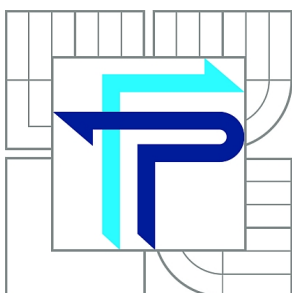




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV INFORMATIKY

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF INFORMATICS

MATEMATICKÉ METODY V EKONOMII

MATHEMATICAL METHODS IN ECONOMICS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ANNA MAIRINGEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. VERONIKA NOVOTNÁ, Ph.D.

BRNO 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Mairingerová Anna, Bc.

Informační management (6209T015)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Matematické metody v ekonomii

v anglickém jazyce:

Mathematical Methods in Economics

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíle práce, metody a postupy zpracování

Teoretická východiska práce

Analýza současného stavu

Vlastní návrhy řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

- MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ Umělá inteligence. 1. vyd. Praha: ACADEMIA, 1993. ISBN 80-200-0496-3.
- JURA, P. Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.
- DOSTÁL, P., K. RAIS a Z. SOJKA Pokročilé metody manažerského rozhodování. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1338-1.
- DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7204-798-7.
- KARBAN, P. Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1301-9.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

L.S.

doc. RNDr. Bedřich Půža, CSc.
Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
Děkan fakulty

V Brně, dne 28.2.2015

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá hodnocením a výběrem dodavatelů výrobků a služeb pro společnost Momedica, s.r.o. pomocí fuzzy logiky. Výsledný fuzzy systém bude sloužit jako nástroj pro podporu rozhodování v podniku.

Abstract

Master's thesis deals with the evaluation and selection of suppliers of products and services for the company Momedica, s.r.o. using fuzzy logic. The resulting fuzzy system will serve as a decision support instrument of company.

Klíčová slova

dodavatel, fuzzy logika, fuzzy systém, MATLAB, MS Excel, rozhodování

Key words

supplier, fuzzy logic, fuzzy system, MATLAB, MS Excel, decision making

Bibliografická citace

MAIRINGEROVÁ, A. *Matematické metody v ekonomii*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2015. 74 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Veronika Novotná, Ph.D..

Čestné prohlášení

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

V Brně dne 29. května 2015

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala Mgr. Veronice Novotné, Ph.D. za vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Momedica s.r.o. za celkovou spolupráci a poskytnuté informace, které byly nezbytné pro zpracování této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE.....	11
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	12
2.1 Umělá inteligence.....	12
2.1.1 Princip neurčitosti	13
2.2 Teorie fuzzy množin	13
2.2.1 Funkce příslušnosti	14
2.2.2 Vlastnosti fuzzy množin	15
2.2.3 Operace s fuzzy množinami.....	16
2.2.4 Fuzzy systémy.....	16
2.3 MATLAB.....	19
2.3.1 Matlab desktop.....	19
2.3.2 Vizualizace dat v prostředí Matlabu	20
2.3.3 FIS editor	21
2.3.4 MF editor	22
2.3.5 Rule editor.....	23
3 ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE	24
3.1 Představení společnosti	24
3.2 Základní informace o dodavatelích společnosti.....	24
3.3 Zadání zakázky.....	25
4 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ.....	27
4.1 Výběr dodavatele zařízení.....	27
4.1.1 Společnosti nabízející klimatizační zařízení.....	27
4.1.2 Stanovení kritérií pro hodnocení.....	30
4.1.3 Zpracování v MS Excel	31
4.1.4 Vyhodnocení pro jednotlivé společnosti.....	34
4.1.5 Srovnání výsledků zpracovaných v modelu MS Excel	37
4.1.6 Řešení v prostředí programu MATLAB.....	38
4.1.7 Vytvoření a práce s fis soubory	39
4.1.8 Spustitelný soubor m.file	42
4.1.9 Výsledné hodnoty jednotlivých společností	44

4.1.10	Shrnutí výsledků fuzzy modelu z prostředí MATLAB	46
4.1.11	Srovnání výsledků obou modelů.....	47
4.2	Výběr společnosti pro dodání a instalaci zařízení.....	48
4.2.1	Kritéria hodnocení dodavatelské společnosti	51
4.2.2	Vytvoření modelu pro hodnocení v MS Excel	52
4.2.3	Vyhodnocení modelu MS Excel	57
4.2.4	Zpracování systému pro hodnocení v prostředí MATLAB	58
4.2.5	Srovnání výsledků fuzzy modelů.....	61
4.3	Volba nejvhodnější varianty	63
4.3.1	Předběžná cenová kalkulace	64
ZÁVĚR		66
LITERATURA		68
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		70
SEZNAM GRAFŮ		71
SEZNAM TABULEK		72
SEZNAM PŘÍLOH.....		74

ÚVOD

Díky neustálému vývoji výpočetní techniky a rozšiřování možností informačních systémů dochází k rozvoji i v oblasti manažerského rozhodování. Protože je jeho význam pro budoucí růst každé organizace velmi vysoký, neustále se objevují nové postupy a metody řešení rozhodovacích problémů, a to hlavně v oblasti umělé inteligence.

Umělá inteligence různě spojuje mnohé teorie, metody i techniky, které jsou následně využity k rozhodování pomocí výpočetní techniky. Součástí umělé inteligence jsou novodobé technologie jako fuzzy logika, genetické algoritmy, neuronové sítě aj.

Fuzzy logika připouští možnost, že daný prvek může náležet do množiny pouze částečně, čímž je vyjádřena určitá neúplnost či vágnost pojmů a dané rozhodování je tedy více přiblíženo skutečnosti.

Tato diplomová práce využívá poznatků fuzzy logiky při výběru vhodného dodavatele na celkovou rekonstrukci prostor společnosti Momedica, s.r.o. V první části práce jsou uvedeny nezbytné teoretické poznatky pro zpracování této problematiky. Nejdříve jsou obecně popsány základy umělé inteligence a jejího využití. Následuje vysvětlení teorie fuzzy množin a jejich použití při rozhodovacích procesech. Také je popsáno prostředí programu MATLAB, ve kterém bude provedena praktická část práce.

Další kapitola se zabývá popisem společnosti Momedica, s.r.o., jejím současným stavem a dalšími nezbytnými poznatky pro řešení této diplomové práce. Závěrem je uvedeno vlastní řešení, kdy je na základě stanovených kritérií vytvořen a popsán rozhodovací model na výběr dodavatelů pro celkovou rekonstrukci prostor společnosti a zhodnoceny jednotlivé výstupy řešení.

1 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je vytvoření prostředí pro výběr a hodnocení dodavatelů společnosti Momedica, s.r.o. s využitím fuzzy logiky. Tato problematika bude zpracována v prostředí programu MATLAB, kde budou vyhodnoceny a porovnány vstupní hodnoty jednotlivých dodavatelů za předem stanovených podmínek odběratele. Výstupem budou informace, jenž budou sloužit pro podporu rozhodování při styku s dodavateli. Výsledné informace budou poskytovat ucelený pohled na vlastnosti poskytovaných služeb jednotlivých dodavatelů, což umožní dané společnosti jednoduché rozhodování o vhodnosti dodavatele.

Pro splnění hlavního cíle je nutno dosáhnout těchto dílčích cílů:

- výběr relevantních vstupů a jejich atributů
- stanovení kritérií pro hodnocení
- automatizovaný výpočet i hodnocení výstupních dat.

V současné době společnost nevyužívá žádný model pro hodnocení dodavatelů, proto by navrhované řešení mělo mít významný přínos pro společnost jak z hlediska snížení nákladů, tak i z hlediska efektivnosti práce. Poznatky zpracované v této práci budou využity společností Momedica, s.r.o. při plánované celkové rekonstrukci budovy, kde společnost sídlí. Součástí rekonstrukce bude výměna oken, venkovní zateplení prostor, zbudování klimatizačního systému, výstavba výtahu a celkové zpracování bezbariérového přístupu do budovy. V této práci bude ukázán postup řešení pro výběr dodavatele klimatizačního zařízení.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V této kapitole budou uvedena nezbytná teoretická východiska ke zpracování této diplomové práce.

2.1 Umělá inteligence

Umělá inteligence neboli artificial intelligence je vědní disciplína zabývající se postupy a algoritmy, které napodobují inteligentní chování člověka. Definicí umělé inteligence je mnoho a doposud její obsah nebyl přesně určen.

Za prvotní definici umělé inteligence lze považovat tzv. Turingův test, který vychází z myšlenky, že bude-li na podněty člověka stroj reagovat tak, že není možné rozeznat, zda jde o člověka nebo o stroj, můžeme stroj mít za inteligentní.

Z této myšlenky vychází Minsky, který definuje umělou inteligenci jako vědu o tvorbě systémů, které při řešení daného úkolu postupují tak, že kdyby takto postupoval člověk, musel by uplatnit svou inteligenci. Přičemž při inteligentním postupu k dosažení výsledku jsou prohledávány pouze nadějně varianty a ostatní jsou vynechány.

Richová tvrdí, že umělá inteligence se zabývá počítačovým řešením úloh, které člověk zatím zvládá vyřešit lépe. Jedná se o velmi stručné vymezení umělé inteligence, které ovšem docela přesně vystihuje její obsah. Avšak nezahrnuje příklady, které neumí v současné době vyřešit ani člověk a předpokládá se, že s rozvojem počítačové techniky dojde i k posunu umělé inteligence.

Jako poslední definici umělé inteligence zde uvedu definici podle Kotka.

„Umělá inteligence je vlastnost člověkem uměle vytvořených systémů vyznačujících se schopností rozpoznávat předměty, jevy a situace, analyzovat vztahy mezi nimi a tak vytvářet vnitřní modely světa, ve kterých tyto systémy existují, a na tomto základě pak přijímat účelná rozhodnutí, za pomoci schopností předvídat důsledky těchto rozhodnutí a objevovat nové zákonitosti mezi různými modely nebo jejich skupinami [1, str. 18].“

Tato definice umožňuje stanovit dílčí teoretické úlohy spadající do umělé inteligence. Jedná se například o rozpoznávání, reprezentaci znalostí, řešení úloh, strojové učení, plánování atd.

Umělá inteligence je tedy soubor metod, teoretických přístupů a algoritmů, které spojuje snaha o počítačové řešení velmi obtížných úloh [1].

2.1.1 Princip neurčitosti

Důležitou součástí umělé inteligence je zkoumání míry neurčitosti. Neurčitostí rozumíme nedostatek dané informace a za informaci pokládáme vše, co umožňuje snížit danou neurčitost. Neurčitosti dělíme na:

- 1) ***vy nucená neurčitost*** – důsledek nedostatku informace, který plyne z neschopnosti měření jakéhokoli měřicího přístroje s nekonečně velkou rozlišovací schopností
- 2) ***volitelná neurčitost*** – záměrně snížená míra informace o část informace, kterou nepotřebujeme [2].

Na základě principu inkompatibility vznikly dva přístupy k odstranění neslučitelnosti důležitosti a přesnosti popisu:

- ***Klasický přístup*** – zjednodušuje předpoklady popisu, což vede k rozdílům mezi skutečným a popisovaným systémem a to může vést k nespolehlivosti výsledků
- ***Fuzzy přístup*** – spočívá ve snížení míry přesnosti popisu na základě práce s vágními informacemi, díky čemuž může být systém modelován v celé jeho složitosti [3].

2.2 Teorie fuzzy množin

Poprvé se o fuzzy logice v roce 1965 zmínil ve svém článku Fuzzy Sets v časopise Information and Control profesor Lotfi A. Zadeh z kalifornské univerzity v Berkeley, kde definoval základní pojem fuzzy logiky fuzzy množinu.

Anglické slovo fuzzy můžeme překládat jako nejasný, mlhavý či neurčitý. V teorii množin určujeme, zda daný prvek je nebo není prvkem dané množiny, tedy jeho příslušnost vyjádřená funkcí nabývá pouze hodnot nula nebo 1. Oproti tomu teorie

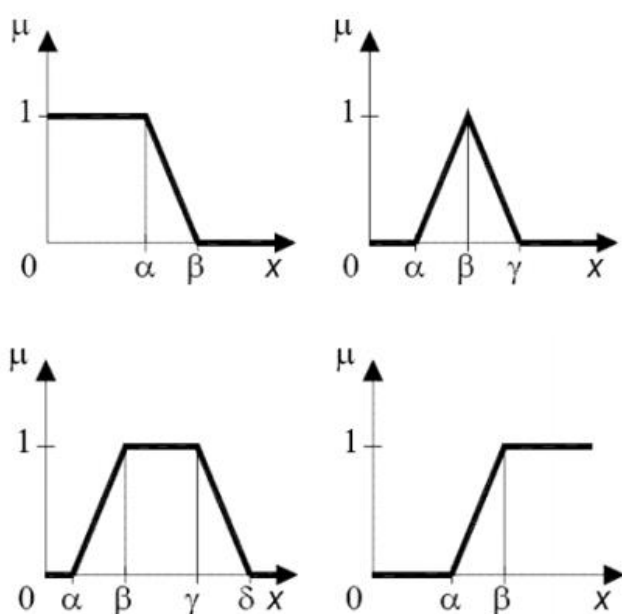
fuzzy množin určuje, v jaké míře prvek do množiny patří či nepatří, tedy příslušnost daného prvku je definována v intervalu $\langle 0,1 \rangle$, přičemž hodnota 0 značí úplné nečlenství a hodnota 1 úplné členství. Z toho tedy vyplývá, že prvek může podle teorie fuzzy množin patřit do množiny pouze částečně [4].

2.2.1 Funkce příslušnosti

Funkce příslušnosti přiřazuje každému prvku stupeň příslušnosti, který určuje velikost příslušnosti určitého prvku k příslušné fuzzy množině. Tato funkce mapuje univerzum U , tedy množinu obsahující všechny prvky na celém intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Funkci příslušnosti lze vyjádřit ve tvaru:

$$\mu_F: U \rightarrow \langle 0,1 \rangle$$

Funkce příslušnosti může nabývat různých tvarů. Pro jednoduchost se využívá funkcí sestavených z lomených přímk. Jedná se funkce příslušnosti: Γ -funkce, Λ -funkce, L-funkce a Π -funkce. Ovšem skutečnost lépe vystihují funkce ve tvaru křivek jako např. S funkce podle Zadeh nebo Π -funkce podle Zadeh, ale ty nejsou tak často využívány [2].



Obrázek 1: L-Funkce, Λ -Funkce, Π -Funkce, Γ -Funkce (Zdroj: [5])

2.2.2 Vlastnosti fuzzy množin [2]

Pro každou libovolnou fuzzy množinu na daném univerzu je charakteristických několik základních pojmů, které popisují vlastnosti dané množiny.

- **Nosič (support)** fuzzy množiny A je ostrou množinou S , která je definovaná jako množina všech prvků univerza X s kladnou funkcí příslušnosti, tedy

$$S(A) = \{x/\mu_A(x) > 0\}.$$

- **Šířka (width)** fuzzy množiny A je určena vztahem

$$width(A) = \sup(S(A)) - \inf(S(A)).$$

Kde $\sup$ vyjadřuje supremum, tedy největší prvek a jeho opakem je infimum, což je nejmenší prvek množiny. Pokud je daná množina ohraničená, nahrazujeme supremum a infimum maximem a minimem. Výsledná šířka je potom dána jejich rozdílem.

