

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Užití fuzzy logiky v ekonomice podniku
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Anna Schejbalová**
Osobní číslo: **E19345**
Studijní program: **B0413A050008 Ekonomika a management**
Specializace: **Ekonomika a provoz podniku**
Téma práce: **Užití fuzzy logiky v ekonomice podniku**
Zadávající katedra: **Ústav matematiky a kvantitativních metod**

Zásady pro vypracování

Cíl práce: Fuzzy logika může hrát velmi užitečnou roli nejen uvnitř jednotlivých produktů, ale také v rozhodovacích procesech podniků. Cílem práce by proto mělo být popsat tyto situace a ukázat, nakolik jsou výhodnější oproti standardním přístupům.

Osnova:

- Podniky a jejich rozhodovací procesy.
- Vlastnosti fuzzy logiky.
- Užití metod fuzzy logiky.

Rozsah pracovní zprávy: **35**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BOJADZIEV, George a Maria BOJADZIEV. *Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management*. 2nd Edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte., 2007. ISBN 978-981-270-649-2.
DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi*. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1338-1.
JURA, Pavel. *Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.
MCNEILL, F. Martin a Ellen THRO. *Fuzzy Logic: A Practical Approach*. Cambridge: Academic Press, 1994. ISBN 978-0-12-485965-4.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Bc. Jan Štěpánek**
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2022**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Michaela Kotková Střiteská, Ph.D. v.r.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Užití fuzzy logiky v ekonomice podniku jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze 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, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27. 4. 2022

Anna Schejbalová v. r.

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Mgr. Bc. Janu Štěpánkovi za čas, který mi věnoval, dále pak za poskytnuté cenné rady a za ochotu, která mi velice zpříjemnila zpracování práce.

Anotace

Bakalářská práce se zabývá využitím fuzzy logiky v rozhodovacích procesech podniku a následnou komparací této metody hodnocení s tradičními metodami. První kapitola definuje základní pojmy týkající se podniku. Druhá následně vysvětluje rozhodovací procesy podniků. Třetí kapitola se již věnuje fuzzy logice a tvorbě fuzzy systémů, které jsou zpracovány a komparovány ve čtvrté kapitole. V závěru práce jsou shrnuty důležité body a výsledky.

Klíčová slova

rozhodovací procesy, fuzzy logika, tvorba fuzzy systémů, hodnocení, tradiční metody, komparace metod

Title

Use of fuzzy logic in business economics

Annotation

The bacherols thesis deals with the use of fuzzy logic in decision-making processes of the company and the subsequent comparasion of this evaluation with traditional methods. The first chapter defines the basic concepts related to the company. The second than explains the decision-making processes of companies. The third chapter deals with fuzzy logic and the creation of fuzzy systems, which are processed and compared in the fourth chapter. In the coclusion of the thesis are summarized important points and results.

Keywords

decision making processes, fuzzy logic, creation of fuzzy systems, evaluation, traditional methods, comparison of methods

Obsah

Úvod.....	12
1 Podniky.....	13
1.1 Podnikatel.....	13
1.2 Dělení podniků.....	13
1.3 Okolí podniku.....	14
2 Rozhodovací procesy podniků	16
3 Vlastnosti fuzzy logiky.....	20
3.1 Fuzzy množiny	20
3.1.1 Základní operace s fuzzy množinami	21
3.1.2 Fuzzy čísla.....	22
3.2 Tvorba fuzzy systémů	23
3.2.1 Fuzzifikace	23
3.2.2 Fuzzy inference	25
3.2.3 Defuzzifikace.....	25
4 Užití metod fuzzy logiky.....	27
4.1 Výběr automobilu.....	27
4.1.1 Vyhodnocení tradičními metodami	29
4.1.2 Vyhodnocení pomocí fuzzy logiky	30
4.1.3 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a fuzzy logiky.....	33
4.2 Výběr automobilu se změněnými kritérii.....	35
4.2.1 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a nových výsledků fuzzy logiky.....	37
4.3 Hodnocení povinného ručení	38
4.3.1 Vyhodnocení tradičními metodami	40
4.3.2 Vyhodnocení pomocí fuzzy logiky	40
4.3.3 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a fuzzy logiky.....	44

5	Závěr.....	46
6	Zdroje	47

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Grafické znázornění doplňku u klasických množin	22
Obrázek 2: Grafické znázornění doplňku u fuzzy množin	22
Obrázek 3: Proces fuzzy zpracování	23
Obrázek 4: Průběh a definice L-funkce	24
Obrázek 5: Průběh a definice Γ -funkce	24
Obrázek 6: Průběh a definice Λ -funkce	24
Obrázek 7: Průběh a definice Π -funkce	24
Obrázek 8: Schéma pro fuzzy zpracování	41
Obrázek 9: Fuzzifikace připojištění skel	42
Obrázek 10: Fuzzy inference	42
Obrázek 11: Tabulka pro zadání reálných atributů	43
Obrázek 12: Fuzzifikace ceny střetu se zvěří první nabídky	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Parametry hodnocených vozů	28
Tabulka 2: Nejlevnější vozy	29
Tabulka 3: Vozy s nejmenším počtem ujetých kilometrů.....	30
Tabulka 4: Vozy mající nejmenší počet km a automat.....	30
Tabulka 5: Intervalové třídění ceny, kilometrů a STK	30
Tabulka 6: Vstupní matice	31
Tabulka 7: Transformační matice	32
Tabulka 8: Celkové skóre automobilů	32
Tabulka 9: Retransformační matice	33
Tabulka 10: Nejlepší vozy dle fuzzy logiky	33
Tabulka 11: Srovnání vozů s ID 42 a 55.....	33
Tabulka 12: Srovnání metody ceny s fuzzy	34
Tabulka 13: Srovnání metody kilometrů s fuzzy	34
Tabulka 14: Srovnání kombinace automatu a kilometrů s fuzzy.....	34
Tabulka 15: Nová transformační matice	35
Tabulka 16: Srovnání hodnocení dle fuzzy logiky při změně parametrů	36
Tabulka 17: Nová retransformační matice.....	36
Tabulka 18: Nejlepší vozy podle nových parametrů	37
Tabulka 19: Srovnání metody ceny s fuzzy	37
Tabulka 20: Srovnání metody kilometrů s fuzzy	38
Tabulka 21: Srovnání kombinace automatu a kilometrů s novou fuzzy logikou.....	38
Tabulka 22: Nabídky povinného ručení.....	39
Tabulka 23: Nejlevnější nabídky	40
Tabulka 24: Doporučené nabídky srovnané dle ceny	40
Tabulka 25: Fuzzy hodnocení nabídek povinného ručení	44
Tabulka 26: Nejlepší nabídky dle fuzzy logiky	44
Tabulka 27: Srovnání metody ceny s fuzzy	45
Tabulka 28: Srovnání doporučených nabídek s fuzzy nabídkami	45

Seznam zkratek a značek

$\mu_A(x)$	Příslušnost prvku k množině
U	Univerzum
A	Konkrétní fuzzy množina
U	Universum (soubor všech prvků)
$\mu_A: U \rightarrow \langle 0; 1 \rangle$	Matematické zobrazení množiny A na universum
$A = \{\mu_A(x_i)/x_i\}$	Matematický zápis konkrétní fuzzy množiny, index i značí pořadí prvku v množině
\mathbb{N}	Množina přirozených čísel
\emptyset	Prázdná množina
$A \subseteq B$	Množina A je podmnožinou B
\bar{A}, A^c	Doplňěk množiny A
$\mu_{\bar{A}}(x)$	Matematické zobrazení doplňku fuzzy množiny
x^*	Matematické značení ostrých hodnot

Úvod

Klasická výroková logika je formální systém zkoumající vztahy mezi výroky. Výroky je možné vysvětlit jako věty, u kterých je možné určit, zda jsou pravdivé, nebo nepravdivé. První z nich je označována číslicí 1, druhá číslicí 0. Jedná se tedy o logiku pracující s dvěma pravdivostními hodnotami. Při práci s ní jsou využívány ostré množiny (*crisp sets*). To ovšem není vždy úplně možné. V běžném životě se velice často využívají nepřesné výrazy jako: „je to daleko“. Pro zpracování pomocí výrokové logiky by bylo nutné určit, co „daleko“ znamená. V této situaci je výhodná právě fuzzy logika. Ta totiž nepracuje pouze s pravdivostními hodnotami 0 a 1, ale s celým intervalem $\langle 0; 1 \rangle$, kde hodnoty mezi nimi symbolizují míru pravdivosti či správnosti výroku. Tím ulehčuje práci s nepřesnými výrazy, které jsou v běžném životě velice časté.

S pomocí fuzzy logiky se hledají řešení komplikovaných situací, pro jejichž vyhodnocení je potřeba zhodnotit mnoho faktorů, které mohou být odlišně podstatné pro řešitele. Například pro zákazníka může být podstatnější kvalita než cena, a proto kvalité při rozhodování dá vyšší váhu.

Využití této logiky může hrát důležitou roli v rozhodovacích procesech podniků. Cílem práce je tyto situace popsat a ukázat, nakolik jsou výhodnější oproti standartním přístupům. Vzhledem k existenci velkého množství rozhodovacích procesů, není cílem práce uplatnění fuzzy logiky v konkrétním podniku, ale spíše z teoretického hlediska ukázat, jak by měly podniky při využití fuzzy logiky pro rozhodování postupovat. Z tohoto důvodu je vhodné využít méně náročný rozhodovací proces, se kterým má velké množství obyvatel zkušenosti, aby bylo jednoduché pochopit základní principy. Zároveň jejich využití usnadní následné porovnávání. Také je vhodné poznamenat, že při využití standartních přístupů existuje velké množství kritérií, na jejichž základě se podnikatel může rozhodnout a ty se následně liší i dle daného problému.

Práce je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola je věnována podnikům, jejich základnímu rozdělení a podnikateli. Druhá kapitola je věnována rozhodovacím procesům v podnicích, základnímu rozdělení problémů a krokům, které jsou prováděny při jejich řešení. Třetí kapitola je již zaměřena na základní teorii fuzzy množin a základům fuzzy logiky. A nakonec čtvrtá kapitola se věnuje využití fuzzy logiky v ekonomické praxi, konkrétně výběru automobilu a povinného ručení a následnému porovnání obou přístupů.

1 Podniky

Podnikem je každý subjekt vykonávající hospodářskou činnost, a to bez ohledu na jeho právní normu (tedy i osoba samostatně výdělečně činná). Podnik je soubor hmotných, ale i osobních a nehmotných složek podnikání. Jeho cílem je poskytovat služby nebo vyrábět zboží, o které někdo stojí a jejichž prodej či poskytování přináší zisk. V dnešní době se podniky snaží co nejlépe a nejrychleji splnit požadavky zákazníků.

1.1 Podnikatel

Nový občanský zákoník vymezuje osobu podnikatele v §420 odstavci 1:

„Kdo samostatně vykonává na vlastní účet a odpovědnost výdělečnou činnost živnostenským nebo obdobným způsobem se záměrem činit tak soustavně za účelem dosažení zisku, je považován se zřetelem k této činnosti za podnikatele.“ a v odstavci 2: *„Pro účely ochrany spotřebitele a pro účely § 1963 se za podnikatele považuje také každá osoba, která uzavírá smlouvy související s vlastní obchodní, výrobní nebo obdobnou činností či při samostatném výkonu svého povolání, popřípadě osoba, která jedná jménem nebo na účet podnikatele.“* [10]

Samostatný výkon znamená, že provozovatel má nárok sám rozhodovat o podniku dle svého vlastního uvážení a zároveň finančně zajišťuje chod podniku.

Pod výkonem činnosti **na vlastní účet a odpovědnost** je možné chápat, že podnikatel provádí činnost vlastním jménem a za výsledky činnosti nese plnou zodpovědnost.

