka 6 - transformační matice se slovním popisem 2. část. [autor]	48
Tabulka 7 - transformační matice s číselným popisem - 1. část. [autor]	49
Tabulka 8 - transformační matice s číselným popisem - 2. část [autor]	49
Tabulka 9 - retransformační matice. [autor]	50
Tabulka 10 - stavová matice Mercedes Sprinter. [autor]	51
Tabulka 11 - parametry Ford Transit (Trend 350). [3], [33].....	52
Tabulka 12 - vyhodnocení Ford Transit (Trend 350). [autor]	52
Tabulka 13 - parametry Mercedes Sprinter. [43], [62]	53
Tabulka 14 - vyhodnocení Mercedes Sprinter. [autor].....	53
Tabulka 15 - parametry VW Crafter. [8].....	54
Tabulka 16 - vyhodnocení VW Crafter. [autor]	54
Tabulka 17 - parametry Citroën Jumper (4-35). [4]	55
Tabulka 18 - vyhodnocení Citroën Jumper (4-35). [autor].....	55
Tabulka 19 - parametry Renault Master. [53].....	56
Tabulka 20 - vyhodnocení Renault Master. [autor]	56
Tabulka 21 - parametry Peugeot Boxer. [47].....	57
Tabulka 22 - vyhodnocení Peugeot Boxer. [autor]	57
Tabulka 23 - parametry Opel Movano. [32].....	58
Tabulka 24 - vyhodnocení Opel Movano. [autor].....	58
Tabulka 25 - parametry Fiat Ducato. [5].....	59
Tabulka 26 - vyhodnocení Fiat Ducato. [autor]	59
Tabulka 27 - parametry Ford Transit (Trend 310). [3], [33].....	60
Tabulka 28 - vyhodnocení Ford Transit (Trend 310). [autor]	60
Tabulka 29 - parametry Citroën Jumper (30). [4]	61
Tabulka 30 - vyhodnocení Citroën Jumper (30). [autor].....	61
Tabulka 31 - souhrn výsledků z MS Excel. [autor].....	62
Tabulka 32 - souhrn výsledků z MATLABu. [autor]	76
Tabulka 33 - souhrn výsledků. [autor].....	77

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - srovnání jednotlivých modelů. [14], [51].....	43
Graf 2 - grafické zobrazení výsledků z MS Excel. [autor].....	63
Graf 3 - grafické zobrazení výsledků z MATLABu. [autor].....	76
Graf 4 - grafické porovnání výsledků. [autor].....	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - znázornění vztahů při analýze rizik. [9].....	15
Obrázek 2 - proces řízení rizik. [12].....	17
Obrázek 3 - mapa rizik [30].....	18
Obrázek 4 - rozdíl mezi klasickou a fuzzy logikou. [17].....	20
Obrázek 5 - fuzzy množiny. [38].....	21
Obrázek 6 - základní vlastnosti fuzzy množin. [17].....	22
Obrázek 7 - operace s fuzzy množinami. [17].....	23
Obrázek 8 - průběh Γ -funkce. [17].....	24
Obrázek 9 - průběh L-funkce. [17].....	24
Obrázek 10 - průběh Λ -funkce. [17].....	24
Obrázek 11 - průběh π -funkce. [17].....	25
Obrázek 12 - schéma procesu fuzzy zpracování. [34].....	25
Obrázek 13 - FIS Editor v MATLABu. [autor].....	32
Obrázek 14 - MF Editor v MATLABu. [autor].....	32
Obrázek 15 - nastavení pravidel pomocí rule editoru. [autor].....	33
Obrázek 16 - surface viewer. [autor].....	34
Obrázek 17 - logo společnosti RKL Opava. [57].....	36
Obrázek 18 - organizační struktura. [autor].....	37
Obrázek 19 - logo společnosti Ford. [23].....	38
Obrázek 20 - logo Mercedes-Benz. [39].....	38
Obrázek 21 - logo Volkswagen. [69].....	39
Obrázek 22 - logo Citroën. [40].....	40
Obrázek 23 - logo Renault. [52].....	40
Obrázek 24 - logo Peugeot. [60].....	41
Obrázek 25 - logo Opel. [59].....	42
Obrázek 26 - logo Fiat. [22].....	42

Obrázek 27 - Ford Transit (Trend 350). [42].....	52
Obrázek 28 - Mercedes Sprinter. [64].....	53
Obrázek 29 - VW Crafter. [68]	54
Obrázek 30 - Citroën Jumper (4-35). [6].....	55
Obrázek 31 - Renault Master. [54]	56
Obrázek 32 - Peugeot Boxer. [48]	57
Obrázek 33 - Opel Movano. [44].....	58
Obrázek 34 - Fiat Ducato. [20]	59
Obrázek 35 - Ford Transit (Trend 310). [24].....	60
Obrázek 36 - Citroën Jumper (30). [6].....	61
Obrázek 37 - schéma modelu. [autor].....	64
Obrázek 38 - vstupy a výstup prvního bloku. [autor]	65
Obrázek 39 - funkce členství atributu spotřeba. [autor].....	66
Obrázek 40 - výstup prvního bloku. [autor].....	67
Obrázek 41 - sada pravidel prvního bloku. [autor].....	68
Obrázek 42 - surface viewer. [autor]	69
Obrázek 43 - rule viewer. [autor]	70
Obrázek 44 - načtení fis souborů. [autor].....	70
Obrázek 45 - funkce input spolu s ověřením požadovaného rozsahu. [autor]	71
Obrázek 46 - vyhodnocení pomocí funkce evalfis. [autor]	71
Obrázek 47 - část kódu pro výpis výsledků. [autor].....	72
Obrázek 48 - vložení vstupních hodnot přes příkazový řádek. [autor]	72
Obrázek 49 - výsledky Ford Transit (Trend 350). [autor].....	73
Obrázek 50 - výsledky Mercedes Sprinter. [autor]	73
Obrázek 51 - výsledky VW Crafter. [autor].....	73
Obrázek 52 - výsledky Citroën Jumper (4-35). [autor]	73
Obrázek 53 - výsledky Renault Master. [autor]	74
Obrázek 54 - výsledky Peugeot Boxer. [autor].....	74
Obrázek 55 - výsledky Opel Movano. [autor]	74
Obrázek 56 - výsledky Fiat Ducato. [autor].....	74
Obrázek 57 - výsledky Ford Transit (Trend 310). [autor].....	75
Obrázek 58 - výsledky Citroën Jumper (30). [autor].....	75

SEZNAM ZKRATEK

ADR.....	Accord dangereuses route
CLA.....	Checklist analysis
ČR.....	Česká republika
ETA.....	Event tree analysis
FIS.....	Fuzzy inference system
FMEA.....	Failure mode and effects analysis
FTA.....	Fault tree analysis
MF.....	Membership function
MS.....	Microsoft
PHA.....	Preliminary hazard analysis
RR.....	Relative Ranking
SR.....	Safety review
VW.....	Volkswagen

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1 - výpočet hodnoty rizika [1].....	13
Rovnice 2 - sčítání množin [9]	22
Rovnice 3 - odčítání množin [9]	22
Rovnice 4 - násobení množin [9]	23
Rovnice 5 - dělení množin [9].....	23
Rovnice 6 - sjednocení množin [9]	23
Rovnice 7 - průnik množin [9].....	23
Rovnice 8 - doplněk množin [9]	23

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – obsah CD (diplomová práce, fuzzy model MS Excel, fuzzy model MATLAB).