- **Výška (height)** značíme ji jako $hgt(A)$ a je vyjádřena následujícím vztahem

$$hgt(A) = \sup(\mu_A(x)), \quad x \in X.$$

Pokud je výška množiny rovna jedné, nazýváme ji normální. V jiném případě se jedná o subnormální výšku množiny.

- **Jádro (nucleus)** množiny A je ostrá množina nucleus (A) všech jejích prvků, jejichž hodnota funkce příslušnosti je rovna 1. Ostrou množinu nukleus (A) můžeme vyjádřit vztahem

$$nucleus(A) = \{x \in X/\mu_A(x) = 1\}.$$

Pokud je funkce příslušnosti rovna 1 pouze v jediném bodě, pak tento bod nazýváme špičkovou hodnotou (peak value).

- **α řez (α cut)** fuzzy množiny A je ostrá množina $\alpha(A)$ vyjádřená jako

$$\alpha(A) = \{x \in X/\mu_A(x) \geq \alpha\}, \text{ přičemž } \alpha \in [0,1].$$

2.2.3 Operace s fuzzy množinami

S fuzzy množinami můžeme provádět základní operace. Je možné porovnávat, zda jsou si dvě fuzzy množiny rovny pomocí funkcí příslušnosti. Tedy fuzzy množina A a fuzzy množina B jsou si rovny právě tehdy, když pro všechna $x \in X$ platí:

$$\mu_A(x) = \mu_B(x).$$

Můžeme říci, že dvě fuzzy množiny si jsou rovny, pokud se rovnají jejich funkce příslušnosti.

Dále zjišťujeme, jestli je fuzzy množina A podmnožinou fuzzy množiny B. Tento stav nastává právě tehdy, když pro všechna $x \in X$ platí:

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x).$$

Tento vztah říká, že fuzzy množina A je podmnožinou fuzzy množiny B právě tehdy, když funkce příslušnosti A je menší nebo rovna funkci příslušnosti množiny B.

V teorii fuzzy množin byly zavedeny také operace sjednocení, doplňku a průniku. Definice těchto operací není jednoznačná, protože vychází z konkrétní situace [2].

2.2.4 Fuzzy systémy

Nejčastěji je problematika fuzzy logiky využíváno při tvorbě fuzzy systémů. Ve fuzzy systémech nabývají proměnné hodnot, které jsou definovány pouze pomocí slovního vyjádření. Tyto slovní proměnné nazýváme tzv. fuzzy lingvistické proměnné, které jsou definovány v nějakém univerzu. Rozlišujeme je na strukturované a nestrukturované.

Strukturovaná lingvistická proměnná je určena jejím jménem, množinou slovních hodnot tzv. termů, číselným rozsahem hodnot a množinami syntaktických a sémantických pravidel.

Sestavení fuzzy systému se skládá z následujících tří kroků:

- fuzzifikace
- fuzzy inference
- defuzzifikace.

Při fuzzifikaci dochází k přeměně reálné proměnné na jazykovou proměnnou, tedy převod ostré hodnoty na fuzzy množinu. Funkce příslušnosti je pak výstupem fuzzifikace a vstupní hodnotou pro inferenci [2].

Do procesu fuzzy inference vstupují nejednoznačné vstupní informace a úsudek je vytvořen na základě pravidel. Základním pravidlem je fuzzy implikace:

if (fuzzy výrok) then (fuzzy výrok).

Každé pravidlo je fuzzy relace mezi fuzzy množinami. Pravidla nemusí obsahovat pouze jednoduché fuzzy výroky, ale i složené se spojkami and nebo or. Poté mluvíme o konjunkci, disjunkci, popř. negaci. Část pravidla před slovem „then“ se nazývá antecedent, tzn. předpoklad a část za „then“ je konsekventem neboli závěrem daného pravidla [2].

Ohodnocení souboru pravidel může být provedeno dvěma způsoby. První způsob se nazývá kompoziční. Při tomto způsobu je celkové ohodnocení všech pravidel sjednocením jednotlivých fuzzy relací. Výstupní množinu tedy lze vyjádřit pomocí operace kompozice. Druhý způsob získání přibližného úsudku se nazývá individuální, nebo také tzv. pálení pravidel. Existují zde dva typy pravidel. Prvním typem jsou aktivní tzv. pálí. Tyto pravidla mají nenulovou hodnotu a podílí se na konečném úsudku. Druhým typem jsou pravidla s nulovými antecedenty, tedy mají nulovou hodnotu a nepodílí se na konečném úsudku. Oba způsoby ohodnocení souboru pravidel dávají stejný výsledek [2].

Třetím krokem je proces defuzzifikace. V této části je převeden výsledek fuzzy inference na reálné hodnoty. Cílem je převedení fuzzy hodnoty proměnné tak, aby co nejvýstižněji slovně popisovala výslednou hodnotu fuzzy výpočtu [6].

Metoda Mamdani

Nejčastěji využívaným postupem fuzzy inference je metoda Mamdani. V této metodě je využito vztahu $p \rightarrow q = p \text{ and } q$. Implikace Mamdani určuje pro fuzzy relaci R_c funkci příslušnosti závěru jako:

$$\mu_{R_c}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)).$$

Definování výstupních množin je dáno tím, že pokud se pravidla překrývají, pak se překrývají i jejich výstupní fuzzy množiny, ze kterých zvolíme minimum [2].

Metoda Takagi-Sugeno

Speciálním typem fuzzy pravidel je metoda Takagi-Sugeno. V této metodě je závěr určen většinou lineární funkcí proměnných, případně pouze číslem. Pravidla zapisujeme tedy ve tvaru:

$$\textit{if}(x_1 = A_1^{j_k}) \textit{and} \dots \textit{and} (x_n = A_n^{j_k}) \textit{ then } y = f_k(x_1, \dots, x_n) \quad k = 1, 2, \dots, r.$$

Proměnná r vyjadřuje počet pravidel a proměnná k vyjadřuje číslo pravidla. Tato metoda využívá vstupně-výstupních naměřených dat a je základem pro modely prediktivního řízení [2].

2.3 MATLAB

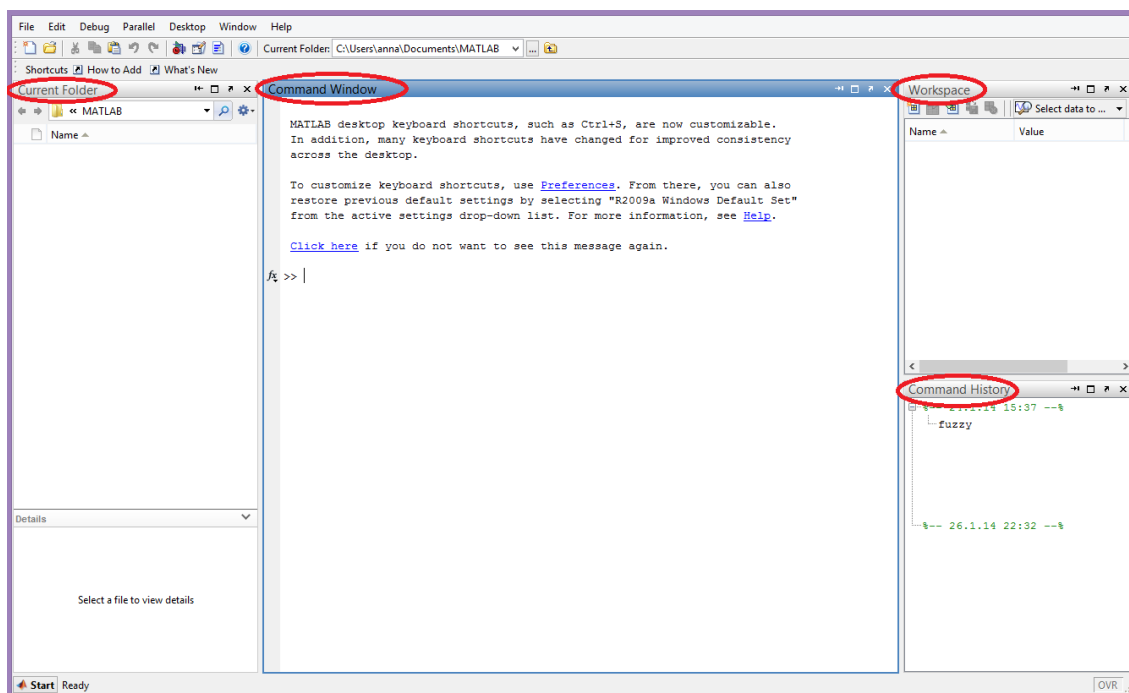
MATLAB (MATrix LABoratory = maticová laboratoř) je v dnešní době jedním z nejpoužívanějších balíků pro technické výpočty ve firmách, univerzitách, aj. Je možné ho doplnit o mnoho dostupných rozšíření (modulů a toolboxů). V současnosti je verze Matlabu dostupná pro několik platforem a operačních systémů [7].

Výhodami Matlabu jsou:

- velké množství vestavěných funkcí a aplikačních knihoven
- systém pro výměnu souborů File Exchange
- podpora komplexních čísel
- řešení diferenciálních rovnic
- podpora vícerozměrných polí
- nástroje pro tvorbu grafického rozhraní [7].

2.3.1 Matlab desktop

Toto okno s pracovním prostředím se zobrazí po spuštění Matlabu. Nejdůležitější a zároveň nejvyužívanější je příkazové okno Command Window, kde jsou zadávány příkazy, zobrazovány chybové hlášky nebo vypsány proměnné. Využívané proměnné jsou zobrazovány v okně Workspace a historie použitých příkazů je vidět v okně Command History. Okno Current Folder obsahuje aktuální adresář, který je možné změnit výběrem nebo přepsáním. Celé okno Matlab Desktop je vidět na následujícím obrázku [7].



Obrázek 2: Pracovní prostředí Matlabu (Zpracování: vlastní)

2.3.2 Vizualizace dat v prostředí Matlabu

Matlab umožňuje mnoho způsobů vizualizace dat. Grafický výstup je zobrazen v novém okně Figure Window, které obsahuje nabídku, nástrojovou lištu a prostor pro zobrazení grafu. Na nástrojové liště lze upravovat barvu, styl čar, zapnout legendu, změnit velikost grafu atd. Pro zobrazení více grafů v jednu Figure Window je možné využít příkazu *subplot*.

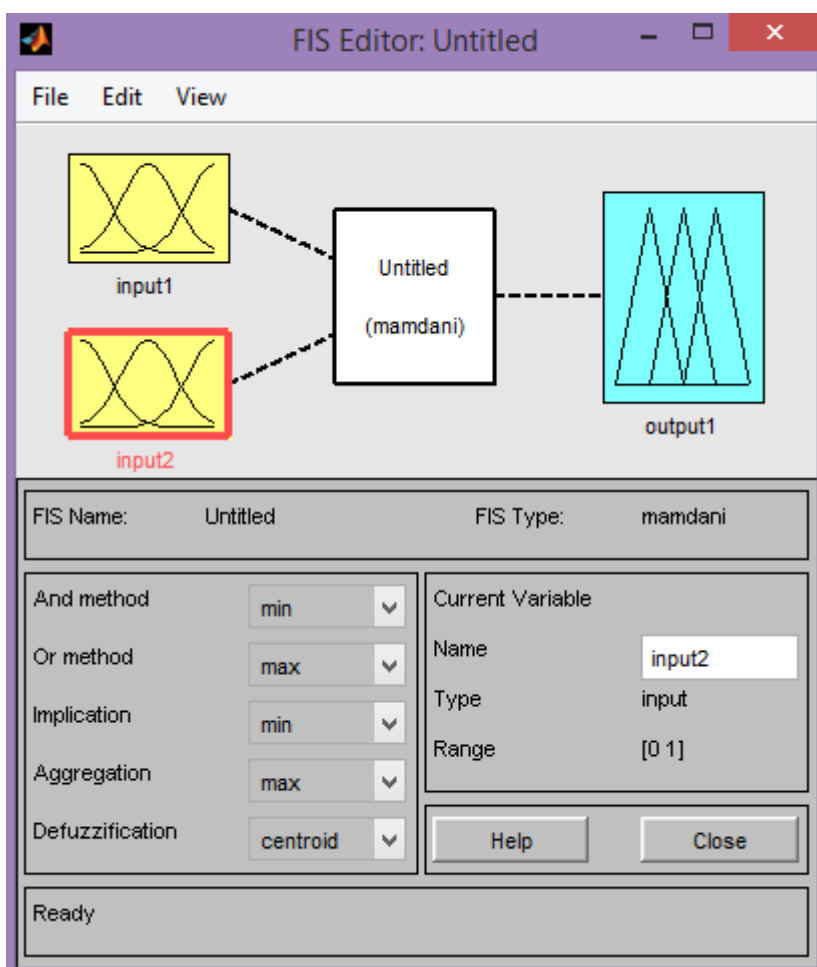
Grafy je možné zobrazit ve 2D rozlišení pomocí funkce *Plot*, kdy je spojnice bodů zadaných pomocí vektorů. Je zde možné vykreslit i více průběhů do jednoho obrázku. Speciálními typy 2D grafů jsou sloupcový graf, výsečový graf, histogram, ... Pro jejich zobrazení je nutné napsat dané příkazy pro jejich vykreslení.

V Matlabu je možné vytvářet i 3D a plastické grafy. Graf ve 3D je možné zadat příkazem *plot3*, jehož parametry je trojice vektorů. U plastického grafu, který je tvořen plnými ploškami, je nutno zadat příkaz *surf* [7].

2.3.3 FIS editor

Po zadání příkazu *fuzzy* do příkazového řádku se otevře okno FIS editoru viz. obrázek. Je zde uveden název FIS souboru a typ souboru. Další vstupní nebo výstupní proměnné je možné přidat v menu Edit=>Add=>Input/Output.

Fis editor zobrazuje i informace o „současné“ proměnné, tedy o proměnné, na kterou jsme klikli. Je zde uvedeno jméno proměnné, její typ, tzn. vstupní nebo výstupní a rozsah [2].