Soustavnou činností se rozumí činnost, u které je předpoklad dlouhodobého vykonávání, nemusí tedy být nepřetržitá.

Hlavním cílem podnikání je poté dosažení zisku (nejedná-li se o neziskovou organizaci).

1.2 Dělení podniků

Podniky je možné dělit podle několika kritérií. Jednotlivými kritérii pak jsou velikost podniku, zaměření, právní forma podnikání a vlastnictví.

Dle velikosti podniku, podle pravidel EU, je lze dělit na mikrofirmu, malou firmu a střední firmu. Mikrofirma má majetek či obrat do 2 milionů eur a má do 10 zaměstnanců. Malá firma má majetek či obrat do 10 milionů eur a má do 50 zaměstnanců. Střední firma má majetek do 43 milionů eur, obrat do 50 milionů eur a má do 250 zaměstnanců. [15]

Dále je lze dělit **dle zaměření podniku**, a to na výrobní, obchodní, finanční, podniky služeb apod.

Dle právní formy podnikání je lze rozdělit na obchodní společnosti, družstva, státní podniky, živnosti a ostatní. Mezi ostatní se řadí například církev nebo nadace. Obchodní společnosti je možné dále rozdělit na veřejnou obchodní společnost (společníci ručí za závazky společnosti celým svým majetkem), komanditní společnost (společníci jsou rozděleni na komplementáře a komanditisty, hlavním rozdílem mezi nimi je to, že komplementáři ručí za závazky společnosti celým svým majetkem, ale komanditisté ručí pouze do výše vkladu), společnost s ručením omezeným (společníci ručí za závazky společnosti pouze do výše vkladu zapsaného v obchodním rejstříku, společnost za ně ručí veškerým svým majetkem) a akciovou společnost (základní kapitál je rozvržen do akcií s určitou nominální hodnotou, společnost také odpovídá za své závazky veškerým svým majetkem, ovšem akcionáři za ně nenesou odpovědnost). [12]

Nakonec **dle vlastnictví** se dělí na soukromé, státní nebo družstevní.

1.3 Okolí podniku

Podnik je znatelně ovlivňován svým okolím. Jednotlivé prvky okolí podniku na sebe vzájemně působí a existují mezi nimi souvislosti. Dle Miloslava Synka je možné dělit okolí podniku na prvky: „*geografické, sociální, politické a právní, ekonomické, ekologické, technologické, etické, kulturně historické.*“ [12]

Geografické okolí ovlivňuje především rozhodování o umístění podniku. Zhodnocuje se zde především, jak daleko od nás budou zákazníci a dodavatelé. Podle zvoleného umístění je následně potřeba zvolit vhodnou logistiku.

Činnost podniku by ideálně měla být prospěšná nejen podniku, ale i společnosti. **Sociální okolí** tedy především ovlivňuje způsob, jakým podnik analyzuje důsledky své činnosti. Sociální dopady mohou mít vliv i na rozhodování zákazníka.

Politické a právní okolí pro podnik představují zákony, vyhlášky, nařízení apod. Podniky nacházející se v České republice musí při utváření podnikové politiky brát ohled na právní normy Evropské unie, České republiky a obce, pod níž podnik spadá. Konkrétně se jedná například o zákoník práce (který mimo jiné stanovuje minimální mzdu, pracovní podmínky či pracovní dobu) nebo obchodní zákoník.

Součástí **ekonomického okolí** jsou mimo jiné zákazníci a dodavatelé. Toto okolí zajišťuje pro podnik zdroje (kapitál či materiál).

Ekologické okolí se stává stále více významným. Pro podnik může být ekologie nákladná, ale zároveň poskytuje řadu příležitostí zejména kvůli tomu, že může stejně jako sociální okolí ovlivňovat rozhodování zákazníka.

Technologické okolí, změny technologií a technologický pokrok, umožňuje podniku dosahovat lepších výsledků, snižovat náklady či zlepšovat konkurenceschopnost.

Etické okolí pro podnik představuje dodržování hospodářské soutěže, poskytování dobrých služeb zákazníkům apod.

Kulturně historické okolí vznikalo po mnoho let či staletí. Jedná se o celkovou vzdělanost a kulturní úroveň obyvatelstva, které podmiňují ekonomický rozvoj a technický pokrok. [12]

Fuzzy logika je vhodná především pro velké a některé střední podniky. U malých podniků je obvykle v top managementu malé množství lidí nebo dokonce rozhodování stojí na jedné osobě. Rozhodování u těchto podniků proto může být značně subjektivní. I ony ovšem mohou využívat fuzzy logiku pro rozhodování, pokud jsou řešeny náročnější problémy. U velkých firem je pak vhodné využití programů pro fuzzy zpracování, kterým je například FuzzyTECH. Tyto programy pomáhají usnadnit a urychlit rozhodování na základě fuzzy logiky.

2 Rozhodovací procesy podniků

Rozhodování je nedílnou součástí postupných manažerských funkcí. Uplatňuje se především v plánování, jelikož při tvorbě plánu je učiněno velké množství důležitých rozhodnutí. Ta musí dělat manažeři na všech úrovních.

Veškeré problémy v organizaci lze jednoduše vymežit jakožto odchylky mezi skutečným stavem a stavem plánovaným. Rozhodovací problémy jsou pak charakteristické tím, že mají více způsobů řešení. Ideálně by se měly problémy v podnicích řešit již v zárodcích. Odchylky ovšem mohou být i pozitivní, v tomto případě by bylo cílem zjistit, jak tuto odchylku zopakovat. [14]

Rozhodovací problémy je možné nejprve rozdělit na dobře či špatně strukturované. **Dobře strukturované problémy** se také označují jako jednoduché, tyto problémy jsou většinou řešeny na nižších úrovních managementu. Postup jejich řešení je možné algoritmizovat, je možné pro ně vypracovat rutinní postupy řešení. Druhou možností jsou **špatně strukturované problémy**, tyto problémy jsou řešeny na vyšších úrovních managementu a jejich řešení vyžaduje tvůrčí přístupy, využití znalostí, zkušeností a intuice. Tyto problémy jsou do jisté míry neopakovatelné. [14]

Rozhodovací procesy jsou procesy řešení rozhodovacích problémů. Rozhodování může probíhat za jistoty, rizika, nebo nejistoty. Jaromír Veber [14] uvádí, že „*Klasifikačním hlediskem v případě procesů za jistoty, rizika a nejistoty je informace o budoucích hodnotách faktorů, které ovlivňují důsledky variant rozhodování...*“. **Rozhodování za jistoty** by tedy nastalo v případě, že rozhodovatel má veškeré a úplné informace, tj. s jistotou ví, co se stane a ví jaké budou následky. Při **rozhodování za nejistoty** rozhodovatel zná možné budoucí následky, ale nezná pravděpodobnost, s jakou mohou jednotlivé případy nastat. S nejistotou bývá často spojována i neurčitost. Již zmíněný Veber [14] uvádí, že „*lze neurčitost chápat jako situaci, kdy rozhodovatel nezná možné situace. Které mohou nastat, a tím samozřejmě nemůže znát ani dopady jednotlivých variant a ani pravděpodobnosti, s jakými jednotlivé stavy světa nastanou.*“. Nakonec **rozhodování za rizika** probíhá, pokud rozhodovatel zná možné následky i pravděpodobnosti s jakými nastanou.

Rozhodovací procesy mají sedm základních kroků, kterými jsou:

1. Identifikace rozhodovacího problému
 - a. Podstatou tohoto kroku je uvědomit si problém, a to pomocí systematického získávání, analýzy a následném vyhodnocení informací, které se týkají firmy a jejího okolí.
 - b. Problémy jsou situace, které mají na firmu negativní dopad, a proto vyžadují řešení. Většinou se jedná o již existující problémy, ovšem mohou se vyskytnout i problémy potencionální (s možností vzniku v budoucnosti). Potencionální problémy vznikají v závislosti na vývoji vnějších faktorů a jejich existence může být pro podnik buďto hrozbou nebo příležitostí. Včasné řešení těchto problémů má často inovativní charakter.
 - c. Vzhledem k časté komplexnosti těchto situací je obvykle užitečné rozčlenit problémy na dílčí a stanovit i priority jejich řešení.
2. Analýza a formulace problému
 - a. Když jsou problémy stanovené, je nutné je blíže poznat. Posoudit, zda je známa jejich příčina. Pokud není, tak je důležité zjistit, zda je její znalost nutná pro řešení problému. U některých problémů není stanovení příčiny podstatné, jelikož příčiny nelze ovlivnit. Například zdražení pohonných hmot. Pokud je příčina neznámá, ale její znalost je důležitá pro úspěšné řešení, je nutné stanovit v rámci analýzy i příčinu problému.
 - b. V rámci analýzy je také důležité specifikovat podstatné stránky a faktory problému, a to včetně jejich vazeb, posoudit vývojové tendence daných problémů, vymežit okruh zainteresovaných stran (osoby, útvary či organizace, které by mohly být řešením problému dotčeny) a nakonec stanovit cíle řešení. Výsledkem je vlastní formulace problému.
3. Tvorba jednotlivých variant řešení
 - a. Tento krok má vysoké nároky na tvůrčí schopnosti. Řešitelé by měli zpracovat co nejširší soubor variant, které jsou koncepčně odlišné. Konečnou variantu je totiž možné zvolit pouze ze souboru variant.

4. Stanovení kritérií hodnocení variant
 - a. Pro hodnocení variant se nejprve formulují kritéria hodnocení. Kritéria jsou hlediska zvolená rozhodovatelem, která slouží k posouzení prospěšnosti jednotlivých variant v souvislosti se stanovenými cíli.
 - b. Kritéria se odvozují od stanovených cílů. Jejich výběr ale může podpořit i hledání možných nepříznivých dopadů variant, identifikace rozdílů řešení či vymezení subjektů, které by řešením mohly být dotčeny.
 - c. Daná kritéria následně mohou být kvantitativní (číselné) nebo kvalitativní (slovní). Také musí splňovat určité požadavky. Konkrétně úplnost (musí zhodnotit všechny přímé i nepřímé důsledky variant) a neredundanci (každý aspekt by měl vcházet do hodnocení pouze jednou).
5. Stanovení důsledků variant
 - a. Zde by si měly zodpovědět na otázky na předpokládaný dopad a účinky variant z hlediska daného souboru kritérií.
6. Hodnocení a výběr varianty určené k realizaci
 - a. Potřebují zvolit variantu, která splňuje nejlépe cíle řešení.
 - b. Hodnocení bývá dvoufázové. V první fázi se vyloučí nepřijatelné varianty, které překračují určité omezující podmínky. V druhé fázi se pak posoudí celková výhodnost variant.
 - c. Díky tomu lze určit celkově nejvýhodnější variantu nebo stanovit preferenční uspořádání variant (od nejlepší po nejhorší variantu). Toto stanovení obvykle bývá výsledkem expertního posuzování předností a nedostatků variant či výsledkem uplatnění metod vícekritériálního hodnocení. Pro využití těchto metod je vhodné určit váhy jednotlivých kritérií a dále provést dílčí ohodnocení variant vzhledem ke kritériím.
7. Realizace zvolené varianty
 - a. Tento krok se liší od všech ostatních tím, že se již nejedná o myšlenkový pochod, ale jedná se o fyzickou realizaci zvoleného řešení.