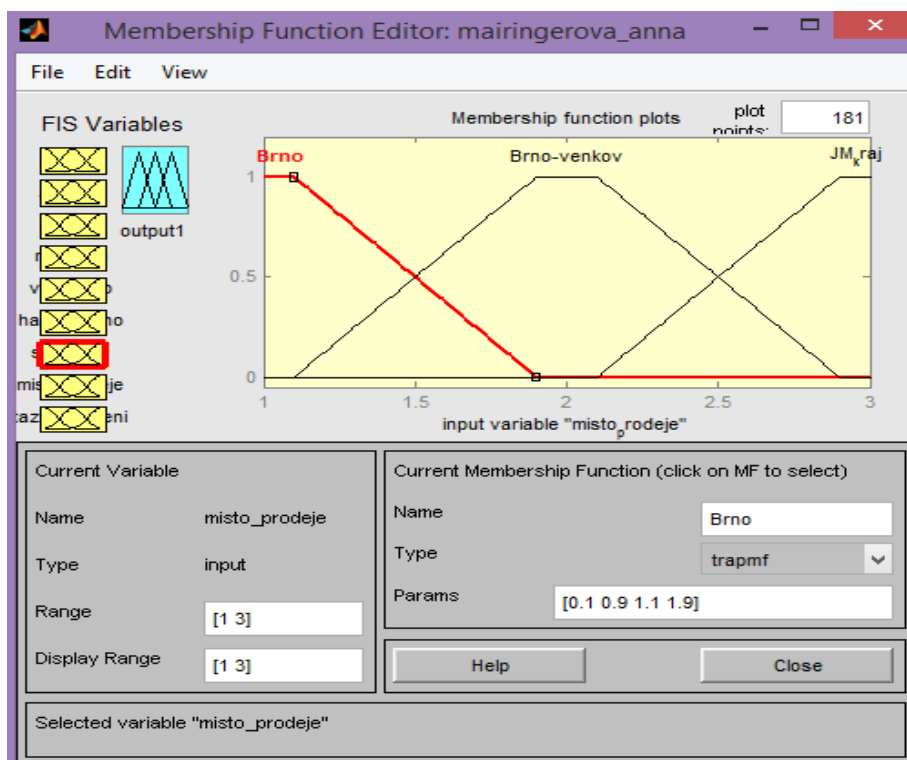


Obrázek 3: Fis Editor (Zpracování: vlastní)

Double klik na ikonu fuzzy systému vyvolá Rule editor. Lze jej vyvolat i v nabídce View => Rules. Po double kliku na ikonu proměnné bude zobrazen Membership Function editor [2].

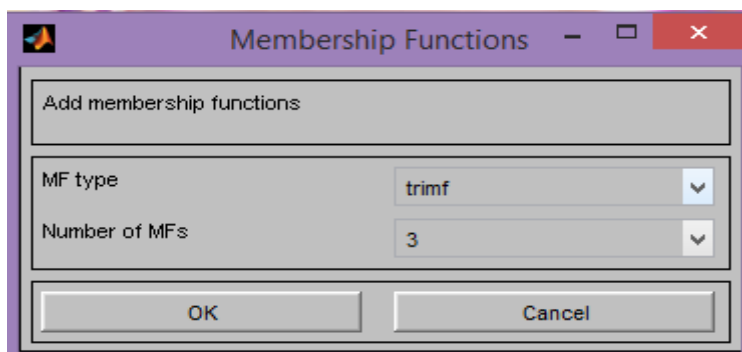
2.3.4 MF editor

Po dvojitém kliknutí na ikonu vstupu nebo výstupu se zobrazí okno MF editoru. Zde je možné editovat typ dané funkce příslušnosti, její název a parametry. Je zde uvedena proměnná a její parametry, pro kterou provádíme změny u funkcí příslušnosti [2].



Obrázek 4: MF Editor (Zpracování: vlastní)

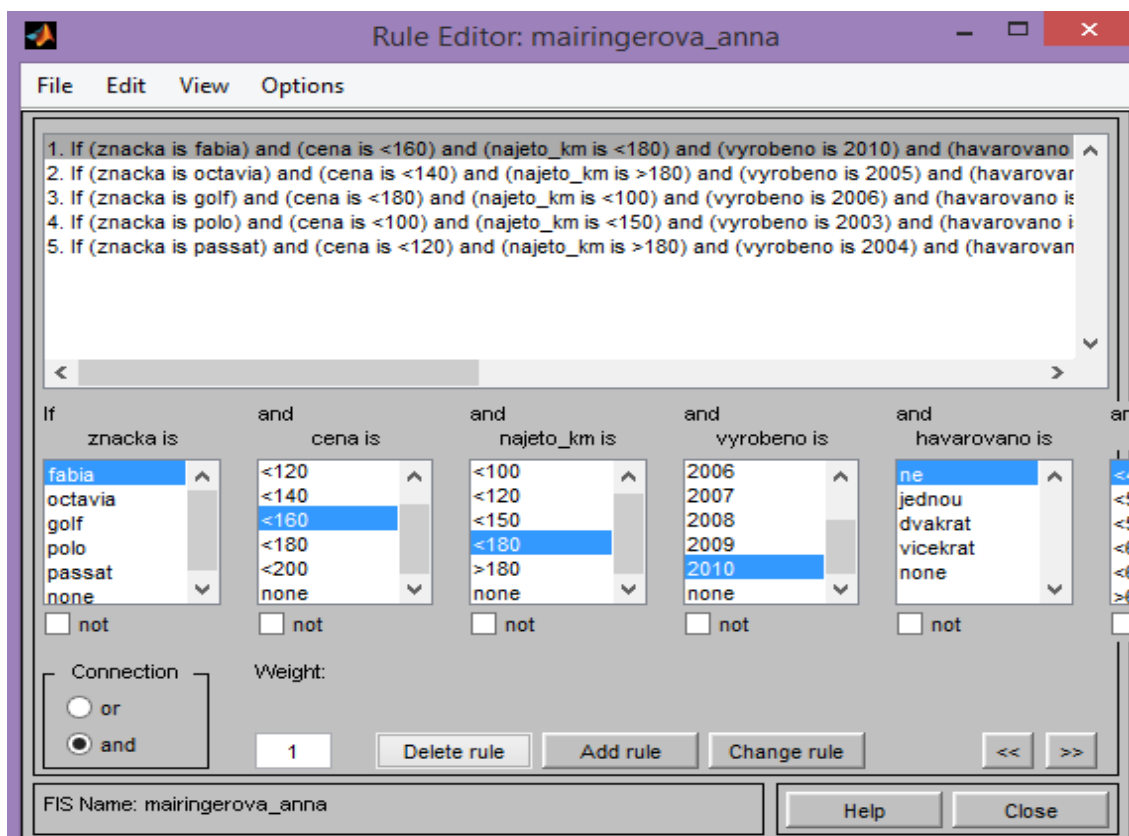
Přidání nové funkce příslušnosti provedeme kliknutím na Edit a Add MFs. Poté se otevře okno pro úpravu parametrů nové funkce příslušnosti [2].



Obrázek 5: Úprava funkcí příslušnosti (Zpracování: vlastní)

2.3.5 Rule editor

Tento editor slouží pro tvorbu a úpravu jednotlivých pravidel typu *If - Then*. Formát jednotlivých pravidel si můžeme navolit v položce „Rule Format“, ten může být slovní, symbolický nebo komprimovaný. Na obrázku je zobrazeno slovní zadání pravidel [2].



Obrázek 6: Rule editor (Zpracování: vlastní)

Po dokončení definice pravidel v menu View je možné zobrazit **Rule Viewer** a **Surface Viewer**, což jsou zobrazovací a ladící nástroje. Nástroj Rule viewer zobrazuje, jak moc se na výstupních hodnotách podílejí jednotlivé vstupní proměnné. Tímto je umožněno sledovat chování systému při různých hodnotách na vstupu. Surface Viewer je nástroj zobrazující řídicí plochu navrhovaného systému [2].

3 ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE

3.1 Představení společnosti

Obchodní jméno:	Momedica, s.r.o.
Sídlo:	Benešova 437, Modřice 664 42
Zapsána:	v obchodním rejstříku vedeném Krajským soudem v Brně spis. zn. C, vložka 18056
Datum zápisu:	24. dubna 1995
IČ:	607 38 014
Předmět podnikání:	obchodní živnost – koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej
Jednatelé:	MUDr. Radek Kousalík MUDr. Marie Urbánková MUDr. Jiří Křivánek MUDr. Vladimíra Holasová MUDr. Eva Macháčová
Základní kapitál:	100 000,- Kč

Společnost Momedica, s.r.o. byla založena roku 1995 skupinou lékařů za účelem poskytování zdravotnických služeb. Tato společnost je soukromým zdravotním střediskem, které poskytuje služby v oblasti všeobecného a dětského lékařství, gynekologie, léčby zubů a dentální hygieny. Všichni společníci jsou zároveň i jednatelé a každý vložil 20 000 Kč do základního kapitálu [8].

3.2 Základní informace o dodavatelích společnosti

V současné době společnost poptává především produkty a služby z oblasti zdravotních a sterilizačních materiálů. Další nedílná součást poptávaných služeb úzce souvisí s běžným chodem společnosti tzn. jedná se o služby z oblasti telekomunikací, IT, spotřebních materiálů aj.

Protože společnost plánuje celkovou rekonstrukci, bude nutné zajistit dodavatelské služby i z dalších oborů. Rekonstrukce by měla zahrnovat výměnu oken, zateplení budovy, výměnu topení, instalaci klimatizačních zařízení a vybudování celkového bezbariérového přístupu z i do budovy.

Nejen z důvodu celkové rekonstrukce, ale i zvýšení konkurenceschopnosti a zlepšení služeb zákazníkům, je nutné vytvořit prostředí pro hodnocení dodavatelských společností, které nejsou v současné době voleny pomocí žádné z metod pro jejich sofistikované hodnocení.

3.3 Zadání zakázky

Společnost Momedica, s.r.o. stanovila jasné požadavky na zřízení klimatizačního zařízení v prostorách budovy. Zakázka je vypsána na instalaci klimatizace v pěti místnostech dvoupatrové budovy. Celkový prostor, který má být klimatizován, zabírá kolem 350 m³. Je požadováno kvalitní zařízení s vysokým chladícím výkonem, snadnou údržbou a nízkou hlučností. Jeho chod by neměl žádným způsobem narušovat chod společnosti.

Instalace klimatizačního zařízení by měla proběhnout za provozu společnosti, tzn. v odpoledních hodinách pracovních dnů. Jelikož je požadována montáž zařízení za běžného provozu, měla by proběhnout rychle a snadno. Dalším požadavkem zadavatele je doprava zařízení v ceně montáže. Zařízení by mělo být dodáno co nejdříve od uzavření smlouvy. Dále by dodavatelská společnost měla poskytovat záruční i pozáruční servis. Výhodou je i certifikát kvality či pozitivní reference.

Největším vodítkem při rozhodování samozřejmě bude cenová nabídka. Tato nabídka bude posouzena ve vztahu k pořizované věci. Důležitá je celková ekonomická výhodnost nabídky. Proto by měl být vybrán dodavatel s nabídkou, ve které je nejlepší poměr užití hodnoty a ceny.

Požadavky na zařízení

- kvalita
- cena odpovídající kvalitě zařízení
- vysoký chladicí výkon
- nízká hlučnost
- snadná údržba.

Požadavky na instalaci

- doprava zařízení v ceně montáže
- nízká cena
- krátká a snadná montáž za provozu
- rychlé dodání od uzavření smlouvy.

Požadavky na dodatečné služby

- poskytování pozáručního servisu
- certifikát kvality a doporučení
- poskytování nadstandardních služeb např. sleva.

4 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

Dříve uvedených teoretických poznatků bude využito v další části práce, která se zabývá praktickým zpracováním dané problematiky a návrhem vlastního řešení problému.

4.1 Výběr dodavatele zařízení

Klimatizační zařízení bude instalováno v pěti místnostech budovy. Dle rozměrů jednotlivých prostor byl určen dostačující chladicí výkon vnitřní jednotky na 3,5kW nebo nižší. Venkovní jednotka bude umístěna na nevyužívaném balkónu budovy a bude na ni napojeno všech 5 vnitřních jednotek.

4.1.1 Společnosti nabízející klimatizační zařízení

Vnitřní i venkovní jednotka byla na základě stanovených parametrů vybírána od následujících firem.

Sinclair

Tento český výrobce klimatizací nabízí ucelený sortiment klimatizací od mobilních zařízení až po složité klimatizační systémy. Provoz společnosti je v souladu s normou ISO 9001. Klimatizace obsahují osm stupňů filtrace, které zajišťují vzduch bez alergenů a vytváří tak sterilní prostředí. V nabídce této společnost je následující zařízení [9].



Obrázek 7: Vnitřní a venkovní jednotka od společnosti Sinclair (Zpracování: vlastní, zdroj: [10])

LG Electronics

Tato mezinárodní společnost působí v oblasti spotřební elektrotechniky, domácích spotřebičů a mobilních komunikací. Klimatizační jednotky společnosti LG nabízí komplexní řešení pro vytápění i ventilace domácností i firem [10].



Obrázek 8: Klimatizační zařízení LG (Zpracování: vlastní, zdroj:[10])

FUJITSU

Společnost Fujitsu nabízí své produkty na trhu již 70 let. Klimatizační jednotky této značky slibují spolehlivý provoz při nízkých provozních nákladech s nízkým dopadem na životní prostředí [11].



Obrázek 9: FUJITSU nástěnná a venkovní jednotka (Zpracování: vlastní, zdroj:[10])

TOSHIBA

Nejen díky vlastnímu výzkumu v oblasti vývoje technologií společnost nabízí kvalitní a inovativní klimatizační zařízení. Použité moderní technologie zajišťují nízkou hlučnost, snadný provoz s nízkými náklady na údržbu, ale i elegantní design [12].



Obrázek 10: Vnitřní a venkovní jednotka společnosti TOSHIBA (Zpracování: vlastní, Zdroj: [12])

4.1.2 Stanovení kritérií pro hodnocení

Kritéria byla stanovena na základě konzultací se zadavateli zakázky. Tato kritéria jsou základem pro vytvoření prostředí na hodnocení dodavatelů společnosti.

Hlučnost zařízení – kritérium hodnotící hlasitost zařízení v chodu. Klimatizační zařízení by nemělo žádným způsobem narušovat běžný chod společnosti, tudíž je požadován tichý chod přístroje. Slovní ohodnocení je stanoveno na základě počtu decibelů tzn. „<20dB“, „20-30dB“, „30-40dB“ a „>40dB“. Kritérium má koeficient 1 pro vnitřní jednotku, které více ovlivní chod společnosti a pro venkovní jednotku je váha pravidla 0,5.

Průtok vzduchu – tento ukazatel hodnotí množství vzduchu, které projde klimatizací za hodinu. Slovní hodnocení pro vnitřní jednotku je „>800“, „651 až 800“, „500 až 650“ a „<500“. Venkovní jednotka bude slovně hodnocena jako „>6000“, „5001 až 6000“, „4000 až 5000“ a „<4000“. Váha tohoto kritéria je 0,8 pro vnitřní jednotku a 1 pro venkovní.

Hmotnost – toto kritérium hodnotí váhu zařízení v kg. Lépe je hodnocena nižší hmotnost. Slovní ohodnocení pro vnitřní jednotku je stanoveno jako „<10kg“, „10kg až 15kg“ či „>15kg“. Pro venkovní jednotku je potom „<70kg“, „70kg až 90kg“ či „>90kg“. Váha pravidla je 0,7.

Koeficient využitelnosti energie v režimu chlazení EER (Energy Efficiency Rating) – tento koeficient určuje poměr mezi chladícím výkonem zařízení a elektrickou energií vynaloženou na odebrání tepla z vnitřního prostředí. Čím je koeficient vyšší, tím pracuje klimatizační zařízení efektivněji. Toto kritérium bude využito pouze u venkovní jednotky klimatizačního zařízení. Slovní hodnocení bude „>4“, „4 až 3,5“, „3,49 až 2“ a „<2“. Váha tohoto kritéria je 1.

4.1.3 Zpracování v MS Excel

MS Excel umožňuje zpracování matematického modelu v uživatelsky příjemném a známém prostředí. Také nevznikají žádné náklady na pořízení dalšího softwaru a zaškolení zaměstnanců na práci v tomto prostředí, protože je součástí balíčku MS Office, který je ve společnosti využíván.

Tento matematický model je sestaven z transformační matice, stavových matic a retransformační matice, která převede výsledek na slovní ohodnocení. Data pro hodnocení jsou uvedena v tabulce.

Popisná transformační matice

Zde jsou jednotlivá kritéria uvedena v tabulce a slovně ohodnocena. Data jsou seřazena od nejlepší po nejhorší variantu. Všechny nabídky na klimatizační zařízení jednotlivých firem budou hodnoceny podle těchto dat.

Transformační matice

Převedením popisné transformační matice na číselné hodnoty v intervalu $<0;100>$ získáme transformační matici. Tato matice ještě bude upravena na základě váhy jednotlivých pravidel a jejich váhy na výsledné hodnocení. Váhu pravidla si každý uživatel určuje dle vlastního uvážení.

Stavová matice

Nabídka každého dodavatele je vystižena ve stavové matici. Jednotlivé buňky matice nabývají hodnot 0 nebo 1 v závislosti na transformační matici. Pokud zadaná hodnota odpovídá slovnímu popisu v transformační matici, je ohodnocena jako 1, v ostatních případech je hodnocena jako 0.

Výpočet a retransformační matice

Samotný výpočet je proveden skalárním součinem stavové a transformační matice, který je poté převeden do procentuálního vyjádření. Pro převedení výsledků na slovní hodnocení slouží retransformační matice, která určuje, kdy přistoupit ke koupi, zvážit ji či zamítnout. Ve výsledku je tedy procentuální hodnocení převedeno na lingvistickou proměnnou.

Tabulka 1: Data pro hodnocení (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka						Venkovní jednotka				
Značka	Model	Chladicí výkon (kW)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Model	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
Sinclair	MC-H12AIC PT	3,5	38	950	11	MC-E42AI	54	5500	79	3,23
LG Libero R	MS12AQ	3,52	39	540	11	MU5M40	58	6360	95	3,22
LG Art Cool	MA12AH1	3,5	44	438	15	MU5M40	58	6360	95	3,22
Fujitsu	ASYG-12LJ	3,5	40	660	8	AOYG-45LAT8	58	4650	98	3,53
TOSHIBA	RAS-B13 N3KVPE	3,5	45	660	10	RAS-5M34 UAV-E1	51	3245	75	6,11

Tabulka 2: Popisná transformační matice (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	do 40dB	> 800	<10kg	> 50	> 6000	< 70 kg nízká	> 4
2	40 až 45dB	651 až 800	10 až 15kg	50 až 55	5001 až 6000	70 až 90	3,5 až 4
3	větší než 45dB	500 až 650	> 15kg	56 až 60	4000 až 5000	> 90kg	3,49 až 2
4		< 500		> 60	< 4000		< 2

Tabulka 3: Výsledná transformační matice (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka				
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m ³ /h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m ³ /h)	Hmotnost (kg)	EER	
1	100	80	70	50	100	70	100	
2	60	64	35	40	75	56	80	
3	40	32	0	30	50	28	50	
4		0		20	0		0	
max	100	80	70	50	100	70	100	Σ 570
min	40	0	0	20	0	28	0	Σ 88

Tabulka 4: Retr transformační matice (Zpracování: vlastní)

Výsledek	Dolní mez	Horní mez
Doporučeno	85,00%	100,00%
Spíše doporučeno	70,00%	84,90%
Spíše nedoporučeno	55,00%	69,90%
Nedoporučeno		54,90%

4.1.4 Vyhodnocení pro jednotlivé společnosti

Pro každou společnost bude uvedena transformační a stavová matice, díky kterým bude stanoveno výsledné hodnocení a doporučení k dalším krokům společnosti Momedica, s.r.o..

Tabulka 5: Trasformační matice společnosti Sinclair (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	100	80	70	50	100	70	100
2	60	64	35	40	75	56	80
3	40	32	0	30	50	28	50
4		0		20	0		0

Tabulka 6: Stavová matice společnosti Sinclair (Zpracování: vlastní)

SINCLAIR	Vnitřní jednotka			Venkovní jednotka			
		Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	EER
	1	1	1	0	0	0	0
	2	0	0	1	1	1	0
	3	0	0	0	0	0	1
	4		0		0	0	0

Tabulka 7: Hodnocení produktů společnosti Sinclair (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	[%]	Slovní hodnocení
436	72%	Spíše doporučeno

Tabulka 8: Trasformační matice 1 společnosti LG (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	100	80	70	50	100	70	100
2	60	64	35	40	75	56	80
3	40	32	0	30	50	28	50
4		0		20	0		0

Tabulka 9: Stavová matice 1 společnosti LG (Zpracování: vlastní)

LG 1	Vnitřní jednotka			Venkovní jednotka				
		Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
	1	1	0	0	0	1	0	0
	2	0	0	1	0	0	0	0
	3	0	1	0	1	0	1	1
	4		0		0	0		0

Tabulka 10: Hodnocení produktů společnosti LG LIBERO R (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	[%]	Slovní hodnocení
375	60%	Spíše nedoporučeno

Tabulka 11: Trasformační matice 2 společnosti LG (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	100	80	70	50	100	70	100
2	60	64	35	40	75	56	80
3	40	32	0	30	50	28	50
4		0		20	0		0

Tabulka 12: Stavová matice 2 společnosti LG (Zpracování: vlastní)

LG 2	Vnitřní jednotka			Venkovní jednotka				
		Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
	1	0	0	0	0	1	0	0
	2	1	0	1	0	0	0	0
	3	0	0	0	1	0	1	1
	4		1		0	0		0

Tabulka 13: Hodnocení produktů společnosti LG ART COOL (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	[%]	Slovní hodnocení
303	45%	Nedoporučeno

Tabulka 14: Trasformační matice společnosti FUJITSU (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	100	80	70	50	100	70	100
2	60	64	35	40	75	56	80
3	40	32	0	30	50	28	50
4		0		20	0		0

Tabulka 15: Stavová matice společnosti FUJITSU (Zpracování: vlastní)

FUJITSU	Vnitřní jednotka			Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
	1	0	0	1	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	1
	3	0	1	0	1	1	0
	4		0		0		0

Tabulka 16: Hodnocení produktů společnosti FUJITSU (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	[%]	Slovní hodnocení
350	54%	Nedoporučeno

Tabulka 17: Trasformační matice společnosti TOSHIBA (Zpracování: vlastní)

Vnitřní jednotka				Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Hmotnost (kg)	EER
1	100	80	70	50	100	70	100
2	60	64	35	40	75	56	80
3	40	32	0	30	50	28	50
4		0		20	0		0

Tabulka 18: Stavová matice společnosti TOSHIBA (Zpracování: vlastní)

TOSHIBA	Vnitřní jednotka			Venkovní jednotka			
	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Váha (kg)	Hlučnost (dB)	Průtok vzduchu (m³/h)	Váha (kg)	EER
	1	0	0	0	0	0	1
	2	1	1	1	0	1	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4		0		0		0

Tabulka 19: Hodnocení produktů společnosti TOSHIBA (Zpracování: vlastní)

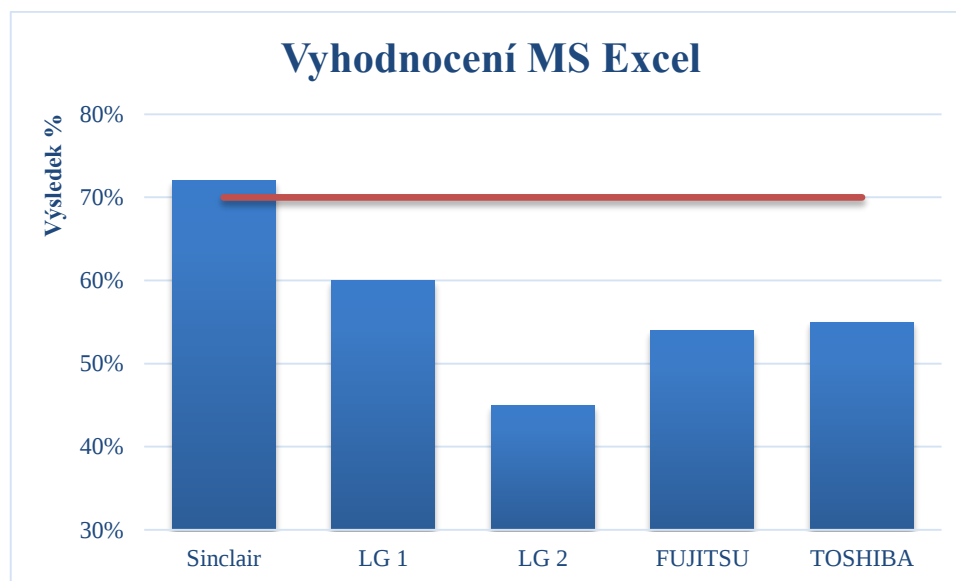
Výsledná hodnota	[%]	Slovní hodnocení
355	55%	Spíše nedoporučeno

4.1.5 Srovnání výsledků zpracovaných v modelu MS Excel

Pro jednatele společnosti je důležité souhrnné vyčíslení výsledků. Z výsledků získaných pomocí matematického modelu zpracovaného v prostředí MS Excel vyplývá, že nejvhodnější zařízení nabízí společnost Sinclair. Jako jediný získal návrh této společnosti doporučení ke koupi. Ostatní společnosti získaly spíše záporné hodnocení. Celkový výsledek je zobrazen v následující tabulce a grafu.

Tabulka 20: Vyhodnocení výsledků (Zpracování: vlastní)

	Sinclair	LG 1	LG 2	FUJITSU	TOSHIBA
Výsledek	436	375	303	350	355
Výsledek v %	72%	60%	45%	54%	55%
Slovní hodnocení	Spíše doporučeno	Spíše nedoporučeno	Nedoporučeno	Nedoporučeno	Spíše nedoporučeno
Chyby	OK	OK	OK	OK	OK
Pořadí	1.	2.	5.	4.	3.

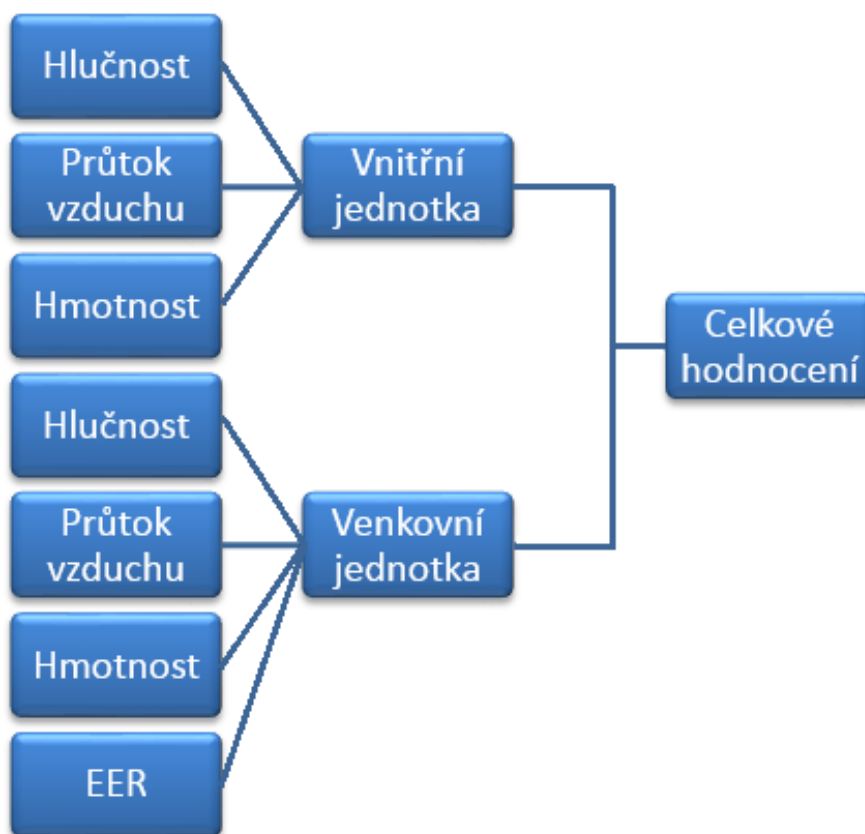


Graf 1: Vyhodnocení nabídek pomocí MS Excel (Zpracování: vlastní)

4.1.6 Řešení v prostředí programu MATLAB

Po zpracování dané problematiky v uživatelsky příjemném prostředí MS Excel bude uveden i postup z programu MATLAB. Tento software obsahuje několik modulů a rozšíření přímo pro řešení problematiky týkající se fuzzy logiky.

Oproti modelu vytvořenému v MS Excel budou jednotlivá kritéria pro hodnocení rozdělena do dvou skupin a to na kritéria hodnotící vnitřní jednotku zařízení a kritéria zabývající se hodnocením venkovní jednotky viz obrázek. Tato úprava je provedena z důvodu zjednodušení systému a zrychlení jeho celkového vyhodnocení.