S rozhodovacími procesy podniků je nedílně spjaté i kontrolování, díky kterému manažeři zjišťují, zda dosažené výsledky odpovídají plánovaným výsledkům. Tedy zda byla námi zvolená varianta dostatečně efektivní a vyřešila dané problémy. [5], [6], [14]

Při rozhodování je mnohdy využívána klasická logika neboli pevné stanovení, zda výrok je či není pravdivý. Tento černo-bílý pohled na řízení firmy je ovšem zavádějící. Provádět správná rozhodnutí je s pomocí klasické logiky možné u dobře strukturovaných problémů, ale pro špatně strukturované problémy není ideální. Petr Dostál, Karel Rais a Zdeněk Sojka uvádí [4], že *„roste složitost řešených manažerských úloh a dochází ke zkracování doby pro nalezení optimálního řešení – vzrůstá význam faktoru času“* a také, že *„spolu s rostoucími náklady na řešení manažerských úloh rostou rizika přijatých rozhodnutí, vzrůstá ekonomická závažnost přijatých rozhodnutí“*. S rostoucí závažností přijatých rozhodnutí tedy roste potřeba, aby byla zvolena správná rozhodnutí. Proto je vhodné využívat nové nástroje pro rozhodování, mezi které patří i fuzzy logika. Díky tomu, že fuzzy logika pracuje s daty komplexně (tj. nerozhoduje pouze zda jsou věty pravdivé, či nikoli, ale určuje i míru jejich pravdivosti), zajišťuje pro firmu nižší šanci na chybu, a tím snižuje riziko.

3 Vlastnosti fuzzy logiky

Autor fuzzy logiky, Lotfi Aliasker Zadeh, poprvé představil fuzzy množiny v roce 1965. Jejich účelem je zaznamenávat data a informace, které jsou nejisté (jejich název je odvozen od anglického slova „fuzzy“, které znamená „mlhavý“). Proto je teorie velice vhodná pro řešení úloh vícekritériálního hodnocení.

Obecně je fuzzy logika velice výhodná zejména z toho důvodu, že usnadňuje zpracování běžně užívaných výrazů. Například věta: „Dnes je horko“ obsahuje značně nepřesný výraz. Při snaze o kvantifikaci a zpřesnění výrazu by bylo nutné definovat teploty, které jsou považovány za horké. Stanovení hraničních hodnot by bylo značně náročné a konečné hodnoty by vyvolávaly diskuse, proč tato hodnota do horkých patří, ale o stupeň nižší hodnota již ne. Celé této problematice se fuzzy logika vyhýbá a získává i přesnější hodnoty, jelikož počítá i s hodnotami, které by se mohly nacházet pod hranicí kritických hodnot. [9]

3.1 Fuzzy množiny

Množinou je, dle teorie množin soubor prvků určitých vlastností. Prvek následně může buďto do množiny patřit, nebo ne. Tyto stavy jsou pak matematicky zaznamenány čísly 0 a 1, kdy 0 znamená, že prvek do množiny nepatří a 1, že prvek do množiny patří.

Teorie fuzzy množin a fuzzy logiky ovšem neurčuje pouze, zda prvek do množiny patří, ale zajímá ji i to, jak moc prvek do množiny patří. Příslušnost prvku k množině vyjadřuje proměnná x a značí se $\mu_A(x)$. Proměnná je definována na intervalu $\langle 0,1 \rangle$, kde 0 znamená úplné nečlenství a 1 úplné členství. Při práci s fuzzy množinami se soubor všech prvků, které jsou v dané situaci brány v úvahu, nazývá univerzální množina (tzv. univerzum) a je označována U . Konkrétní fuzzy množina je pak podmnožinou univerza a značí se A . Matematicky je fuzzy množina A na univerzu U definována zobrazením $\mu_A: U \rightarrow \langle 0; 1 \rangle$.

V úvodu této kapitoly byl uveden příklad věty s nepřesným výrazem „Dnes je horko“. Univerzem tohoto výrazu by byly všechny přípustné teploty. Nejnižší hodnota univerza by v tomto případě byla shodná s nejnižší teplotou naměřenou v dané oblasti a nejvyšší hodnota by byla následně nejvyšší naměřená teplota dané oblasti. Každé hodnotě univerza se následně přiřadí stupeň pravdivosti tvrzení, že daná teplota patří mezi „horké“ teploty.

Fuzzy množiny se zapisují jako $A = \{\mu_A(x)/x\}$, pro $x \in U$. Do fuzzy množin se obvykle nezaznamenávají prvky s nulovou funkcí příslušnosti. Pokud by nebylo možné prvky univerza zapsat výčtem (nejednalo by se o konečnou množinu), zapisovala by se

fuzzy množina jako $A = \{\mu_A(x_i)/x_i\}$. Hodnota i -tého prvku v množině je značena x_i , kde $i \in \mathbb{N}$. Hodnota indexu označuje pořadí prvku v množině (například x_1 je první hodnota v množině).

Při práci s fuzzy množinami se také může objevit pojem prázdná fuzzy množina, který je stejný jako prázdná množina u klasických množin. Jedná se tedy o množinu, ve které se nenacházejí žádné prvky a značí se \emptyset . [7]

3.1.1 Základní operace s fuzzy množinami

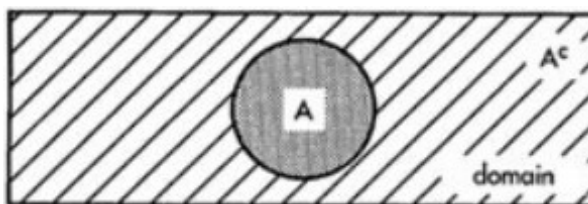
Pro provádění základních operací se budou využívat dvě fuzzy množiny. Konkrétně se bude jednat o množiny A a B . Tyto dvě množiny by si byly rovné právě tehdy, pokud platí $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ pro každé $x \in U$.

Pokud by množina A byla podmnožinou B , situace by byla značena jako $A \subseteq B$. Zde by pro každé $x \in U$ muselo platit, že $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$.

Doplňek fuzzy množiny \bar{A} , lze definovat pomocí vztahu $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$. Jednoduše ho je možné popsat jako množinu všech prvků, které nemají vlastnosti charakteristické pro množinu A . Pro zjednodušení lze tuto operaci opět ukázat na dříve zmíněné větě „Dnes je horko“. Ve fuzzy množině A by se nacházely „horké teploty“, proto v doplňku se budou nacházet „ne horké teploty“. Pokud by byly hodnoty doplňku popsány slovně, je vhodnější použít právě výraz „ne horké“ namísto „studené“. Výraz „ne horké“ by byl více vhodný, jelikož přesně reprezentuje výše definovaný vztah pro matematické zaznamenání.

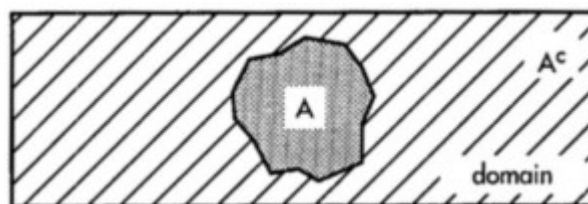
Průnik obou množin je definován jako $\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x); \mu_B(x))$ a sjednocení lze definovat jako $\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x); \mu_B(x))$. [3]

Na doplňku je možné ukázat rozdíl mezi grafickým znázorněním klasických množin (viz. Obrázek 1) a fuzzy množin (viz. Obrázek 2). Na obou obrázcích je možné vidět obdélník, který značí základní prostor. Šedý, vyplněný objekt uprostřed základního prostoru označený písmenem A je konkrétní množinou. A šedý vyšrafovaný prostor je doplňkem dané množiny. Značení A^c je pouze jiný způsob, jakým je možné doplňek označit. Grafické znázornění lze samozřejmě vytvořit pro všechny operace. Pro účely této práce ovšem postačí ukázkový případ, jelikož zpracování je téměř stejné jako u klasických množin. Jedinou odlišností je, jak lze vidět na obrázku, tvar, který náleží množině. [8]



Obrázek 1: Grafické znázornění doplňku u klasických množin

Zdroj: [8]



Obrázek 2: Grafické znázornění doplňku u fuzzy množin

Zdroj: [8]

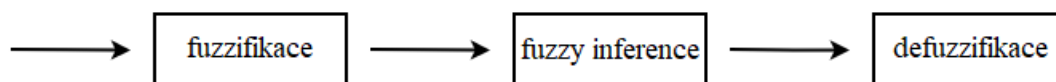
3.1.2 Fuzzy čísla

Fuzzy čísla jsou speciální množiny na množině reálných čísel. Napomáhají vyjádřit neurčitá množství, čímž jsou významná pro vícekritériální rozhodování, jelikož představují nepřesné výsledky měření, matematické významy slovně zadaných dat apod. Typicky reprezentují hodnoty, které jsou „asi x “ či „zhruba x “. [9]

V praxi vznikají nepřesná čísla velice často. Například, pokud bude zjišťována váha nějaké substance, vždy bude přesnost čísel omezená kvůli přesnosti váhy. Pokud bude váha zaokrouhlovat na kilogramy může substance vážit 2 kilogramy. U citlivějších vah ale stejná substance může vážit 2,2 kilogramy. Také může docházet k nepřesnostem kvůli nekvalitnímu či neseřizovanému měřidlu. Fuzzy čísla v těchto situacích dopomáhají k zajištění co nejpřesnějších výsledků. [7]

3.2 Tvorba fuzzy systémů

Fuzzy systémem se rozumí takový systém, jehož proměnné jsou definovány slovními hodnotami. Vytvoření fuzzy systému obsahuje tři základní kroky, kterými jsou fuzzifikace, fuzzy inference a defuzzifikace (viz. Obrázek 3).



Obrázek 3: Proces fuzzy zpracování

Zdroj: [4]

Celý proces začíná definováním jazykových proměnných. Tyto proměnné mají slovně definované hodnoty, které mohou využívat výrazy přirozeného jazyka (např. „špatný“, „dobrý“ nebo „průměrný“). Výrazy uvedené v závorce se také mohou nazvat jako atributy dané proměnné. Obvykle se při práci s jazykovými proměnnými využívá tří až sedmi atributů.

Fuzzy logika a systémy jsou využívány i u spotřebních výrobků. Může se jednat například o pračku, která na základě objemu a nečistoty prádla zvolí vhodný program. Většina komerčních fuzzy systémů je založená na pravidlech (fuzzy inferencích), které mají kontrolovat práci zařízení. Fuzzy ovladač obdrží informace od zařízení během jeho výkonu, tyto data jsou přetransformována na fuzzy data, která jsou následně zpracována. Nakonec jsou data převedena do ostrých množin a na jejich základě je upraven výkon či nastavení zařízení. [1]

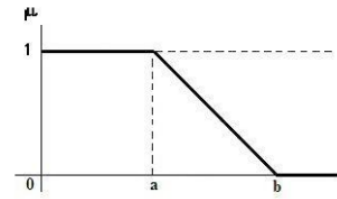
3.2.1 Fuzzifikace

Cílem fuzzifikace je přetransformovat vstupní data na fuzzy množiny a konečným výstupem je hodnota funkce příslušnosti. Do tohoto procesu mohou vstupovat dva druhy hodnot. Prvním druhem jsou ostré hodnoty (značené x^*), které jsou považovány za fuzzy čísla se singletonem (speciální typ funkce příslušnosti). Toto číslo pak patří do fuzzy množiny A s příslušností $\mu_A(x^*)$. Druhým typem hodnot, pak jsou již zmíněné jazykové proměnné. [7]

Na počátku této fáze se hledá odpověď na to, kolik bude zvoleno fuzzy množin. Celkový počet zpravidla bývá liché číslo od tří do sedmi.

Jakmile získáme odpověď na počet množin, je potřeba ještě zvolit vhodný tvar funkce příslušnosti. Mezi nejčastěji využívané patří L-funkce (Obrázek 4), Γ -funkce (Obrázek 5), Λ -funkce (trojúhelníková funkce, Obrázek 6) a Π -funkce (Obrázek 7).