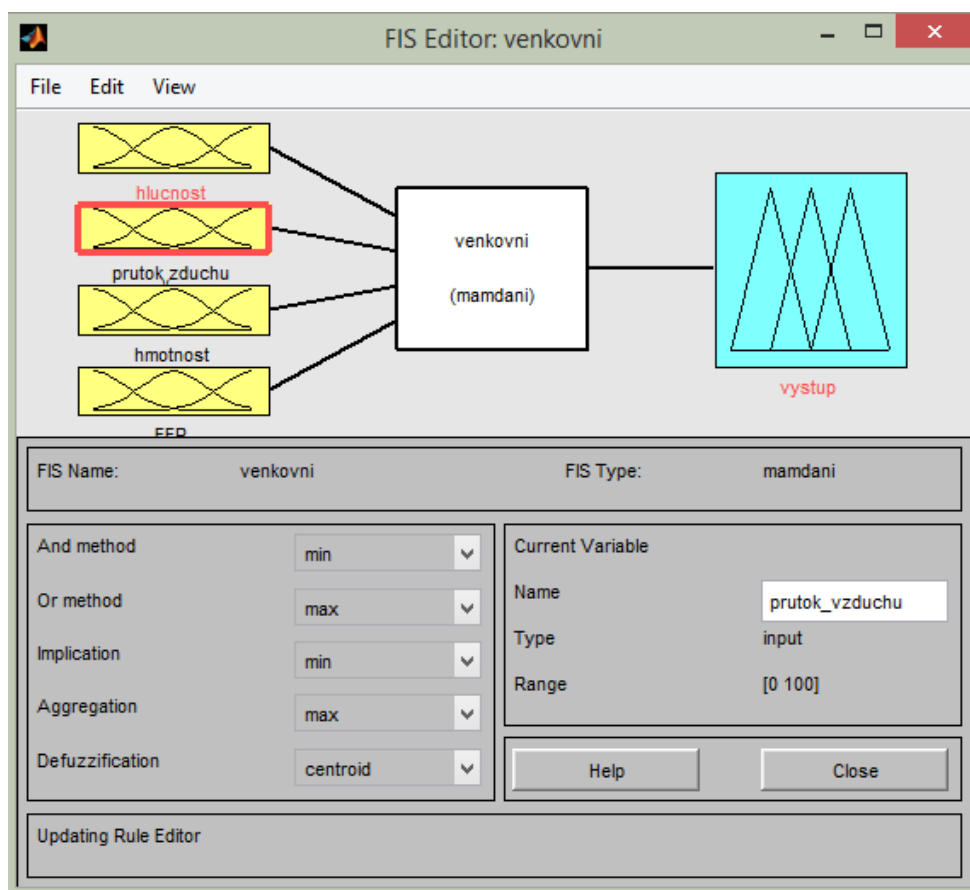


Obrázek 11: Schéma řešení v prostředí MATLAB. (Zpracování: vlastní)

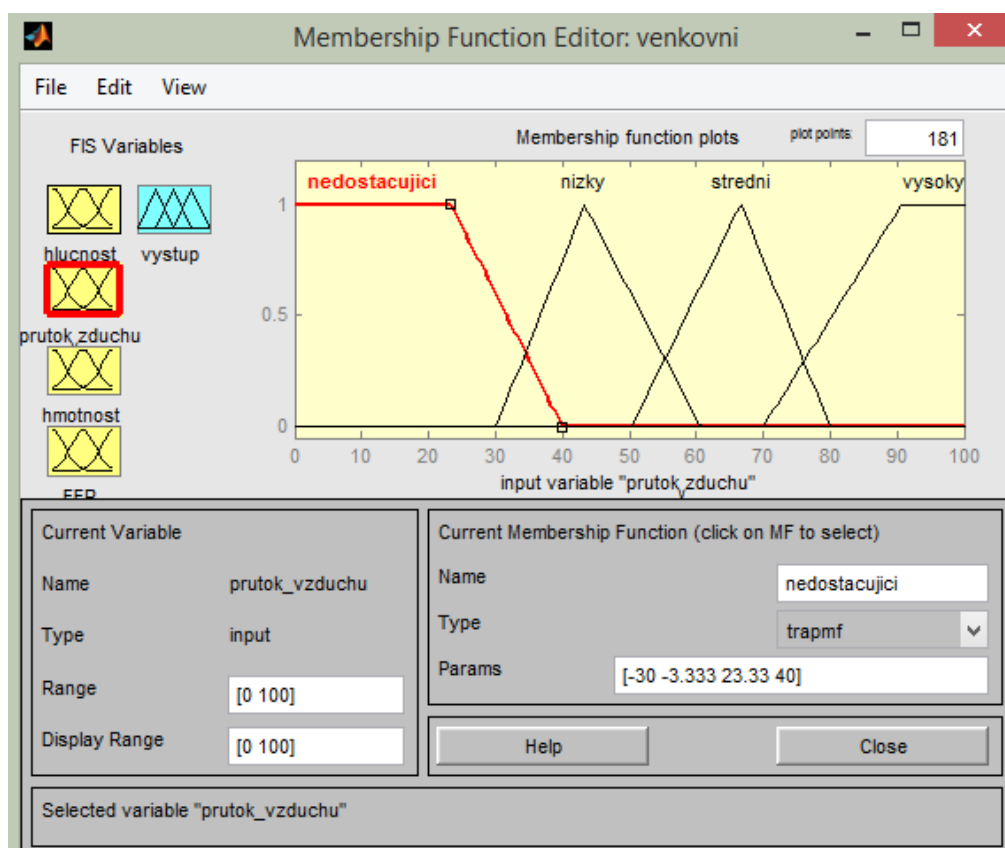
Samotný fuzzy model tedy bude tvořen dvěma soubory *vnitřní.fis* a *venkovní.fis* jejichž výstupy budou vstupními hodnotami pro třetí soubor *hodnocení.fis*. Pro spuštění tohoto modelu byl vytvořen M-file *hodnocení.m*.

4.1.7 Vytvoření a práce s fis soubory

Nejdříve pomocí příkazu „fuzzy“ vyvoláme FIS Editor. V tomto prostředí pro každý soubor navolíme počet vstupních a výstupních proměnných. Pro hodnocení vnitřní i venkovní jednotky jsou vstupní proměnné Hlučnost, Průtok vzduchu a hmotnost. U venkovní jednotky je navíc hodnocena energetická účinnost. Tyto proměnné vstupují do systému pravidel, který má jeden výstup.



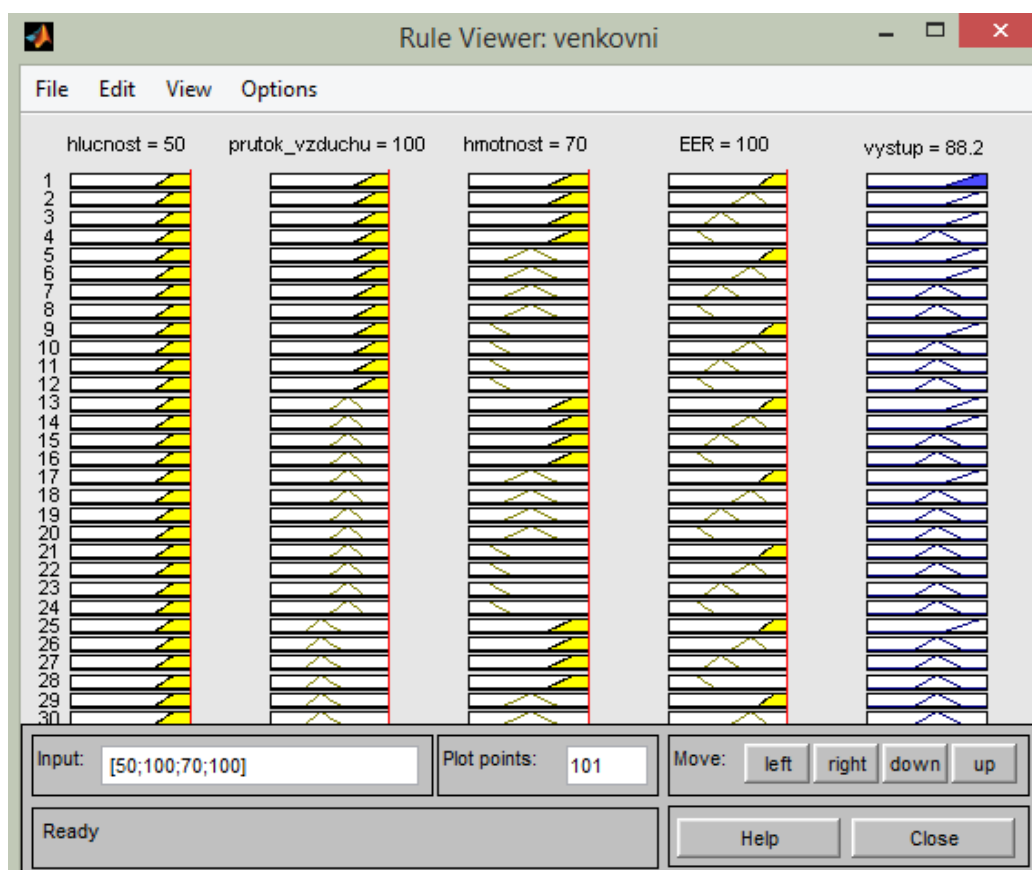
Obrázek 12: FIS Editor, venkovní jednotka (Zpracování: vlastní)



Obrázek 13: Membership Function Editor venkovni.fis (Zpracování: vlastní)

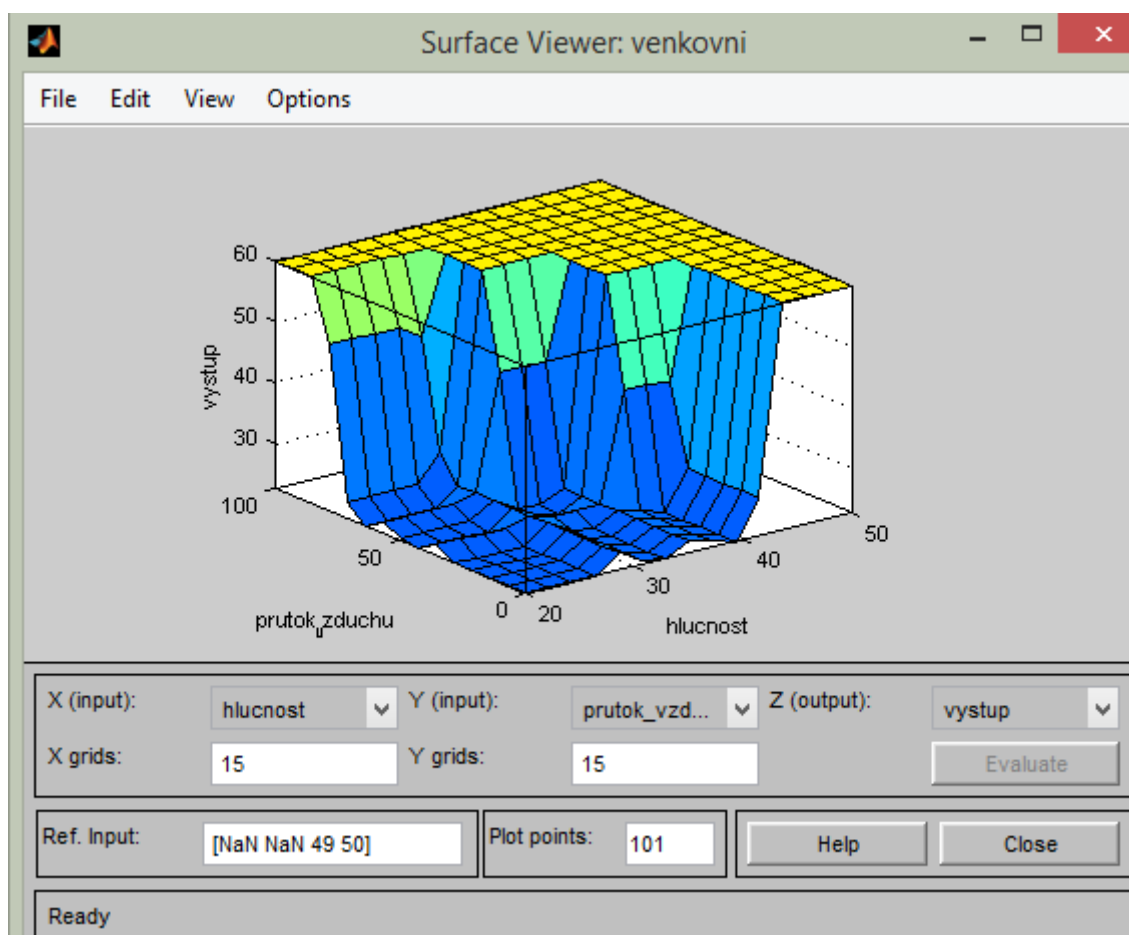
Pro vstupní i výstupní proměnné byly upraveny funkce členství. Ty je možno upravovat v prostředí Membership Function Editor. Výstupní proměnné mají u všech subsystémů tři funkce členství hodnocené jako *nedoporučeno*, *zvážit* a *doporučeno*.

V Rule Editoru byla pro každý subsystém navolena pravidla. Jejich počet se odráží od složitosti každého subsystému. Pro soubor venkovni.fis bylo navoleno 192 pravidel. Tato pravidla a jejich změny v závislosti na změnách jejich vstupů lze sledovat v prostředí Rule Viewer.



Obrázek 14: Rule Viewer (Zpracování: vlastní)

V prohlížeči Surface Viewer jsou na 3D grafu zachyceny změny výstupu v závislosti na změnách dvou vstupů, přičemž ostatní vstupní proměnné zůstanou nezměněny. Na následujícím obrázku je zobrazen vliv vstupních proměnných *hlucnost* a *průtok vzduchu* na výstup *hodnocení*.



Obrázek 15: Surface Viewer (Zpracování: vlastní)

4.1.8 Spustitelný soubor m.file

Aby bylo možné celý systém spustit, je nutné vytvořit M-soubor. Vyvoláním tohoto souboru je uživatel nejdříve vyzván k zadání vstupních hodnot pro vnitřní jednotku i pro venkovní jednotku. Tyto hodnoty je nutno zadat ve tvaru [XX YY ZZ]. Výstupem je hodnocení vnitřní jednotky, hodnocení venkovní jednotky a celkové hodnocení. Hodnoceny jsou jako *nedoporučeno*, *zvážit* a *doporučeno* ke koupi. Kód samotného souboru je popsán níže.

```

clc
clear all

vnitrni=readfis('vnitrni.fis');
vstup1=input('Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:');
vystup1 = evalfis(vstup1, vnitrni);

venkovni=readfis('venkovni.fis');
vstup2=input('Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:');
vystup2 = evalfis(vstup2, venkovni);

hodnoty = [vystup1 vystup2];
vyhodnocen=readfis('hodnoceni.fis');
vystup=evalfis(hodnoty,vyhodnocen);

disp(vystup1);
disp(vystup2);
disp(vystup);

if vystup>75
    disp('DOPORUČENO')
elseif vystup<45
    disp('NEDOPORUČENO')
else
    disp('ZVÁŽIT')
end

```

Vstupní data jsou zadána ručně uživatelem a načteny do proměnných vstup1 a vstup2. Výstupy funkcí evalfis jsou načteny do proměnných vystup1 a vystup2. Tyto hodnoty slouží jako vstupní proměnné pro vyhodnocení závěrečného subsystému. Konečné hodnocení je uloženo do proměnné vystup. Výstupní hodnoty jsou nakonec vypsaný a je zobrazeno výsledné slovní hodnocení.

4.1.9 Výsledné hodnoty jednotlivých společností

Pro jednotlivé společnosti budou uvedeny vstupní hodnoty a zobrazen výstup fuzzy systému, na jehož základě bude stanoveno rozhodnutí o dalším postupu.

První hodnocenou společností byla firma Sinclair. Nabízí vnitřní zařízení s nízkou hlučností, vysokým průtokem vzduchu a střední hmotností. Venkovní jednotka má přijatelnou hlučnost, střední cirkulaci vzduchu, střední hmotnost a její EER je hodnoceno jako spíše neefektivní. Vstupní hodnoty byly zadány pro vnitřní a pro venkovní jednotku následovně: [100 80 35], [40 75 56 50]. Toto zařízení bylo systémem doporučeno ke koupi. Výsledný výstup fuzzy modelu je zobrazen na obrázku.

```
Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[100 80 35]
Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[40 75 56 50]
87.5882

60.0000

89.0556

DOPORUČENO
```

Obrázek 16: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti Sinclair (Zpracování: vlastní)

Jako druhé bylo hodnoceno zařízení společnosti LG. Venkovní jednotka této společnosti má střední hlučnost, vysoký průtok vzduchu, střední hmotnost a je spíše neefektivní. Od této společnosti jako jediné byly zvažovány dvě různé vnitřní jednotky. Pro vnitřní jednotku LIBERO R byly zadány hodnoty hlučnost nízká, průtok vzduchu nízký a hmotnost střední. Pro vnitřní zařízení ART COOL byla zadána hlučnost střední, průtok vzduchu nedostačující a hmotnost střední. Číselně byly hodnoty zadány následovně: LG1[100 32 35],[30 100 28 50]; LG2 [60 0 35], [30 100 28 50]. Fuzzy model doporučil zvážit koupi zařízení LG LIBERO R i zařízení ART COOL. Výstup modelu pro obě zařízení je na následujících obrázcích.

```
Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[100 32 35]
Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[30 100 28 50]
58.7816
```

60

60

ZVÁŽIT

Obrázek 17: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti LG LIBERO R (Zpracování: vlastní)

```
Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[60 0 35]
Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[30 100 28 50]
58.1622
```

60

60.0000

ZVÁŽIT

Obrázek 18: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti LG ART COOL (Zpracování: vlastní)

Předposledním hodnoceným zařízením bylo nabízeno společností FUJITSU. Vnitřní zařízení je středně hlučné s nízkou cirkulací vzduchu a nízkou hmotností. Venkovní jednotka je středně hlučná, má nízký průtok vzduchu, její hmotnost je hodnocena jako vysoká a její EER je efektivní. Vstupní hodnoty byly zadány jako [60 32 70] a [30 50 28 80]. Výstupem fuzzy systému pro toto zařízení je NEDOPORUČENO.

```
Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[60 32 70]
Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[30 50 28 80]
60
```

37.6881

21.8104

NEDOPORUČENO

Obrázek 19: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti FUJITSU (Zpracování: vlastní)

Poslední nabídka byla od společnosti TOSHIBA, kdy vnitřní jednotka byla hodnocena s přijatelnou hlučností, středním průtokem vzduchu a střední hmotností. Venkovní jednotka má přijatelnou hlučnost, nedostačující průtok vzduchu, střední hmotnost a je velmi efektivní. Vstupní hodnoty byly číselně zadány jako [60 64 35] a [40 0 56 100]. Výsledkem je ZVÁŽIT.

```
Zadejte ohodnocení vnitřního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[60 64 35]
Zadejte ohodnocení venkovního zařízení ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[40 0 56 100]
60
```

```
60.0000
|
60.0000
```

ZVÁŽIT

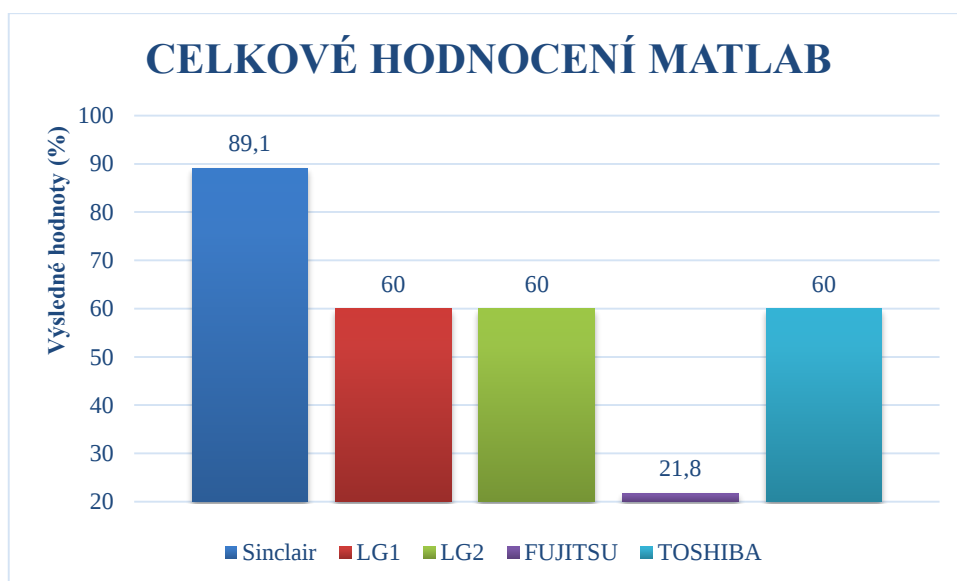
Obrázek 20: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti TOSHIBA (Zpracování: vlastní)

4.1.10 Shrnutí výsledků fuzzy modelu z prostředí MATLAB

Po zadání všech hodnot a získání výsledků můžeme říci, že i v tomto Modelu nejlépe obstálo zařízení společnosti Sinclair. Proto bude doporučen nákup klimatizačních jednotek této společnosti. Výsledné hodnoty pro všechny společnosti zachycuje následující tabulka a graf.

Tabulka 21: Vyhodnocení MATLAB (Zpracování: vlastní)

Název	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka	Celkové hodnocení (%)	Slovní hodnocení	Pořadí
Sinclair	87,6	60	89,1	DOPORUČENO	1.
LG1	58,8	60	60	ZVÁŽIT	3.
LG2	58,16	60	60	ZVÁŽIT	4.
FUJITSU	60	37,7	21,8	NEDOPORUČENO	5.
TOSHIBA	60	60	60	ZVÁŽIT	2.



Graf 2: Celkové hodnocení MATLAB (Zpracování: vlastní)

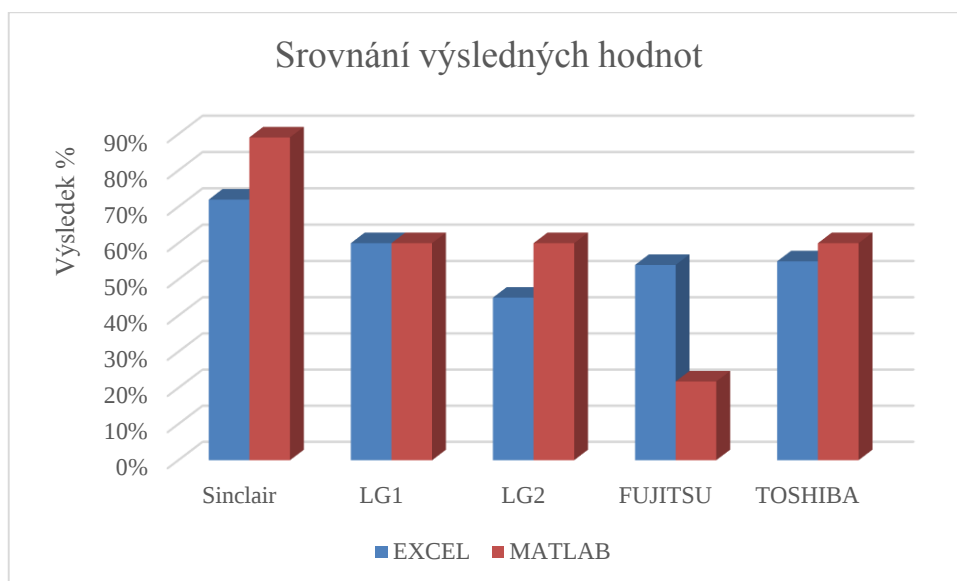
4.1.11 Srovnání výsledků obou modelů

Po získání výsledků z obou modelů může přistoupit k jejich porovnání a zdůvodnění rozdílů. Získané hodnoty jsou uvedeny a srovnány v tabulce a grafu.

Tabulka 22: Porovnání výsledných hodnot (Zpracování: vlastní)

Název	EXCEL	Pořadí	MATLAB	Pořadí
Sinclair	72,0%	1.	89,1%	1.
LG1	60,0%	2.	60,0%	3.
LG2	45,0%	5.	60,0%	4.
FUJITSU	54,0%	4.	21,8%	5.
TOSHIBA	55,0%	3.	60,0%	2.

V obou případech se vítězem stalo klimatizační zařízení společnosti Sinclair a jako jediné bylo v obou případech doporučeno ke koupi. Rozdílné hodnoty u ostatních zařízení mají za následek odlišně rozložené funkce členství výstupních hodnot. Také pro zjednodušení a zrychlení výpočtu byly v prostředí MATLABu oproti excelovskému zpracování použity pouze tři funkce členství. Zkreslení výsledků může být způsobeno i v případě hodnocení produktů od společnosti LG, kdy jsou hodnoceny rozdílné vnitřní jednotky, ovšem stejné venkovní jednotky.



Graf 3: Porovnání výsledných hodnot obou modelů (Zpracování: vlastní)

4.2 Výběr společnosti pro dodání a instalaci zařízení

Společnost oslovila několik dodavatelských firem z Brna pro instalaci vybraného klimatizačního zařízení. Jejich návrhy jsou popsány níže.

Elklim Brno

Společnost Elklim se zabývá prodejem, montáží, revizemi a servisem větracích a klimatizačních systémů. Také působí v oblasti elektrotechniky, především se jedná o instalace zabezpečovacích a protipožárních systémů.

Elklim nabízí vykonání práce s minimálním omezením provozu společnosti. Důležitým faktorem je ekologický přístup a přísná kontrola kvality vstupních produktů. Klimatizační systém je vytvořen na míru podle představ klienta a technických možností prostor vyškolenými pracovníky.

Jako klimatizační zařízení byla navržnuta multisplit klimatizace, kdy je zařízení rozděleno na venkovní a vnitřní jednotky, kdy jsou hlučnější části umístěny ve venkovní jednotce [10].



Obrázek 21: Logo společnosti Elklím (Zdroj: [10])

Šauer klimatizace

Šauer klimatizace dodává klimatizační zařízení do bytových jednotek i kanceláří. Vypracování optimálního řešení a cenová kalkulace je zdarma. Tento dodavatel nabízí i dopravu po Brně zdarma a různé akce a slevy na montáž klimatizačního systému i na jednotlivá zařízení. Také je nabízen záruční i pozáruční servis klimatizace [12].



Obrázek 22: Logo firmy Šauer klimatizace (Zdroj: [12])

BRNOCLIMA s r.o.

Tato společnost se zabývá návrhem, instalací a servisem klimatizací již od roku 1999. Za tuto dobu si získala své klienty především nabídkou prověřených technologií, které jsou nabízeny a instalovány zkušeným týmem odborníků. Zaujmout může i nabídkou náhradních dílů, které mohou nainstalovat výrobci školení technici [13].



Obrázek 23: Logo společnosti BrnoClima (Zdroj: [13])

NEPA

Společnost NEPA je od svého založení roku 1990 zisková, přičemž zisk investuje zpět do svého rozvoje např. vývoje ekologických technologií. Díky tomu nabízí nejmodernější technologie, které nezatěžují životní prostředí. Za tuto činnost získala různá ocenění. Pro tuto společnost jsou také důležité certifikáty jakosti a kvality a spolupráce s autorizovanými partnery, nejen tím je zajištěna nabídka kvalitních produktů a služeb pro všechny klienty [14].



Obrázek 24: Logo společnosti NEPA (Zdroj: [14])

TOPR KLIMA s.r.o.

Firma nabízí kompletní dodání klimatizací, jejich montáž i servis. Je autorizovaným prodejcem klimatizací Sinclair, LG-Electronics, TOSHIBA aj. Také jsou nabízeny pravidelné revize klimatizačního zařízení, které předcházejí nevyžádaným poruchám a problémům [15].



Obrázek 25: Logo ToprKlima (Zdroj: [15])

4.2.1 Kritéria hodnocení dodavatelské společnosti

Při výběru společnosti pro instalaci klimatizačního systému budou využita tato kritéria.

Cena – hlavní faktorem ovlivňujícím rozhodování bude cena zařízení. Toto kritérium bude hodnoceno u vnitřní i venkovní jednotky vybraného klimatizačního zařízení. Cena bude také hodnocena u samotné montáže zařízení. Pro vnitřní a venkovní jednotku bude slovní hodnocení „*nižší než katalogová*“, „*katalogová*“ a „*neuvedena*“. Pro montáž je pak cena hodnocena jako „*uvedena*“, „*vypracována po návštěvě technika zdarma*“ a „*neuvedena*“. Váha kritérií hodnotících cenu je stanovena na 1,5.

Reference – dalším kritériem hodnocení jsou firemní reference. Slovní ohodnocení je „*pozitivní*“, „*neutrální*“ a „*žádné nebo negativní*“. Koeficient k tomuto pravidlu byl stanoven jako 1.

Poskytování slev – zda dodavatelská společnost poskytuje zvýhodněné ceny či slevy je dalším kritériem pro rozhodování. Slovně toto kritérium bude hodnoceno jako „ano“, „sezónní“ nebo „neuvedeno“. Pravidlo má váhu 0,5.

Provozní doba – dalším hodnotícím kritériem je provozní doba společnosti. Důležité je, zda je možná práce i o víkendu. Slovní hodnocení je „7 dní v týdnu“, „pracovní dny“ či „neuvedeno“. Váha tohoto kritéria byla stanovena na 1.

4.2.2 Vytvoření modelu pro hodnocení v MS Excel

I v tomto případě bude nejdříve provedeno hodnocení dodavatelů v prostředí MS Excel. Postup bude stejný jako při výběru samotného klimatizačního zařízení. Nejdříve budou uvedena data pro hodnocení, následně transformační a stavové matice, retransformační matice a vyhodnocení jednotlivých dodavatelských firem.