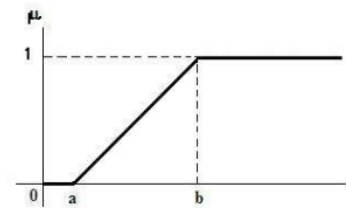
$$L(x, a, b) = \begin{cases} 1 & x < a \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x > b \end{cases}$$



Obrázek 4: Průběh a definice L-funkce

Zdroj:[1]

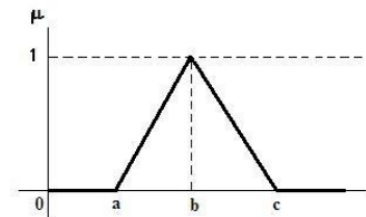
$$\Gamma(x, a, b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$$



Obrázek 5: Průběh a definice Gamma-funkce

Zdroj:[1]

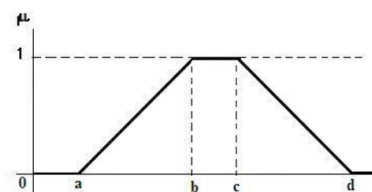
$$\Lambda(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$



Obrázek 6: Průběh a definice Lambda-funkce

Zdroj: [1]

$$\Pi(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$



Obrázek 7: Průběh a definice Pi-funkce

Zdroj: [1]

3.2.2 Fuzzy inference

Množiny jsou spojené s logickými tvrzeními, jejichž úkolem je najít pravdu. Tato tvrzení jsou také nazývána jako pravidla inference. [8]

Fuzzy pravidla neboli pravidla fuzzy inference jsou obvykle typu IF – THAN neboli JESTLIŽE – PAK. Tato pravidla jsou uplatnitelná ve všech oblastech. Pravidla umožňují využití znalostí o vztazích mezi množinami. [13]

Pravidlo se tedy skládá ze dvou částí. První část (IF, JESTLIŽE) se nazývá antecedent (předpoklad). Druhá část (THAN, PAK) se nazývá konsekvent (důsledek). Právě mezi tyto dvě části je možné vložit formuli obsahující operátor. Základními operátory jsou A (AND), NEBO (OR) či NE (NOT). Vztah A (AND) mezi fuzzy množinami A a B se zaznamenává $\mu_A(x) \text{ AND } \mu_B(x)$ a je reprezentovaný jako $\text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$. Vztah NEBO (OR) u stejného páru množin se zaznamenává $\mu_A(x) \text{ OR } \mu_B(x)$ a je reprezentovaný jako $\text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$. Nakonec vztah NE (NOT) se zaznamenává $\mu_A(x) \text{ NOT } \mu_B(x)$ a je reprezentovaný jako $\bar{A} = 1 - \mu_A(x)$. Anglické názvy ve vzorcích je samozřejmě možné nahradit názvy českými. [11]

3.2.3 Defuzzifikace

Defuzzifikace je opakem fuzzifikace. Vzhledem k tomu, že v procesu fuzzifikace byly přetvářeny hodnoty na fuzzy množiny, tak v tomto procesu budou fuzzy množiny zpětně transformovány na ostré hodnoty. Cílem je co nejvhodněji reprezentovat výsledek fuzzy výpočtu.

Existuje velké množství defuzzifikačních metod. Mezi nejznámější patří metody COS (*center of sum*), COG (*center of gravity*), MOM (*middle of maxima*), SOM (*smallest of maxima*) a LOM (*last of maxima*). U metod je důležitým parametrem jejich výpočetní náročnost (především časové nároky na výpočet).

Metoda středu těžiště (COG) je založena na určení středu těžiště. Charakteristické pro tuto metodu je to, že bere v potaz veškeré hodnoty funkce příslušnosti fuzzy množiny. Pokud by ovšem bylo nutné vyloučit určité hodnoty, které lze považovat za zanedbatelné, byla by stanovena hranice (prahová hodnota), která je značena λ . V tomto případě by se hledalo těžiště pouze mezi hodnotami, které jsou větší než λ . Nevýhodou zde je větší výpočetní náročnost. Přesto se tato metoda používá nejčastěji. Výpočet je jednodušší, pokud jsou použity singletony.

Metoda středu součtů (COS) je založena na COG metodě. Zde jsou zohledněny průniky fuzzy množin. Nejprve se sečtou funkční hodnoty od všech pravidel a až poté je určeno těžiště. Proto střed součtů.

Metoda prvního maxima (SOM) počítá s ostrou hodnotou, kterou je nejmenší hodnota z univerza mající maximální stupeň příslušnosti ve výsledné množině.

Metoda posledního maxima (LOM) je alternativní pro metodu SOM. Zde je ostrou hodnotou nejvyšší hodnota z univerza mající maximální stupeň příslušnosti k výsledné množině.

Metoda středního maxima (MOM) počítá s ostrou hodnotou, kterou v tomto případě je aritmetický průměr hodnot prvního a posledního maxima. Tato metoda tedy vychází z výsledků metod SOM a LOM. [7]

4 Užití metod fuzzy logiky

Jak již bylo zmíněno, problémy je možné řešit více způsoby. Řešení pomocí klasické výrokové logiky nemusí být vždy tím nejvhodnějším. Díky vzrůstající náročnosti problémů a zároveň rostoucím požadavkům na zvolení správného rozhodnutí, je čím dál častěji výhodnější využít fuzzy logiku.

Nejprve by bylo vhodné, již na konkrétním případě ukázat výhodnost fuzzy logiky oproti klasické výrokové logice. Samozřejmě fuzzy logika nemusí být výhodnější pokaždé. Především v případech, kdy je menší počet proměnných může být proces fuzzy zpracování zbytečně zdlouhavý a náročný. Například v malých firmách jsou mnohdy zaměstnanci hodnoceni pouze podle množství udělané práce (na základě předem stanovených norem). Pro jejich potřeby je klasická logika dostačující.

4.1 Výběr automobilu¹

Každý podnik ke svému provozu potřebuje hmotný majetek, kterým mohou být například počítače, stroje, automobily apod. Před jejich pořízením musí manažeři učinit rozhodnutí týkající se parametrů konkrétního zařízení nebo zda budou pořizovat zařízení nové či použité. Rozdíl mezi jednotlivými logikami bude ukázán na výběru co nejlepšího automobilu. Původní data pocházejí ze serveru www.sauto.cz, kde k 2. březnu 2022 bylo v nabídce 73 156 osobních automobilů. Pro potřeby práce bylo srovnání provedeno v užším výběru automobilů, do kterého se dostala pouze auta značky Škoda, konkrétně model Octavia, benzínové, s cenou do 400 000 Kč a vyrobené po roce 2017 včetně. Do tohoto výběru se dostalo celkem 67 vozů.

Automobily i jejich parametry jsou uvedeny v tabulce 1. Identifikační číslo (dále jen ID) bylo vozům přiřazeno dle pořadí, ve kterém byly uvedeny na serveru. Ve sloupci nazvaném motor je uveden výkon motoru (tato hodnota také vyjadřuje objem motoru, například při výkonu 1,4 je objem motoru 1 395 ccm nebo při výkonu 1,0 je objem motoru 999 ccm).

¹ Kapitola je inspirována článkem Využití fuzzy logiky při hodnocení od Václava Bezděka [2]

Tabulka 1: Parametry hodnocených vozů

ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
1	389 900	2017	60 800	manuální	1,2	1/2023	kombi
2	364 000	2018	56 605	manuální	1,2	1/2024	kombi
3	369 000	2017	155 075	manuální	1,4	4/2023	kombi
4	355 000	2018	151 727	manuální	1,4	5/2022	liftback
5	340 000	2017	82 795	manuální	1,0	12/2023	liftback
6	390 000	2017	88 531	manuální	1,0	6/2023	liftback
7	390 000	2018	115 129	manuální	1,5	9/2022	kombi
8	390 000	2018	159 030	automatická	1,5	2/2024	kombi
9	302 000	2017	90 894	manuální	1,0	6/2023	liftback
10	391 000	2017	39 467	manuální	1,0	7/2023	kombi
11	399 800	2017	88 954	manuální	1,0	2/2024	liftback
12	290 000	2018	162 806	manuální	1,0	1/2024	liftback
13	399 900	2018	173 028	automatická	1,4	1/2024	kombi
14	339 000	2018	152 210	manuální	1,4	9/2022	liftback
15	340 000	2017	131 769	manuální	1,8	11/2023	liftback
16	330 000	2018	93 763	manuální	1,0	1/2024	liftback
17	385 000	2017	96 882	automatická	1,4	10/2023	sedan/limuzína
18	368 000	2018	169 248	manuální	1,4	5/2022	kombi
19	390 000	2017	115 231	automatická	1,4	11/2023	liftback
20	380 000	2018	51 714	manuální	1,0	3/2022	liftback
21	285 800	2017	62 888	manuální	1,2	2/2024	kombi
22	278 600	2019	95 214	manuální	1,0	9/2021	sedan/limuzína
23	364 000	2018	71 460	manuální	1,0	2/2024	liftback
24	359 000	2017	149 708	manuální	1,4	11/2023	kombi
25	377 777	2017	149 600	manuální	1,4	2/2024	hatchback
26	289 000	2017	148 538	automatická	1,0	7/2022	liftback
27	316 000	2017	124 309	manuální	1,4	11/2022	liftback
28	389 000	2018	63 237	manuální	1,4	1/2023	liftback
29	378 000	2018	95 982	manuální	1,4	2/2024	liftback
30	324 000	2017	79 647	manuální	1,4	10/2022	liftback
31	385 000	2018	61 599	manuální	1,0	2/2024	kombi
32	359 000	2017	86 500	manuální	1,0	4/2023	sedan/limuzína
33	389 000	2018	102 278	manuální	1,4	2/2024	kombi
34	399 000	2018	80 059	manuální	1,4	2/2024	sedan/limuzína
35	369 000	2018	53 038	manuální	1,4	11/2022	liftback
36	369 000	2018	47 075	manuální	1,4	11/2022	liftback
37	298 000	2017	131 000	manuální	1,0	1/2024	kombi
38	396 700	2018	112 768	manuální	1,4	10/2022	liftback
39	319 999	2018	208 037	manuální	1,8	1/2024	liftback
40	399 877	2017	112 600	manuální	1,4	3/2022	liftback
41	394 999	2017	68 200	manuální	1,0	9/2023	liftback
42	250 000	2017	178 898	manuální	1,0	11/2023	kombi

ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
43	379 000	2017	65 300	manuální	1,0	2/2024	kombi
44	396 000	2018	48 319	manuální	1,4	8/2023	kombi
45	299 000	2017	110 000	automatická	1,0	5/2022	kombi
46	379 900	2018	53 950	manuální	1,0	10/2022	liftback
47	399 000	2017	116 097	manuální	1,0	1/2024	liftback
48	280 000	2017	51 110	manuální	1,2	5/2022	liftback
49	399 000	2017	105 709	automatická	1,4	1/2023	liftback
50	334 000	2018	100 719	manuální	1,0	8/2022	kombi
51	316 000	2018	128 949	manuální	1,4	1/2023	liftback
52	399 000	2018	72 000	manuální	1,5	8/2022	sedan/limuzína
53	388 000	2018	47 093	manuální	1,0	11/2022	liftback
54	325 000	2017	73 900	manuální	1,0	5/2023	liftback
55	389 000	2019	91 682	automatická	1,5	1/2024	kombi
56	370 000	2017	115 000	manuální	1,4	2/2024	sedan/limuzína
57	364 000	2018	140 021	manuální	1,0	5/2022	kombi
58	399 000	2017	60 000	manuální	1,4	11/2023	sedan/limuzína
59	399 900	2017	124 786	manuální	1,0	9/2023	kombi
60	389 000	2017	83 300	manuální	1,4	10/2023	hatchback
61	389 000	2018	106 796	manuální	1,4	6/2022	liftback
62	349 999	2017	109 120	manuální	1,4	9/2023	sedan/limuzína
63	399 900	2019	30 700	manuální	1,0	8/2023	kombi
64	335 000	2017	195 548	automatická	1,8	5/2023	kombi
65	395 000	2018	61 284	manuální	1,4	1/2024	kombi
66	355 000	2017	50 940	manuální	1,4	6/2023	liftback
67	379 900	2018	89 300	automatická	1,0	4/2022	liftback

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.1 Vyhodnocení tradičními metodami

V této podkapitole je ukázáno, jaký automobil by byl pravděpodobně zvolen, kdyby k rozhodování byly využity tradiční metody.

Velice časté je rozhodování na základě ceny, tedy „čím levnější, tím lepší“.

Tabulka 2: Nejlevnější vozy

Pořadí	ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
1.	42	250 000	2017	178 898	manuální	1,0	11/2023	kombi
2.	22	278 600	2019	95 214	manuální	1,0	9/2021	sedan/limuzína
3.	48	280 000	2017	51 110	manuální	1,2	5/2022	liftback

Zdroj: Vlastní zpracování

Další možností je rozhodování na základě ujetých kilometrů, kde opět za nejlepší budou považovány automobily s nejmenším počtem ujetých kilometrů.

Tabulka 3: Vozy s nejmenším počtem ujetých kilometrů

Pořadí	ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
1.	63	399900	2019	30700	manuální	1	8/2023	kombi
2.	10	391000	2017	39467	manuální	1	7/2023	kombi
3.	36	369000	2018	47075	manuální	1,4	11/2022	liftback

Zdroj: Vlastní zpracování

Třetí možností, pak může být rozhodování na základě nejen ujetých kilometrů, ale i typu převodovky. Za předpokladu, že firma chce automobil s automatickou převodovkou.

Tabulka 4: Vozy mající nejmenší počet km a automat

Pořadí	ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
1.	67	379900	2018	89300	automatická	1	4/2022	liftback
2.	55	389000	2019	91682	automatická	1,5	1/2024	kombi
3.	17	385000	2017	96882	automatická	1,4	10/2023	sedan/limuzína

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulky jednoznačně ukazují, že velice závisí na zvolených kritériích. Pokaždé byly výsledkem jiné automobily.

4.1.2 Vyhodnocení pomocí fuzzy logiky

Nedokonalost hodnocení pomocí tradičních metod spočívá především v tom, že jsou hodnoceny jen některé parametry. Tento problém ovšem řeší fuzzy logika, která vnímá automobil jako celek. Hodnocení aut pomocí fuzzy logiky bude provedeno pomocí excelu. Tento způsob je méně náročný na lidské zdroje i finance.

Pro zpracování dat pomocí fuzzy logiky byla data týkající se ceny, počtu ujetých kilometrů a platnosti technické kontroly nejprve roztržena do intervalů (viz. Tabulka 5). Zbývající parametry nebylo nutné, ani vhodné roztrždit.

Tabulka 5: Intervalové třídění ceny, kilometrů a STK

	Cena	Km	STK
1.	250 000 - 300 000	0 - 50 000	1-6/2022
2.	300 001 - 350 000	50 001 - 100 000	7-12/2022
3.	350 001 - 400 000	100 001 - 150 000	1-6/2023
4.		150 001 - 200 000	7-12/2023
5.		200 001 - 250 000	1-6/2024

Zdroj: Vlastní zpracování

Veškeré informace je možné zaznamenat pomocí vstupní matice (viz. Tabulka 6). Ta ukazuje, jakých hodnot mohou nabývat parametry, které jsou u vybraných automobilů sledovány.

Tabulka 6: Vstupní matice

	Cena	Rok	Km	Převodovka	Motor	STK	Karosérie
1.	250 000 - 300 000	2017	0 - 50 000	manuální	1,0	1-6/2022	Kombi
2.	300 001 - 350 000	2018	50 001 - 100 000	automatická	1,2	7-12/2022	Liftback
3.	350 001 - 400 000	2019	100 001 - 150 000		1,4	1-6/2023	Hatchback
4.			150 001 - 200 000		1,5	7-12/2023	Sedan/limuzína
5.			200 001 - 250 000		1,8	1-6/2024	

Zdroj: Vlastní zpracování

Dalším krokem je vytvoření transformační matice (viz. Tabulka 7). V ní jsou uvedeny váhy jednotlivých hodnot kritérií, které mohou nastat. Váhy představují preference a jsou přiřazeny na základě subjektivního názoru hodnotitele. Z tabulky je tedy na první pohled poznat, kterou hodnotu kritéria hodnotitel preferuje. Zároveň kritérium, které je podstatnější pro hodnotitele má větší celkovou váhu než jiná kritéria.

Pro vytvoření transformační matice se tedy nejprve určí důležitost jednotlivých kritérií. Dá se předpokládat, že mezi důležitá kritéria bude patřit cena, rok výroby, ujeté kilometry a technická kontrola, tato kritéria tedy patří do první preferenční skupiny. Méně důležité, ale stále podstatný je výkon motoru, který patří do druhé preferenční skupiny. Nakonec nejméně podstatnými budou typ převodovky a typ karosérie, které patří do třetí preferenční skupiny. Celkový počet „preferenčních bodů“, které je možné rozdělit mezi jednotlivé skupiny, byl zvolen na 100. V rámci jedné skupiny mají všechna kritéria stejný počet bodů. První skupina obdržela 80 bodů, takže každé kritérium dostalo 20 bodů. Druhá skupina posléze obdržela 12 bodů, a nakonec třetí skupina obdržela 8 bodů, tedy 4 body na kritérium.

Uvnitř jednotlivých kritérií se dále stanoví preference pro konkrétní hodnoty. U ceny je samozřejmě za nejlepší považována nejnižší hodnota. Stejná logika je uplatněna i pro počet kilometrů. Naopak pro rok výroby a datum technické kontroly je za nejlepší považována nejvyšší hodnota. Typ převodovky, výkon motoru a typ karosérie jsou pro určení preferencí náročnější. Je možné jim přiřadit body podle preferencí budoucího uživatele, ale také je možné rozhodovat z hlediska reprezentativnosti daných hodnot. Je možné, že oba pohledy budou mít shodné výsledky. Pro potřeby této práce jsou upřednostňovány automatická převodovka a velký

výkon motoru z důvodu, že auta následně mohou působit lépe před zákazníky (firma bude budit dojem, že je na tom finančně dobře). Výhodou je i úspornost automatické převodovky. Preferovaným typem karosérie je kombi. Na druhém místě jsou liftback a hatchback. Typ karosérie sedan/limuzína byl zvolen za spíše nežádoucí.

Tabulka 7: Transformační matice

	Cena	Rok	Km	Převodovka	Motor	STK	Karosérie
1.	8	4	7	1	1	0	2
2.	7	7,5	5	3	1,5	2	1
3.	5	8,5	4		2,5	3	1
4.			3		3	7	0
5.			1		4	8	

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledné hodnocení jednotlivých aut je tedy dáno součtem preferenčních bodů. Nejlepším vozem je ten, který má nejvyšší celkové skóre. Maximální možné dosažitelné skóre je 40,5 bodů.

Tabulka 8: Celkové skóre automobilů

ID	Skóre	ID	Skóre	ID	Skóre	ID	Skóre
1	21,5	19	26,5	37	28	55	34,5
2	30	20	20,5	38	23	56	24,5
3	20,5	21	29,5	39	29,5	57	20,5
4	20	22	23,5	40	17,5	58	23,5
5	26	23	28,5	41	24	59	24,5
6	20	24	25,5	42	26	60	25,5
7	24,5	25	25,5	43	28	61	21
8	31,5	26	23	44	32	62	25,5
9	22	27	21,5	45	22	63	31,5
10	27	28	25	46	22,5	64	26
11	25	29	30	47	24	65	31
12	29,5	30	22,5	48	20,5	66	21,5
13	31	31	29,5	49	22,5	67	23
14	24	32	19	50	24,5		
15	28	33	30	51	26		
16	30,5	34	29	52	23,5		
17	26,5	35	24	53	24,5		
18	21	36	26	54	22		

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky lze zhodnotit pomocí retransformační matice, s jejíž pomocí je možné přeměnit výsledné hodnoty na jazykové proměnné.

Tabulka 9: Retransformační matice

	Body	Automobil
1	0 – 20, 5	Nevyhovující
2	21 - 27	Dostatečný
3	28 - 33	Dobrý
4	34 – 40,5	Výborný

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejlepší automobil, při využití fuzzy logiky dosáhl skóre 34,5 bodů. Konkrétně se jednalo o vůz s identifikačním číslem 55. Tento vůz byl také jediným, který by bylo možné, dle retransformační matice, označit jako „výborný“. Naopak nejhorší byl vůz číslo 40, který obdržel pouze 17,5 bodu. Celkem se tedy do kategorie „nevyhovující“ dostalo 8 aut. Mezi „dostatečné“ se dostalo 40 aut. A nakonec do kategorie „dobrý“ se dostalo zbývajících 18 aut.

Tabulka 10: Nejlepší vozy dle fuzzy logiky

Pořadí	ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
1.	55	389 000	2019	91 682	automatická	1,5	1/2024	kombi
2.	44	396 000	2018	48 319	manuální	1,4	8/2023	kombi
3.	63	399 900	2019	30 700	manuální	1,0	8/2023	kombi
	8	390 000	2018	159 030	automatická	1,5	2/2024	kombi

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1.3 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a fuzzy logiky

Srovnání výsledků je provedeno u automobilů na stejných pozicích, a to podle preferencí, které byly nastaveny pro vytvoření transformační matice. U vozů jsou porovnávány vždy hodnoty v rámci jedné kategorie.

Tabulka 11: Srovnání vozů s ID 42 a 55

ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
42	+						nehodnoceno
55		+	+	+	+	+	nehodnoceno

Zdroj: Vlastní zpracování

Postup srovnání je ukázán na nejlevnějším vozu (ID 42) a nejlepším vozu dle fuzzy logiky (ID 55). Porovnání typu karosérie u nich nebylo možné, jelikož byla stejná. Z tabulky nám vychází, že výhodnější, v tomto konkrétním případě, byla fuzzy logika. Tento postup bude zopakován pro porovnání všech metod s metodou fuzzy. Vůz na třetí pozici vyhodnocení

pomocí tradičních metod bude porovnán dvakrát, jelikož na třetí pozici dle fuzzy logiky patří dva vozy se shodným hodnocením.

Výsledky komparace vozů vybraných dle ceny a fuzzy logiky jsou uvedeny v tabulce 12. Z tohoto srovnání vychází jednoznačně jako výhodnější hodnocení pomocí fuzzy logiky.

Tabulka 12: Srovnání metody ceny s fuzzy

ID dle ceny	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
42	55	1:5	Fuzzy
22	44	2:4	Fuzzy
48	63	2:4	Fuzzy
48	8	2:5	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně výsledky komparace vozů vybraných dle ujetých kilometrů a fuzzy logiky jsou uvedeny v tabulce 13. Zde nám opět jako výhodnější vychází hodnocení pomocí fuzzy logiky.

Tabulka 13: Srovnání metody kilometrů s fuzzy

ID dle kilometrů	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
63	55	1:4	Fuzzy
10	44	2:3	Fuzzy
36	63	2:4	Fuzzy
36	8	2:4	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

A nakonec výsledky komparace vozů s automatickou převodovkou, které měly nejmenší počet ujetých kilometrů a fuzzy logiky jsou v tabulce 14. V tomto případě nám nastala remíza mezi metodami. Zajímavé je, že nejlepší vůz dle fuzzy logiky se také objevil na druhém místě hodnocení tradiční metodou.

Tabulka 14: Srovnání kombinace automatu a kilometrů s fuzzy

ID dle kombinace	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
67	55	2:4	Fuzzy
55	44	5:1	Tradiční
17	63	4:3	Tradiční
17	8	2:4	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkově lze říci, že fuzzy logika je pro hodnocení výhodnější. Ovšem vzhledem k vyšší časové náročnosti by mohly být tradiční metody v některých případech dostatečné, a to obzvláště při využití dvou a více parametrů pro hodnocení.