Tabulka 23: Data pro hodnocení dodavatelských společností (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
Elklim	8 028 Kč	77 244 Kč	do 17 000Kč za jednotku	neutrální	neuvedeno	neuvedeno
Šauer	8 264 Kč	81 494 Kč	vypracována po návštěvě technika zdarma	žádné nebo negativní	ano	7 dní v týdnu
Brnoclima	8 264 Kč	81 494 Kč	neuvedeno	žádné nebo negativní	sezónní nabídka	pouze pracovní dny
NEPA	neuvedeno	neuvedeno	neuvedeno	pozitivní	ano	neuvedeno
Topr	neuvedeno	neuvedeno	vypracována po návštěvě technika zdarma	neutrální	sezónní nabídka	neuvedeno

Tabulka 24: Popisná transformační matice (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	nižší než katalogová	nižší než katalogová	uvedena	pozitivní	ano	7 dní v týdnu
2	katalogová	katalogová	vypracována po návštěvě technika zdarma	neutrální	sezónní nabídka	pracovní dny
3	neuvedena	neuvedena	neuvedena	žádné nebo negativní	neuvedeno	neuvedena

Tabulka 25: Transformační matice (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní	Venkovní				
1	100	100	100	100	100	100
2	70	70	60	50	70	70
3	40	40	0	0	40	50
max	100	100	100	100	100	100
min	40	40	0	0	40	50
koeficient	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1

Tabulka 26: Upravená transformační matice (Zpracování: Vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba	
	Vnitřní	Venkovní					
1	150	150	150	100	50	100	
2	105	105	90	50	35	70	
3	60	60	0	0	20	50	
max	150	150	150	100	50	100	Σ 700
min	60	60	0	0	20	50	Σ 190

Tabulka 27: Retransformační tabulka pro výběr dodavatele (Zpracování: vlastní)

Výsledek	Dolní mez	Horní mez
Doporučeno	70,0%	100,0%
Zvážit	69,0%	50,0%
Nedoporučeno		49,0%

Tabulka 28: Transformační matice pro společnost Elklím (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	150	150	150	100	50	100
2	105	105	90	50	35	70
3	60	60	0	0	20	50

Tabulka 29: Stavová matice společnosti Elklím (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	1	1

Tabulka 30: Výsledné hodnoty společnosti Elklím (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	Výsledek [%]	Slovní hodnocení
570	74,5%	Doporučeno

Tabulka 31: Transformační matice společnosti Šauer klimatizace (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	150	150	150	100	50	100
2	105	105	90	50	35	70
3	60	60	0	0	20	50

Tabulka 32: Stavová matice společnosti Šauer klimatizace (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	0	0	0	0	1	1
2	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0

Tabulka 33: Výsledné hodnoty společnosti Šauer klimatizace (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	Výsledek [%]	Slovní hodnocení
450	51%	Zvážit

Tabulka 34: Transformační matice společnost BRNOCLIMA s.r.o. (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	150	150	150	100	50	100
2	105	105	90	50	35	70
3	60	60	0	0	20	50

Tabulka 35: Stavová matice společnosti BRNOCLIMA s.r.o. (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0	0

Tabulka 36: Výsledné hodnoty společnosti BRNOCLIMA s.r.o. (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	Výsledek [%]	Slovní hodnocení
315	24,5%	Nedoporučeno

Tabulka 37: Transformační matice pro společnost NEPA (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	150	150	150	100	50	100
2	105	105	90	50	35	70
3	60	60	0	0	20	50

Tabulka 38: Stavová matice společnosti NEPA (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	0	0	0	1	1	0
2	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	1

Tabulka 39: Výsledné hodnoty společnosti NEPA (Zpracování: vlastní)

Výsledná hodnota	Výsledek [%]	Slovní hodnocení
320	25,5%	Nedoporučeno

Tabulka 40: Transformační matice pro firmu Topr klima s.r.o. (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	150	150	150	100	50	100
2	105	105	90	50	35	70
3	60	60	0	0	20	50

Tabulka 41: Stavová matice společnosti Topr klima s.r.o. (Zpracování: vlastní)

	Cena zařízení s DPH		Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
	Vnitřní jednotka	Venkovní jednotka				
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	0
3	1	1	0	0	0	1

Tabulka 42: Výsledné hodnoty společnosti Topr klima s.r.o. (Zpracování: vlastní)

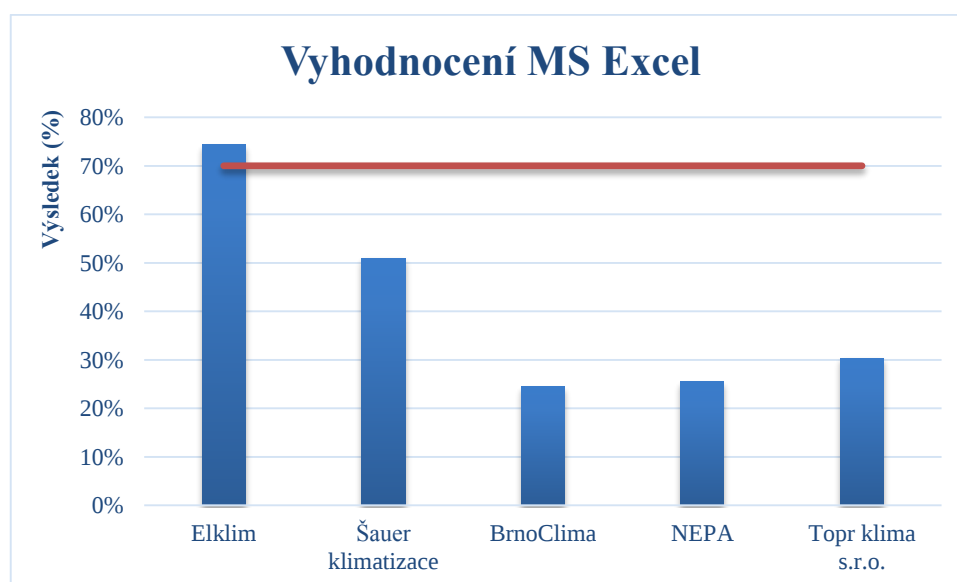
Výsledná hodnota	Výsledek [%]	Slovní hodnocení
345	30,4%	Nedoporučeno

4.2.3 Vyhodnocení modelu MS Excel

Z konečného porovnání výsledků vyplývá, že nejlepším dodavatelem klimatizačního zařízení společnosti Sinclair je firma Elklím, kde je doporučena spolupráce s tímto dodavatelem. Na druhém místě byla vyhodnocena data společnosti Šauer klimatizace, v tomto případě je doporučeno zvážit spolupráci s tímto dodavatelem. Ostatní společnosti v hodnocení neuspěly a spolupráce s nimi nebyla doporučena. Výsledné hodnoty jsou zachyceny v následující tabulce a grafu.

Tabulka 43: Vyhodnocení výsledků modelu MS Excel (Zpracování: vlastní)

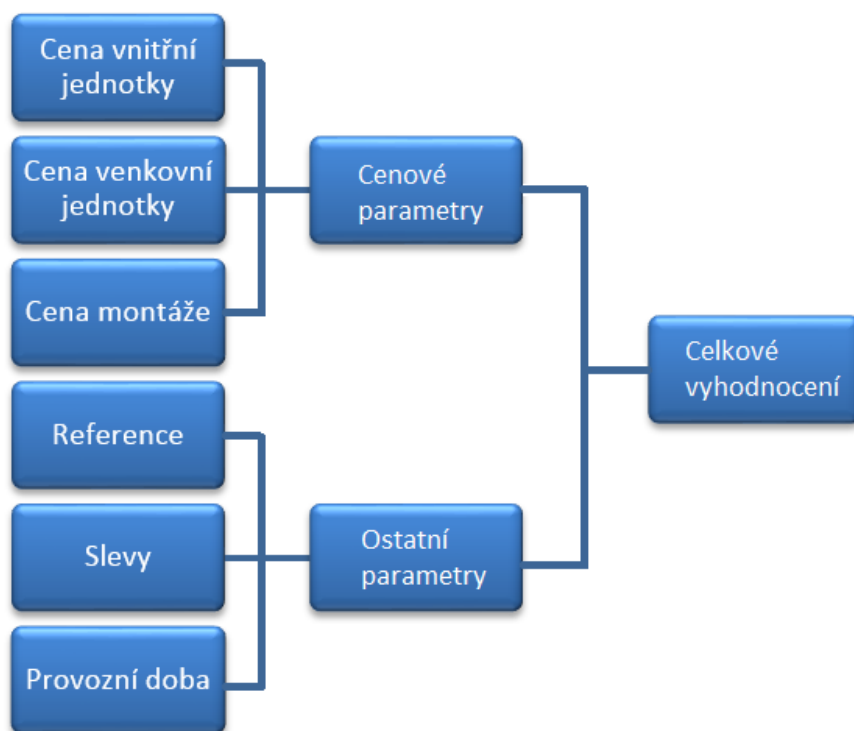
	Elklím	Šauer	BrnoClima	Nepa	Topr klima
Výsledek	570	450	315	320	345
Výsledek v %	74,5%	51,0%	24,5%	25,5%	30,4%
Slovní hodnocení	Doporučeno	Zvážit	Nedoporučeno	Nedoporučeno	Nedoporučeno
Chyby	OK	OK	OK	OK	OK
Pořadí	1.	2.	5.	4.	3.



Graf 4: Výsledné hodnocení dodavatelských společností v MS Excel (Zpracování: vlastní)

4.2.4 Zpracování systému pro hodnocení v prostředí MATLAB

Opět pro výběr dodavatelské společnosti bude využit i matematický model zpracovaný v prostředí programu MATLAB. Znovu pro zrychlení a zjednodušení výsledků byla kritéria rozdělena do dvou skupin. První skupina obsahuje kritéria hodnotící cenové aspekty zakázky, v druhé skupině jsou obsažena data hodnotící spolupráci se společností, tzn. reference aj.



Obrázek 26: Schéma zpracování modelu pro hodnocení dodavatele (Zpracování: vlastní)

Fuzzy model je tedy složený ze tří fis-souborů, kde výstupní hodnoty souborů `cena.fis` a `ostatní_parametry.fis` jsou vstupními hodnotami celkového hodnocení. Pro spuštění byl opět vytvořen M-file. Jeho kód je podobný jako u předešlého modelu a vypadá následovně.

```

clc
clear all

cena=readfis('cena.fis');
vstup1=input('Zadejte ohodnocení cen zařízení a montáže ve tvaru [WW XX YY]:');
vystup1 = evalfis(vstup1, cena);

parametry=readfis('ostatni_parametry.fis');
vstup2=input('Zadejte ohodnocení referencí, slev a provozní doby ve tvaru [WW XX YY]:');
vystup2 = evalfis(vstup2, parametry);

hodnoty = [vystup1 vystup2];
vyhodnocen=readfis('hodnoceni_dodavatel.fis');
vystup=evalfis(hodnoty,vyhodnocen);

disp(vystup1);
disp(vystup2);
disp(vystup);

if vystup>75
    disp('DOPORUČENO')
elseif vystup<45
    disp('NEDOPORUČENO')
else
    disp('ZVÁŽIT')
end

```

Po spuštění je uživatel vyzván k zadání vstupních dat pro hodnocení. Nejdříve je nutné zadat data pro vyhodnocení cenových podmínek zakázky, následně musí být zadány hodnoty ostatních parametrů. V obou případech musí být zadány tři hodnoty ve tvaru [XX YY ZZ]. Jako vstupní hodnoty pro námi hodnocené dodavatele jsou použita data z transformační matice. Uvedena jsou v tabulce.

Tabulka 44: Vstupní hodnoty pro hodnocení dodavatelů (Zpracování: vlastní)

	Cena vnitřní jednotky	Cena venkovní jednotky	Cena montáže	Reference	Slevy	Provozní doba
Elklim	150	150	150	50	20	50
Šauer klimatizace	105	105	90	0	50	100
BrnoClima	105	105	0	0	35	70
NEPA	60	60	0	100	50	50
Topr klima	60	60	90	50	35	50

Tyto vstupní proměnné vstupují do systému a po vyhodnocení funkcí evalfis získáme hodnoty vystup1 a vystup2. Tyto hodnoty vstupují do subsystému hodnoceni_dodavatel, jehož výstupem je výsledné hodnocení dodavatele. Závěrem je vypsáno hodnocení pro jednotlivé subsystémy a konečné doporučení.

```
Zadejte ohodnocení cen zařízení a motáže ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[150 150 150]
Zadejte ohodnocení referencí, slev a provozní doby ve tvaru [WW XX YY ZZ]:[50 20 50]
87.0980

21.8966

60

ZVÁŽIT
```

Obrázek 27: Výsledná hodnota po spuštění systému pro společnost Elklím (Zpracování: vlastní)

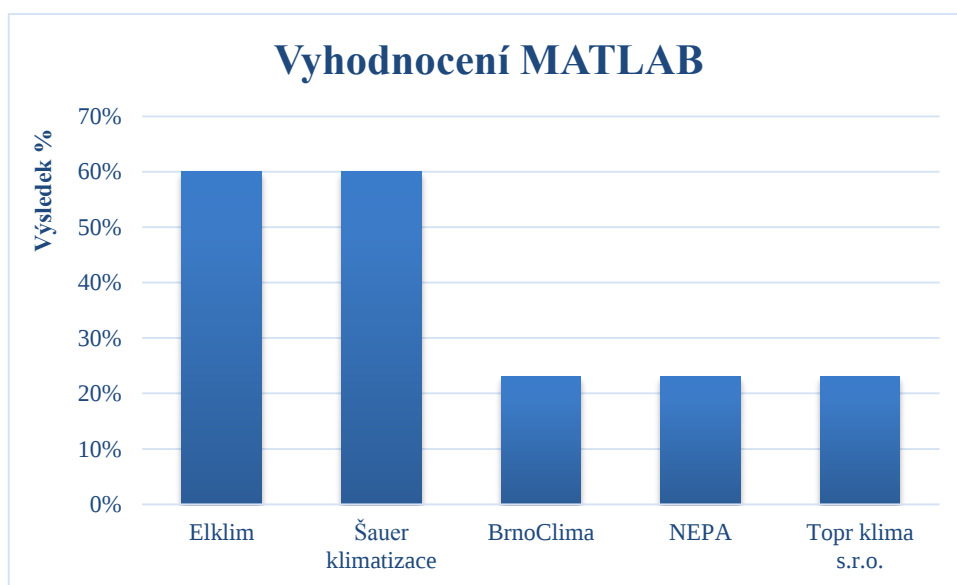
Pokud systém ohodnotil dodavatele 70% a lépe, je doporučena spolupráce. Jestliže je výsledek nižší než 50%, je tento dodavatel ohodnocen jako nevhodný, a systém vypíše slovní hodnocení NEDOPORUČENO. V ostatních případech je doporučení zvážit spolupráci. Celkové vyhodnocení po zadání dat pro jednotlivé dodavatele je zobrazeno v tabulce.

Tabulka 45: Výsledné hodnocení dodavatelů zpracované v prostředí MATLAB (Zpracování: Vlastní)

Název	Cenové ukazatele	Ostatní parametry	Celkové hodnocení	Slovní hodnocení	Pořadí
Elklím	87%	21,9%	60%	ZVÁŽIT	1.
Šauer Klimatizace	60%	60%	60%	ZVÁŽIT	2.
BrnoClima	22,9%	60%	23%	NEDOPORUČENO	4.
NEPA	22,9%	60%	23%	NEDOPORUČENO	3.
Topr klima	22,9%	60%	23%	NEDOPORUČENO	5.

Po zpracování všech dat jsme zjistili, že nejlepší dodavatel pro dodání klimatizačního zařízení je společnost Elklím a Šauer klimatizace. V tomto fuzzy modelu získaly obě společnosti stejné hodnocení a to 60%. Ovšem jako lepší možnost můžeme zvolit společnost Elklím, která má vyšší ohodnocení u cenových ukazatelů, které jsou pro společnost Momedica důležitější než ostatní parametry. Slovní doporučení je u obou

zmíněných firem pouze zvážit. Proto by bylo společnosti Momedica doporučeno oslovit obě tyto firmy a nechat si od nich vypracovat cenový návrh na základě návštěvy technika. Z těchto vypracovaných návrhů by měl být zvolen ten lepší. I v tomto případě by mohlo být využito postupů pro rozhodování použitých v této práci. Ostatní hodnocené firmy získaly velmi nízké hodnocení, proto na základě tohoto fuzzy modelu není doporučena spolupráce s těmito dodavateli. Jejich propad je lépe patrný na následujícím grafu.



Graf 5: Vyhodnocení dodavatelů v prostředí MATLAB (Zpracování: vlastní)

4.2.5 Srovnání výsledků fuzzy modelů

Po zpracování dat v prostředí MS Excel i MATLAB a získání určitých výsledků a doporučení, můžeme přistoupit k porovnání hodnot a k celkovému závěru.

Nejlépe hodnoceným dodavatelem klimatizačního zařízení se stala společnost Elklim. V modelu MS Excel bylo u tohoto dodavatele jako jediného doporučeno přistoupit ke spolupráci. Ve fuzzy modelu v prostředí programu MATLAB získala společnost Elklim nižší hodnocení než v MS Excel, ovšem s přihlédnutím k cenové nabídce a ekonomické výhodnosti zakázky byla opět zvolena jako nejlepší dodavatel.