4.2 Výběr automobilu se změněnými kritérii

Hodnocení dle fuzzy logiky je přímo ovlivněno požadavky hodnotitele. Výsledky tedy mohou být značně rozdílné. To je možné ukázat na vozech, které byly využity v předchozím příkladu.

Intervalové třídění i vstupní matice zůstanou stejné jako v předchozím případě. Změna nastane v transformační matici. V předchozím případě byla preferována především cena, rok výroby, počet ujetých kilometrů a datum technické kontroly. Rok výroby a počet ujetých kilometrů není možné zanedbat, proto bude mezi nejdůležitější zařazen i tentokrát. Datum technické kontroly a cena budou ale odsunuty do pozadí. Místo nich bude upřednostněn objem motoru a typ karosérie. Počet preferenčních bodů pro jednotlivé skupiny zůstává stejný a stejně tak i celkový počet bodů mezi jednotlivé skupiny rozdělený. Do první preferenční skupiny tedy patří rok výroby, počet ujetých kilometrů, objem motoru a typ karosérie. Do druhé patří typ převodovky. A do třetí patří cena a datum technické kontroly. U všech parametrů, kromě typu karosérie, budou preference stejné jako v předchozím případě. Typy karosérie jsou, v pořadí od nejvíce preferované po nejméně: liftback, sedan/limuzína, kombi a hatchback. Na základě těchto informací byla vytvořena nová transformační matice (viz. Tabulka 15).

Tabulka 15: Nová transformační matice

	Cena	Rok	Km	Převodovka	Motor	STK	Karosérie
1.	2,5	4	7	4	1	0	4
2.	1	7,5	5	8	3	0,25	8
3.	0,5	8,5	4		4	0,75	1
4.			3		5	1	7
5.			1		7	2	

Zdroj: Vlastní zpracování

Maximální skóre, které může vůz v tomto případě obdržet je 43 bodů. Konkrétní skóre jednotlivých aut je uvedeno v tabulce 16.

Tabulka 16: Srovnání hodnocení dle fuzzy logiky při změně parametrů

ID	Skóre	ID	Skóre	ID	Skóre	ID	Skóre
1	21,25	18	23	35	29,5	52	29,5
2	26	19	29,5	36	31,5	53	28,5
3	20,25	20	26	37	21,5	54	23,75
4	27	21	24,5	38	28,5	55	33
5	24	22	28	39	30,5	56	25,5
6	23,25	23	28	40	24,5	57	21
7	25,5	24	21,5	41	23,5	58	25,5
8	30	25	19,5	42	19,5	59	18,5
9	23,75	26	28	43	20,5	60	19,5
10	21,5	27	25,5	44	28	61	28
11	24,5	28	29,75	45	23,5	62	24,5
12	28	29	31	46	26,5	63	26
13	29	30	26,5	47	23,5	64	27,75
14	28	31	24	48	26,5	65	27
15	29	32	22,25	49	29,25	66	26,75
16	28,5	33	26	50	22	67	30
17	29,5	34	30	51	29,25		

Zdroj: Vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že bylo změněno maximální dosažitelné skóre, je nutné pozměnit i retransformační matici (viz. Tabulka 17).

Tabulka 17: Nová retransformační matice

	Body	Automobil
1	0 – 21,5	Nevyhovující
2	22 - 27	Dostatečný
3	28 - 35	Dobrý
4	35 - 43	Výborný

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejlepším automobilem, při změně parametrů je opět vůz s ID 55, který dosáhl 33 bodů. Také se změnil počet vozů, které lze dle retransformační matice zařadit do jednotlivých kategorií. Tentokrát není možné ani jeden vůz ohodnotit jako výborný. Za dobré lze označit 26 aut, 30 jako dostatečné, a nakonec 11 vozů je nevyhovujících. Nejhorším vozem je vůz s ID 61, který obdržel 18,5 bodů.

Tabulka 18: Nejlepší vozy podle nových parametrů

ID	Cena	Rok	Km	Typ převodovky	Motor	STK	Typ karosérie
55	389 000	2019	91 682	automatická	1,5	1/2024	kombi
36	369 000	2018	47 075	manuální	1,4	11/2022	liftback
29	378 000	2018	95 982	manuální	1,4	2/2024	liftback

Zdroj: Vlastní zpracování

To, jak zásadní vliv mají zvolené parametry na výsledek je možné ukázat pomocí srovnání nejlepších vozů dle fuzzy logiky z obou příkladů. V prvním příkladu byl nejlepší vůz s ID 55. Pozoruhodné je, že nejlepším je i v druhém příkladu. Tentokrát má ovšem nižší hodnocení, a to o 1,5 bodu. Na druhém místě byl vůz s ID 44, který obdržel o 4 body méně, a díky tomu se dostal až na 20. místo spolu s šesti dalšími vozy. Vozy ze třetí pozice měly rozdílné skóre. Vůz s ID 8 obdržel o 1,5 bodu méně, čímž se ocitl na 5. místě, na kterém byly kromě něj další dva vozy. A vůz s ID 63 získal dokonce o 5,5 bodů méně, díky čemuž spadl až na 34. místo, a to spolu s třemi dalšími vozy.

Tímto způsobem je možné porovnat i nejlepší automobily druhého příkladu s fuzzy hodnocením dle původních parametrů. Nejlepší vůz je možné vynechat, vzhledem k tomu, že nejlepším je v obou případech a jeho srovnání tedy již bylo provedeno. Na druhém místě se poté ocitl vůz s ID 36, který byl, dle původních parametrů, až na 20. místě a obdržel o 5,5 bodů méně. A nakonec vůz na třetím místě má ID 29. Ten v prvním příkladu získal pouze o 1 bod méně a nacházel se, spolu s dalšími dvěma vozy, na 8. místě.

4.2.1 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a nových výsledků fuzzy logiky

Způsob porovnání zůstává stejný jako u předchozího příkladu. Cílem je především ukázat, zda měla změna parametrů vliv na výhodnost metod.

Při porovnání výsledků na základě ceny s novými výsledky dle fuzzy logiky bylo zjištěno, že je opět výhodnější fuzzy logika (viz. Tabulka 19).

Tabulka 19: Srovnání metody ceny s fuzzy

ID dle ceny	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
42	55	1:5	Fuzzy
22	36	2:4	Fuzzy
48	29	2:3	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Následně byly srovnány výsledky podle ujetých kilometrů s novými výsledky dle fuzzy logiky (viz. Tabulka 20). Pozoruhodné je, že vozy s ID 36 a 29, které se nacházejí na třetím

místě, měly velké množství parametrů shodné. Z tohoto důvodu bylo možné provést porovnání pouze mezi třemi parametry. Méně překvapivé je ovšem to, že u nich vyhrála tradiční metoda. Vzhledem k tomu, že vůz na třetí pozici dle počtu ujetých kilometrů je zároveň na druhé pozici dle fuzzy logiky, byl tento výsledek předem jasný.

Tabulka 20: Srovnání metody kilometrů s fuzzy

ID dle kilometrů	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
63	55	1:4	Fuzzy
10	36	2:4	Fuzzy
36	29	2:1	Tradiční

Zdroj: Vlastní zpracování

Komparace výsledků kombinace parametrů (nejméně ujetých kilometrů, a zároveň automatická převodovka) s novými výsledky fuzzy logiky je zobrazena v tabulce 21. U automobilů na druhém místě nám opět vyšla jako výhodnější, tradiční metoda. Stejně jako při srovnání fuzzy logiky s ujetými kilometry byl tento výsledek očekávaný.

Tabulka 21: Srovnání vozů s nejméně ujetými kilometry a autem s novými fuzzy

ID dle kombinace	ID dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
67	55	2:4	Fuzzy
55	36	4:3	Tradiční
17	29	1:5	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě výše uvedených výsledků je tedy možné tvrdit, že změna parametrů má vliv na rozhodování o výhodnosti metod. Ovšem i přesto zůstává výhodnější metodou hodnocení dle fuzzy logiky, které bylo po změně parametrů výhodnější ve všech třech případech.

4.3 Hodnocení povinného ručení

S pořízením automobilu je úzce spojeno i pořízení povinného ručení. Pro hodnocení bude tentokrát využit postup uvedený v teoretické části. Tento způsob je oproti předchozímu náročnější. Obvykle jsou pro něj využívány specializované programy, čímž vzniká potřeba zaškolit zaměstnance.

Nabídky povinného ručení pochází ze serveru www.srovnejto.cz, na kterém je možnost zobrazit nabídky bez znalosti SPZ (státní poznávací značky) vozidla. Hodnocené nabídky jsou vytvořeny pro vůz s ID 55, který byl nejlepší v obou případech hodnocení dle fuzzy logiky, vlastněný právnickou osobou. Jako sídlo právnické osoby bylo zvoleno město Jičín, a to pouze z toho důvodu, že se jednalo o povinnou položku (uvedení jiného města by mohlo mít vliv na

cenu, což ovšem není pro účely této práce významné). Nakonec bylo ještě potřeba zadat informaci o délce předchozího pojištění a počtu způsobených nehod, a to kvůli bonusu (jedná se o odměnu za počet ujetých měsíců bez nehody). Pro zjednodušení byla u obou parametrů zvolena možnost ověřit později. Na základě těchto parametrů bylo vytvořeno 20 nabídek (viz. Tabulka 22).

Pro nabídky se nejprve vytvoří kritéria, tzv. vstupní proměnné. První dvě kritéria jsou poměrně jasná, jedná se o roční cenu a výši krytí. Stanovení dalších kritérií je již náročnější. K povinnému ručení jsou obvykle nabízena i různá připojištění (mohou rovnou být i součástí povinného ručení). V rámci této práce bude bráno v úvahu pouze připojištění skel, střet se zvěří a úrazové pojištění řidiče. Pokud připojištění nebude nabízeno, bude v tabulce tato skutečnost zaznamenána pomocí „NE“. Naopak pokud by bylo připojištění již v rámci ceny produktu, bude tato skutečnost v tabulce zaznamenána jako „0“. Nakonec posledním kritériem jsou různé výhody a asistenční služby. Vzhledem k tomu, že jich je opravdu velké množství, je toto kritérium značně zjednodušeno. Hodnoceny totiž budou pouze „nadstandardní výhody“ (po porovnání výhod a asistenčních služeb konkrétních 20 nabídek byly vybrány právě tyto výhody, jelikož se vyskytovaly s nižší frekvencí), kterými jsou náhradní vozidlo zdarma, právní poradenství, variabilní cena (dle počtu ujetých kilometrů, „jezdím málo, platím málo“), pojištění proti vandalismu a v případě nehody, příspěvek na pořízení nového automobilu. Dále již nebude rozebíráno, jaké konkrétní výhody daný produkt nabízí, ale pouze kolik z těchto „nadstandardních výhod“ nabízí. Nabídky jsou v tabulce 22 uspořádány v pořadí, v jakém byly na portálu zobrazeny.

Tabulka 22: Nabídky povinného ručení

Nabídka	Cena	Výše krytí	Počet výhod	Skla	Zvěř	Řidič	Hodnocení
UNIQA Premium	3 775	140	2	900	1280	0	0,50
DIRECT Premium	4 264	200	1	690	NE	0	0,50
Allianz Extra	4 297	150	3	0	0	0	0,87
Allianz Komfort	2 173	70	2	NE	NE	0	0,50
ČPP SPOROPOV PLUS	2 593	50	0	715	940	NE	0,41
ČPP SPECIÁLPOV	2 714	100	0	640	800	0	0,70
DIRECT Plus	2 793	100	0	690	NE	100	0,50
UNIQA Standart Plus	2 846	70	0	900	1280	365	0,47
Allianz Plus	2 885	70	2	NE	0	0	0,69
UNIQA Standart Maxi	2 924	140	0	900	1280	365	0,48
ČPP SUPERPOV	3 516	200	1	570	700	0	0,86
ČPP SUPERPOV MINIHAV	4 576	200	2	570	0	0	0,87
Slavia Jistota	4 899	100	0	844	972	0	0,50

Nabídka	Cena	Výše krytí	Počet výhod	Skla	Zvěř	Řidič	Hodnocení
Pillow Standard	5 628	70	1	684	1524	NE	0,40
Pillow Plus	5 784	70	1	684	1524	NE	0,40
Slavia Jubileum	6 125	150	1	844	972	0	0,50
Pillow Premium	6 936	150	1	684	1524	0	0,50
Allianz Max	9 388	150	3	0	0	0	0,72
Pillow Extra	11 244	150	2	0	0	0	0,70
Pillow Max	20 112	150	2	0	0	0	0,69

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.1 Vyhodnocení tradičními metodami

U povinných ručení je velmi pravděpodobné, že rozhodování bude provedeno na základě ceny. Zde je možné se rozhodnout více způsoby. První možností je, že bude vybrána nejlevnější nabídka (viz. Tabulka 23).

Tabulka 23: Nejlevnější nabídky

Pořadí	Nabídka	Cena	Výše krytí	Počet výhod	Skla	Zvěř	Řidič
1.	Allianz Komfort	2 173	70	2	NE	NE	0
2.	ČPP SPOROPOV PLUS	2 593	50	0	715	940	NE
3.	ČPP SPECIÁLPOV	2 714	100	0	640	800	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Druhou možností, v případě využití online srovnávače, je zvolení doporučené nabídky. Obvykle totiž web sám doporučí nějaké nabídky (na základě poměru mezi cenou a obsahem produktu), které se nachází na prvních třech místech. Proto je možné, že nejlevnější nabídka bude vybírána právě z nich. V tomto případě by za nejlepší mohla být považována nabídka, která se jako první zobrazí na stránce, protože je nejlevnější z doporučených.

Tabulka 24: Doporučené nabídky srovnané dle ceny

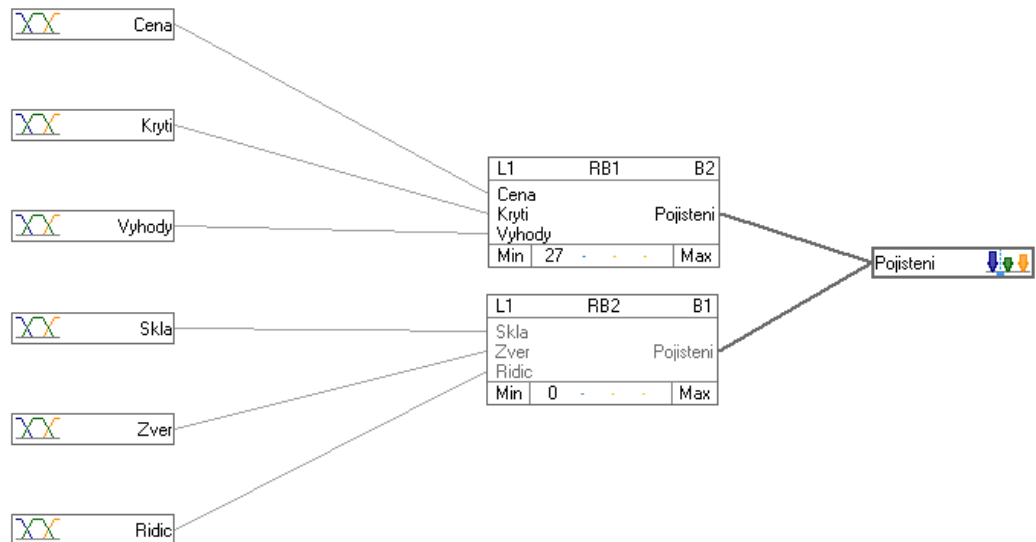
Pořadí	Nabídka	Cena	Výše krytí	Počet výhod	Skla	Zvěř	Řidič
1.	UNIQA Premium	3 775	140	2	900	1280	0
2.	DIRECT Premium	4 264	200	1	690	NE	0
3.	Allianz Extra	4 297	150	3	0	0	0

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2 Vyhodnocení pomocí fuzzy logiky

V tomto případě bude hodnocení provedeno pomocí programu FuzzyTECH. Na tomto příkladu bude možné lépe ukázat jednotlivé kroky zpracování, které byly popsány v teoretické části. Před začátkem fuzzy zpracování je potřeba do programu zaznamenat schéma modelu (viz. Obrázek 8). Nalevo je šest kritérií, které jsou zároveň vstupními hodnotami pro fuzzy

logiku. Uprostřed se pak nachází dva bloky pravidel. Je tedy zřejmé, že pravidla pro připojištění budou nadefinována zvlášť. Nakonec napravo se nachází výstup. Toto schéma tedy přesně dopovídá procesu fuzzy zpracování.

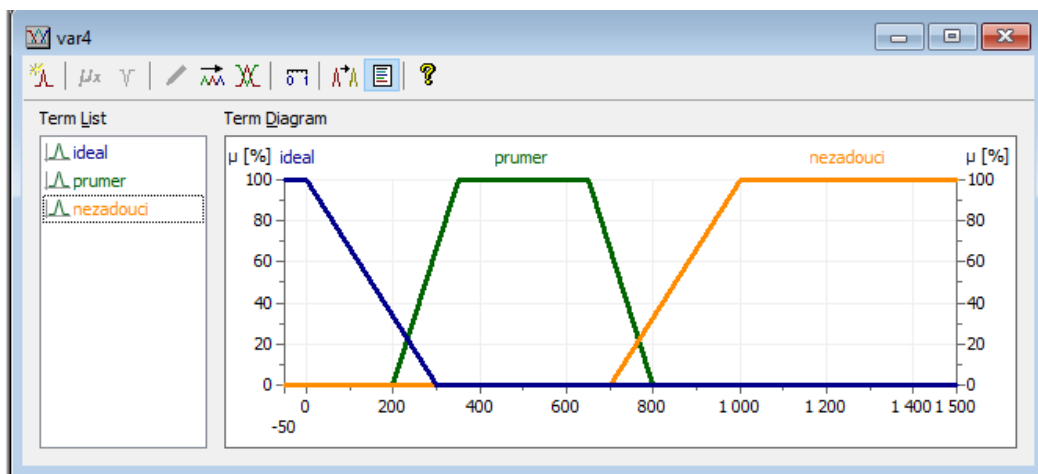


Obrázek 8: Schéma pro fuzzy zpracování

Zdroj: Vlastní zpracování

Prvním krokem je tedy **fuzziifikace**, kdy se každému kritériu přiřadí daná funkce příslušnosti. Možnost „NE“ u připojištění bude brána jako maximum, jehož hodnota bude zvolena u připojištění skel jako 1 000. U zbylých dvou připojištění bude nová hodnota získána zaokrouhlením původních maximálních hodnot, a to na celé stovky nahoru, tedy pro zvěř 1 600 a pro řidiče 400.

Hodnoty všech kritérií byly vždy nejprve rozděleny do tří skupin. První byly vždy nejnižší hodnoty, následně prostřední hodnoty, a nakonec nejvyšší hodnoty. Postup zpracování jednotlivých kritérií byl shodný, jediným rozdílem byly hodnoty na ose x. Pro popsání a vysvětlení procesu bude ideální využít cenu připojištění skel (viz. Obrázek 9). Jak již bylo řečeno, veškeré hodnoty byly rozděleny do tří kategorií. Za nejlepší byly považovány nejnižší hodnoty, proto byla tato kategorie označena jako „ideální“. Zbylé dvě kategorie se nazývají „průměr“ a „nežádoucí“. Pro zpracování byly využity funkce L (-50, 0, 300), Π (200, 350, 650, 800) a Γ (700, 1 000, 1 500). Jejich hodnoty jsou zaznamenány na ose x, na ose y je příslušnost k dané funkci.



Obrázek 9: Fuzzifikace připojištění skel

Zdroj: Vlastní zpracování

Druhým krokem je **fuzzy inference** neboli nadefinování pravidel. S jejich pomocí bude následně provedeno vyhodnocení, zda využít nabídku či nikoli. Celkový počet pravidel je 54. Některá nadefinovaná pravidla lze vidět na obrázku 10. Postup jejich vytvoření je shodný, tedy KDYŽ cena (c) A krytí (k) A výhody (v), TAK pojištění (p). Proměnné v závorkách jsou posléze nahrazovány konkrétním pojmem. Ve sloupci DoS (*degree of support*) jsou ještě zaznamenány váhy těchto pravidel.

Rule Editor 1

Rule Blocks

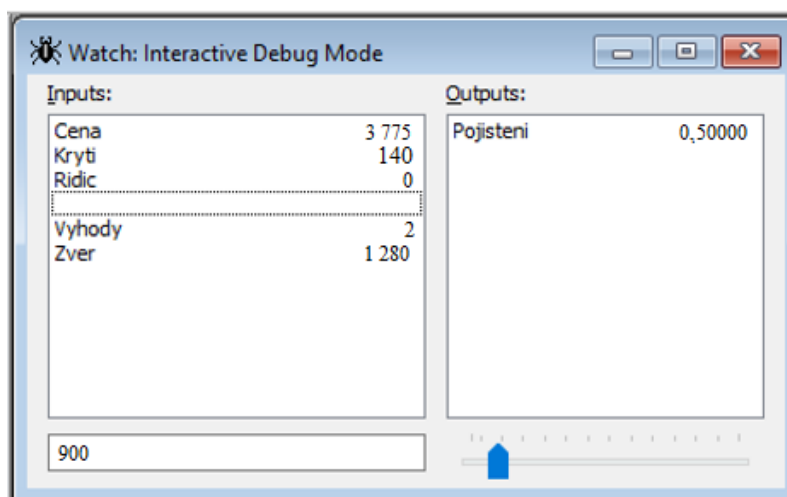
RB2	RB1	*** All ***	Name	If	And	And	Operators	Then	With	Comment	Audit
/	B2.G1		X Cena	X Kryti	X Vyhody			Pojištění	DoS [%]		2022-04-09 15
/	B2.G1.R1		Cena.drahe	Kryti.nizke	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Ne	34		2022-04-09 15
/	B2.G1.R2		Cena.drahe	Kryti.nizke	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Ne	42		2022-04-09 15
/	B2.G1.R3		Cena.drahe	Kryti.nizke	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Mozna	52		2022-04-09 15
/	B2.G1.R4		Cena.drahe	Kryti.prumerne	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Ne	38		2022-04-09 15
/	B2.G1.R5		Cena.drahe	Kryti.prumerne	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Ne	46		2022-04-09 15
/	B2.G1.R6		Cena.drahe	Kryti.prumerne	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Mozna	56		2022-04-09 15
/	B2.G1.R7		Cena.drahe	Kryti.idealni	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Mozna	52		2022-04-09 15
/	B2.G1.R8		Cena.drahe	Kryti.idealni	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Mozna	60		2022-04-09 15
/	B2.G1.R9		Cena.drahe	Kryti.idealni	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Mozna	70		2022-04-09 15
/	B2.G1.R10		Cena.prumer	Kryti.nizke	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Mozna	54		2022-04-09 15
/	B2.G1.R11		Cena.prumer	Kryti.nizke	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Mozna	62		2022-04-09 15
/	B2.G1.R12		Cena.prumer	Kryti.nizke	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Mozna	72		2022-04-09 15
/	B2.G1.R13		Cena.prumer	Kryti.prumerne	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Mozna	57		2022-04-09 15
/	B2.G1.R14		Cena.prumer	Kryti.prumerne	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Mozna	66		2022-04-09 15
/	B2.G1.R15		Cena.prumer	Kryti.prumerne	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Mozna	76		2022-04-09 15
/	B2.G1.R16		Cena.prumer	Kryti.idealni	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Mozna	72		2022-04-09 15
/	B2.G1.R17		Cena.prumer	Kryti.idealni	Vyhody.prumer	=>		Pojištění.Ano	80		2022-04-09 15
/	B2.G1.R18		Cena.prumer	Kryti.idealni	Vyhody.ideal	=>		Pojištění.Ano	90		2022-04-09 15
/	B2.G1.R19		Cena.levne	Kryti.nizke	Vyhody.malo	=>		Pojištění.Mozna	64		2022-04-09 15

Highlight all: Match case

Obrázek 10: Fuzzy inference

Zdroj: Vlastní zpracování

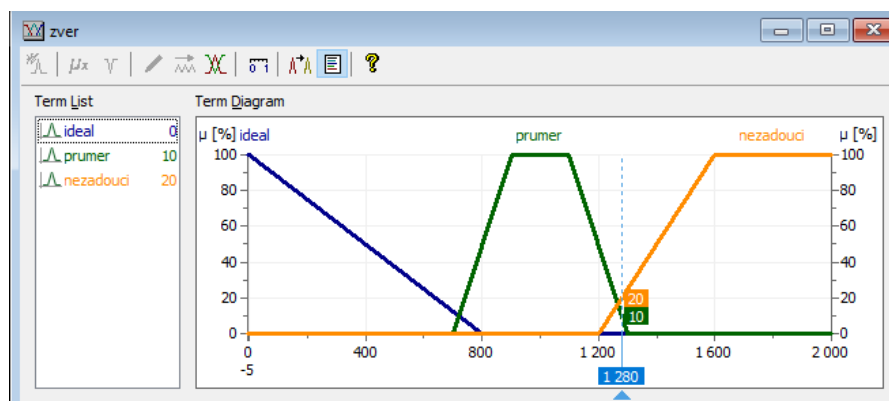
Nakonec proces **defuzifikace** již provádí program FuzzyTECH sám po vyplnění informací o konkrétní nabídce a zvolení vhodné metody defuzifikace. Pro vyhodnocení byla v tomto případě využita metoda MoM, kterou i sám program doporučil. Vyhodnocení na základě skutečných parametrů lze vidět na obrázku 11. Na levé straně se nachází hodnoty reálné hodnoty, které náleží první nabídce uvedené v tabulce 22. Na pravé straně se již nachází konečný výsledek po defuzifikaci.



Obrázek 11: Tabulka pro zadání reálných atributů

Zdroj: Vlastní zpracování

Program také umožňuje sledovat, jakým způsobem vyhodnotil vstupní hodnoty. Způsob vyhodnocení je možné vidět na obrázku 12. Jako ukázkový případ byla zvolena cena připojištění ochrany proti zvěři. Důvodem pro jeho volbu bylo to, že jeho výsledek není jednoznačný. Cena 1280 Kč totiž patří částečně do dvou kategorií, kterými jsou „průměr“ a „nežádoucí“, což je krásně vidět i na daném obrázku.



Obrázek 12: Fuzzifikace ceny střetu se zvěří první nabídky

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě výsledné hodnoty je provedeno vyhodnocení. V tabulce 25 jsou uvedeny výsledné hodnoty fuzzy hodnocení pro všechny nabídky.

Tabulka 25: Fuzzy hodnocení nabídek povinného ručení

Nabídka	Hodnocení	Nabídka	Hodnocení
UNIQA Premium	0,50	ČPP SUPERPOV	0,86
DIRECT Premium	0,50	ČPP SUPERPOV MINIHAV	0,87
Allianz Extra	0,87	Slavia Jistota	0,50
Allianz Komfort	0,50	Pillow Standard	0,40
ČPP SPOROPOV PLUS	0,41	Pillow Plus	0,40
ČPP SPECIÁLPOV	0,70	Slavia Jubileum	0,50
DIRECT Plus	0,50	Pillow Premium	0,50
UNIQA Standart Plus	0,47	Allianz Max	0,72
Allianz Plus	0,69	Pillow Extra	0,70
UNIQA Standart Maxi	0,48	Pillow Max	0,69

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnoty pod 0,5 byly vyhodnoceny jako „Nevhodné pojištění“, hodnoty mezi 0,5 a 0,8 byly vyhodnocena jako „Možná pojistit“ a nakonec nejvyšší hodnoty od 0,8 a výše byly vyhodnoceny jako „Pojistit“. Hraniční hodnoty (0,5 a 0,8) patří vždy do vyššího hodnocení. To tedy znamená, že první nabídka, která získala 0,5, patří do kategorie „Možná pojistit“. Nabídek nevhodných je celkem pět, naopak nabídky vhodné jsou tři (a první dvě mají shodné skóre). Z toho vyplývá, že nejvíce nabídek patří do prostřední kategorie.

Tabulka 26: Nejlepší nabídky dle fuzzy logiky

Pořadí	Nabídka	Cena	Výše krytí	Počet výhod	Skla	Zvěř	Řidič
1.	ČPP SUPERPOV MINIHAV	4 576	200	2	570	0	0
1.	Allianz Extra	4 297	150	3	0	0	0
3.	ČPP SUPERPOV	3 516	200	1	570	700	0

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.3 Srovnání výsledků hodnocení tradičních metod a fuzzy logiky

Jak již bylo zmíněno, nad hranici 0,8 hodnocení dle fuzzy logiky dostaly pouze tři nabídky, z nichž dvě mají shodné skóre a sdílí tedy první pozici. Z tohoto důvodu budou pro komparaci využity pouze dvě nejlepší nabídky dle vyhodnocení tradičními metodami a nejlepší nabídka bude porovnávána dvakrát. Způsob srovnání je stejný jako v předchozích případech.

Jako první byla provedena komparace nejlevnějších nabídek s nejlepšími fuzzy nabídkami (viz. Tabulka 27). Zde byla výhodnější metodou fuzzy logika, což byl předem očekávaný výsledek.

Tabulka 27: Srovnání metody ceny s fuzzy

Nabídky dle ceny	Nabídky dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
Allianz Komfort	ČPP SUPERPOV MINIHAV	1:3	Fuzzy
Allianz Komfort	Allianz Extra	1:4	Fuzzy
ČPP SPOROPOV PLUS	ČPP SUPERPOV	1:5	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Komparace doporučených nabídek a fuzzy logiky je uvedena v tabulce 28. Tyto výsledky jsou již poměrně překvapivé, i zde je totiž jednoznačně výhodnější metodou hodnocení fuzzy logika.

Tabulka 28: Srovnání doporučených nabídek s fuzzy nabídkami

Nabídky dle ceny	Nabídky dle fuzzy	Srovnání	Lepší metoda
UNIQA Premium	ČPP SUPERPOV MINIHAV	1:3	Fuzzy
UNIQA Premium	Allianz Extra	1:4	Fuzzy
DIRECT Premium	ČPP SUPERPOV	0:3	Fuzzy

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky se odvíjí od zvolených kritérií. Při zvolení odlišných připojištění by mohly být značně odlišné výsledky. Zároveň velký vliv měl způsob hodnocení výhod. Ovšem vzhledem k tomu, že cílem bylo ukázat proces fuzzy zpracování a komparovat výsledky s nejlepšími nabídkami dle tradičních metod hodnocení, byla daná kritéria dostatečná.

5 Závěr

Cílem práce je, jak již bylo zmíněno v úvodu, popsat využití fuzzy logiky v rozhodovacích procesech podniků a ukázat, nakolik jsou výhodnější oproti standartním přístupům.

Podniky pro výkon své činnosti potřebují majetek, ať už dlouhodobý či krátkodobý. Z tohoto důvodu je velice běžné rozhodování o jeho pořízení. Pro potřeby práce bylo vybráno rozhodování o nákupu osobního automobilu a následný výběr povinného ručení. Díky vyhodnocení automobilů i nabídek povinného ručení, byla splněna první část cíle práce. Tedy byly popsány dva případy, kdy je možné využít pro rozhodování fuzzy logiku. Stejný postup je ovšem možné využít i pro jiné rozhodovací procesy např. pro výběr nového zaměstnance. Rozhodování o výběru automobilu bylo zpracováno dvakrát. Díky tomu bylo možné ukázat, jak velký význam má výběr preferovaných vlastností.

Všechny tři případy byly zároveň vyhodnoceny i pomocí tradičních metod (např. výběr nejlevnějšího). Výhodnější metoda byla následně zvolena díky komparaci výsledných vozů či nabídek na stejných pozicích. Ve většině případů byla lepší metodou pro hodnocení fuzzy logika. Kritéria, podle kterých bylo hodnocení prováděno, by měla přesně odpovídat požadavkům hodnotitele, proto není překvapivé, že je výhodnější. Naneštěstí odpověď na otázku „Nakolik je výhodnější oproti standartním přístupům?“ není tak jednoduchá. Zpracování je velice subjektivní a neliší se pouze podle toho, o čem je rozhodováno, ale i podle toho, kdo rozhoduje.

Při využití fuzzy logiky budou obdrženy výsledky reflektující požadavky hodnotitele a rozhodnutí učiněné na jejich základě tedy bude nejvíce odpovídat jeho představě. Ovšem nesmí se zapomínat na to, že metoda je náročnější na zpracování, a to nejen časově, ale i z hlediska lidských zdrojů (hodnotitel musí mít potřebné znalosti). U menších podniků nebo při rozhodování mezi malým počtem množností, může tedy být lepší využít tradiční metody. Ovšem i u nich bych doporučovala provést rozhodování na základě minimálně dvou parametrů.

6 Zdroje

- [1] BEZDĚK, Václav. Možnosti a meze využití fuzzy logiky pro řešení problémů ekonomiky a managementu: Possibilities and limits of fuzzy logic to solve problems of economics and management. Zlín, 2014. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce prof. Ing. Zdeněk Molnár, CSc.
- [2] BEZDĚK, Václav. Využití fuzzy logiky při hodnocení. *Systémová integrace* [online]. Praha: Česká společnost pro systémovou integraci, 2022, 10. 04. 2012, 19(4) [cit. 2022-03-12]. ISSN 1804-2716. Dostupné z: <http://old.cssi.cz/vyuziti-fuzzy-logiky-pri-hodnoceni>
- [3] BOJADZIEV, George a Maria BOJADZIEV. Fuzzy Logic for Business, Finance, and Management. 2nd Edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte., 2007. ISBN 978-981-270-649-2.
- [4] DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1338-1.
- [5] FOTR, Jiří, Jiří DĚDINA a Helena HRŮZOVÁ. Manažerské rozhodování. Vyd. 2. upr. a rozš. Praha: Ekopress, 2000. ISBN 80-86119-20-3.
- [6] FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [7] JURA, Pavel. Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.
- [8] MCNEILL, F. Martin a Ellen THRO. Fuzzy Logic: A Practical Approach. Cambridge: Academic Press, 1994. ISBN 978-0-12-485965-4
- [9] NOVÁK, Vilém. Základy fuzzy modelování. Praha: BEN - technická literatura, 2000. ISBN 80-7300-009-1.

- [10] Nový občanský zákoník: zákon č. 89/2012 Sb. ze dne 3. února 2012. Praha: Ústav práva a právní vědy, 2014. Právo a management. ISBN 978-80-87974-01-8.
- [11] OLEJ, Vladimír. Modelovanie ekonomických procesov na báze výpočtovej inteligencie. Hradec Králové: Miloš Vognar - M&V, [s.a.]. ISBN 80-90324-9-1.
- [12] SYNEK, Miloslav. Podniková ekonomika. 4., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 80- 7179- 892- 4.
- [13] TALAŠOVÁ, Jana. Fuzzy metody vícekriteriálního hodnocení a rozhodování. Olomouc: Univerzita Palackého, 2003. ISBN 80- 244- 0614- 4.
- [14] VEBER, Jaromír. Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonnost a prosperita. 2., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2009. ISBN 978-80-7261-274-1.
- [15] VOJÍK, Vladimír. Podnikání malých a středních podniků na jednotném trhu EU. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2009. ISBN 978-80-7357-467-3.