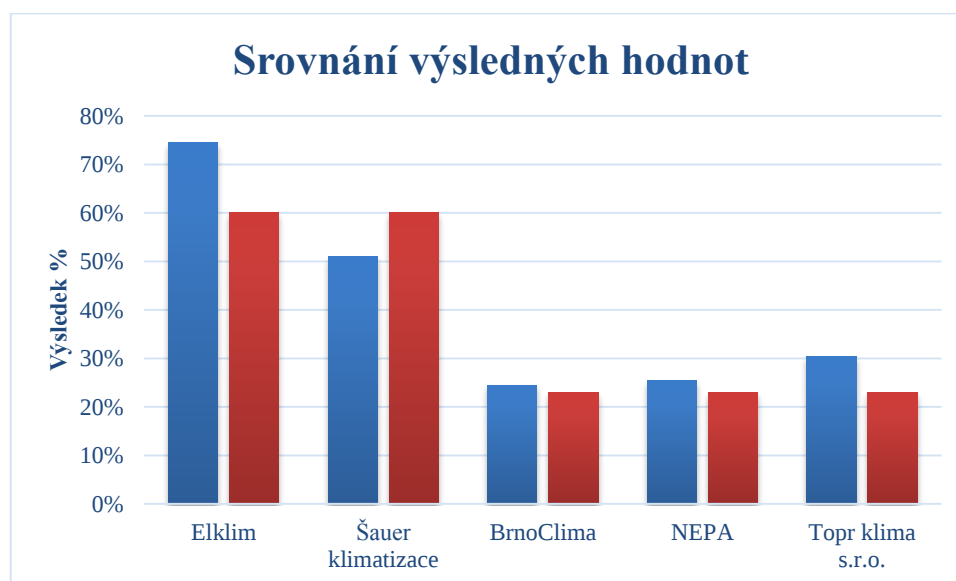
Na druhém místě se v obou modelech umístila společnost Šauer klimatizace. Oproti výsledkům v MS Excel, kde byla tato společnost ohodnocena 51%, tedy

s doporučením zvážit spolupráci, získala tato společnost ve fuzzy modelu zpracovaném v prostředí MATLAB 60%. Tento rozdíl může být způsoben rozdílným způsobem hodnocení. V modelu MS Excel jsou hodnocena jednotlivá kritéria zvlášť, naopak v MATLABu je hodnocení prováděno komplexně.

Zbylé společnosti byly v obou případech vyhodnoceny jako nevhodné ke spolupráci s výslednými hodnotami mezi 20% a 30%. Celkové srovnání je zobrazeno opět v tabulce i grafu.

Tabulka 46: Porovnání výsledků obou modelů pro výběr dodavatele (Zpracování: vlastní)

	MS Excel	Pořadí	MATLAB	Pořadí
Elklím	75%	1.	60%	1.
Šauer klimatizace	51%	2.	60%	2.
BrnoClima	25%	5.	23%	4.
NEPA	26%	4.	23%	3.
Topr klima s.r.o.	30%	3.	23%	5.



Graf 6: Srovnání obou modelů hodnotících dodavatele (Zpracování: vlastní)

4.3 Volba nejvhodnější varianty

Podle námi získaných výsledků by si společnost Momedica s.r.o. měla pořídit klimatizační zařízení značky Sinclair. Zařízení této společnosti v matematickém modelu MS Excel bylo jako jediné doporučeno ke koupi. Výsledné hodnoty získané pomocí fuzzy systému, vytvořeném v prostředí programu MATLAB, také doporučily koupi klimatizačního zařízení této značky s výraznou převahou.

Firma Sinclair nabízí vnitřní klimatizační jednotku s velmi nízkou hlučností a vysokou cirkulací vzduchu. Hmotnost této jednotky je 11kg, ale ve srovnání např. s jednotkou ART COOL od společnosti LG Electronics, která dosahuje hmotnosti 15kg, je o srovnání nižší.

Venkovní jednotka společnosti Sinclair má vysokou efektivnost. Hodnocení jejího koeficientu využitelnosti energie v režimu chlazení je vyšší než 3,2 a je hodnoceno jako úsporné. Také cirkulace vzduchu je u této jednotky opět na dobré úrovni. Díky tomuto by měly být ušetřeny náklady na energii vynaloženou k provozu zařízení.

Dodavatelskou společností pro toto klimatizační zařízení byla zvolena společnost Elklím. Tato společnost byla v matematickém modelu vyhodnocena jako nejvhodnější a byla doporučena spolupráce při instalaci klimatizačního zařízení právě s touto firmou. Cenové nabídky této společnosti jsou nejvýhodnější a má i skvělé reference. Jediné, co můžeme vytknout, je nedostatek informací o akčních nabídkách a provozní době.

Ovšem v komplexním hodnocení fuzzy systému v prostředí MATLAB tato společnost získala pouze 60% stejně jako společnost Šauer klimatizace. Na základě výsledků tohoto modelu bylo doporučeno oslovit obě zmíněné společnosti k vytvoření cenové nabídky přímo na míru po osobní návštěvě klimatizační technika. Pro srovnání uvedeme předběžnou cenovou kalkulaci obou firem.

4.3.1 Předběžná cenová kalkulace

Pro lepší porovnání nabídek obou dodavatelských firem zde porovnáme jejich cenové nabídky. Nejdříve budou uvedena data od společnosti Elklím, následně uvedeme údaje pro společnost Šauer klimatizace. Následovat bude srovnání obou nabídek a budou uvedena doporučení k dalšímu postupu.

Společnost Elklím nabízí jednotky klimatizačního zařízení za nižší než katalogovou cenu. U této společnosti je uvedena i přibližná cena za montáž. Instalace jedné split jednotky by neměla stát více než 17 000 Kč. Bohužel společnost neuvádí, zda poskytuje nějaké množstevní či akční slevy. Celkové náklady na zřízení klimatizačního systému v prostorách budovy společnosti Momedica s.r.o. bylo vyčísleno přibližně na dvě stě tisíc korun. Více je uvedeno v následující tabulce.

Tabulka 47: Předběžná cenová kalkulace společnosti Elklím (Zdroj: [10], Zpracování: Vlastní)

Technologie	Specifikace	Cena za kus s DPH	Počet	Cena celkem
Vnitřní jednotka	MC-H12AIC PT	8 028 Kč	5	40 140 Kč
Venkovní jednotka	MC-E42AI	77 244 Kč	1	77 244 Kč
Cena montáže	Montáž jedné split jednotky	Do 17 000 Kč	5	85 000 Kč
Akční nabídky a slevy	Neuvedeno			
Celkové náklady	202 384 Kč			

Klimatizační jednotky značky Sinclair nabízí společnost Šauer klimatizace za katalogové ceny. Za tyto ceny nabízí stejné produkty např. i společnost BrnoClima, avšak toto cenové ohodnocení není příliš odlišné od nabízených cen společností Elklím. Velký nedostatek shledávám v tom, že společnost Šauer klimatizace neuvádí cenu za montáž. Tato cena je předběžně vyčíslena až po osobní návštěvě klimatizačního technika. Celkové náklady na instalaci byly tedy vyčísleny na přibližnou částku sto dvacet tisíc, ke které ovšem bude ještě připočtena cena za montáž. Ta se může vyšplhat až do závratných částek, proto by pro další rozhodování bylo dobré tuto cenu znát.

Tabulka 48: Předběžná cenová kalkulace společnosti Šauer klimatizace (Zdroj: [12], zpracování: vlastní)

	Specifikace	Cena za kus s DPH	Počet	Cena celkem
Vnitřní jednotka	MC-H12AIC PT	8 264 Kč	5	41 320 Kč
Venkovní jednotka	MC-E42AI	81 494 Kč	1	81 494 Kč
Cena montáže	Montáž jedné split jednotky	Neuvedeno	5	Neuvedeno
Akční nabídky a slevy	Nabízí			
Celkové náklady	122 814 Kč			

Při srovnání cenových nabídek vidíme, že společnost Elklím nabízí klimatizační zařízení za nižší cenu, ovšem rozdíl není závratný. Co je nutné ocenit je uvedení ceny za montáž od společnosti Elklím. Ačkoliv si vyhrazuje právo tuto cenu kdykoliv upravit, lze podle ní sestavit alespoň přibližný rozpočet na zřízení klimatizačního systému. Bez této položky je sestavení rozpočtu složité, protože cena za montáž tvoří jeho velkou část.

Tabulka 49: Srovnání cenových nabídek (Zpracování: vlastní)

	Cena s DPH		Rozdíl
	Elklím	Šauer klimatizace	
Vnitřní jednotka	40 140Kč	41 320 Kč	1 180Kč
Venkovní jednotka	77 244 Kč	81 494 Kč	4 250Kč
Cena montáže	85 000 Kč	Neuvedeno	Nelze porovnat

Z hodnocení předběžné cenové kalkulace vyplývá, že je důležité zjistit cenu za montáž klimatizačního systému od společnosti Šauer klimatizace. Proto je doporučeno obě společnosti oslovit a domluvit si návštěvu klimatizačních techniků, kteří sestaví přibližnou cenovou kalkulaci za vytvoření celkového klimatizačního systému. Klimatizační systém by bylo dobré poptávat až v období podzim/zima, tedy mimo sezónu. V tuto dobu by měla být větší nabídka slev a akčních cen.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření prostředí pro rozhodování při výběru dodavatelů společnosti Momedica s.r.o. s využitím fuzzy logiky. Konkrétně měly být vytvořeny matematické modely hodnotící dodavatele klimatizačních zařízení.

Nejdříve byla v práci uvedena nezbytná teoretická východiska, ze kterých celá práce vychází. Jejich součástí jsou základní definice fuzzy logiky a množin, funkcí členství atd. Důležité jsou také poznatky o využití fuzzy logiky v praxi a její softwarové zpracování.

Protože v současné době společnost Momedica s.r.o. nevyužívá žádný sofistikovaný postup při výběru svých dodavatelů, bylo hlavní ukázat důležitost komplexního hodnocení dodavatele, a tím předcházet problémům s nedůvěryhodnými či podvodnými společnostmi. Obzvláště při stávající celkové rekonstrukci by si společnost měla vybírat své dodavatele co nejdůkladněji.

Praktická část byla zaměřena na výběr dodavatele klimatizačního zařízení. Po konzultacích s klimatizačním technikem byla tato část práce rozdělena na zpracování modelu pro výběr samotného klimatizačního zařízení a zvolení dodavatelské společnosti pro instalaci vybraného zařízení, jeho servis a revize. Veškerá kritéria pro vytvoření systému hodnocení vycházela z požadavků společnosti Momedica s.r.o. na celkové zpracování klimatizačního zařízení.

Při výběru klimatizačního zařízení i dodavatelské společnosti byl vytvořen matematický model v MS Excel, který sloužil jako podklad ke zpracování fuzzy modelu v prostředí programu MATLAB.

Matematický model v MS Excel nevyžaduje žádné další náklady na pořízení softwaru a zaučení zaměstnanců s jeho používáním, protože je součástí balíčku MS Office a ve společnosti je běžně využíván. Tento model je celkově jednodušší na zpracování i pochopení pro běžného uživatele. Druhý model využívá složitějších metod, které pracují na základě fuzzy pravidel a funkcí členství.

Odlisné zpracování vstupních dat může být důvodem lehce rozdílných výsledků hodnocení. Ovšem v celkovém shrnutí obě metody doporučují stejné dodavatelské společnosti.

Samotné rozhodovací systémy lze měnit, upravovat jednotlivá kritéria pro hodnocení, jejich váhu na pravidla i samotná pravidla. Důležitá je možnost dalšího využití modelů při celkové rekonstrukci, čímž by se mělo předejít špatnému posouzení dodavatele, které bylo stanoveno pouze na základě nabídkové ceny. V dnešní době působí na trhu spousta firem nejen v oblasti klimatizačních zařízení, které si konkurují nejnižšími cenami, nabídkou různých slev, doplňkovými službami aj., proto je důležité zpracování komplexního hodnocení dodavatele.

Rozhodování na základě zpracovaných modelů by mělo poskytnout kvalitní rozhodnutí na základě sofistikovaných dat.

LITERATURA

- [1] MAŘÍK, V., ŠTĚPÁNKOVÁ, O., LAŽANSKÝ, J. *Umělá inteligence*. 1. vyd. Praha: ACADEMIA, 1993. ISBN 80-200-0496-3.
- [2] JURA, P. *Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování*. 1.vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Nakladatelství VUTIUM, 2003. ISBN 80-214-2261-0.
- [3] MISÁK, P. VYMAZAL, T. *Fuzzy množiny a jejich využití ve stavebním inženýrství*. [online]. JUNIORSTAV, © 2008 [cit. 2014-10-20]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/2_5/Misak_Petr_CL1.pdf
- [4] DOSTÁL, P., RAIS, K., SOJKA, Z. *Pokročilé metody manažerského rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1338-1.
- [5] LANGER, M. *Znalostní a expertní systémy*. [online]. ©2007 [cit. 2014-9-30]. Dostupné z: http://students.math.slu.cz/jakubchovanec/skola/Znalaexpres/07_fuzzy_ES.pdf
- [6] DOSTÁL, P. *Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2012. ISBN 978-80-7204-798-7.
- [7] KARBAN, P. *Výpočty a simulace v programech Matlab a Simulink*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1301-9.
- [8] VEŘEJNÝ REJSTŘÍK A SBÍRKA LISTIN. *Momedica, s.r.o.* [online]. Ministerstvo spravedlnosti České republiky, © 2012-2014. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-dotaz?dotaz=momedica%2C+s.r.o.>
- [9] SINCLAIR. *BRNOCLIMA s.r.o.*, [online]. © 2009. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: www.sinclair-klimatizace.cz

- [10] KLIMATIZACE ELKLIM BRNO. *Elklím* [online]. Elklím Brno, © 2012. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: www.elklím.cz
- [11] KLIMATIZACE FUJITSU. *Diamond-chlazení* [online]. Diamond chlazení, spol. s.r.o., © 2013. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <http://www.daimond.cz/klimatizace-fujitsu>
- [12] RADEK ŠAUER KLIMATIZACE BRNO. *Šauer klimatizace* [online]. S-klimatizace Brno, ©2008-2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.s-klimatizace.cz/>
- [13] BRNOCLIMA KLIMATIZACE A VZDUCHOTECHNIKA. *BRNOCLIMA s.r.o.* [online]. BRNOCLIMA – klimatizační technika, © 2014 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: www.brnoclima.cz
- [14] NEPA KVALITA POSILUJE PARTNERSTVÍ. *NEPA.cz* [online]. NEPA, © 2015 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: www.nepa.cz
- [15] KLIMATIZACE BRNO, TEPELNÁ ČERPADLA BRNO. *TOPR KLIMA s.r.o.* [online]. TopRklima, © 2015 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: www.topr-klima.cz

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: L-Funkce, Λ -Funkce, Π -Funkce, Γ -Funkce	14
Obrázek 2: Pracovní prostředí Matlabu	20
Obrázek 3: Fis Editor	21
Obrázek 4: MF Editor	22
Obrázek 5: Úprava funkcí příslušnosti	22
Obrázek 6: Rule editor	23
Obrázek 7: Vnitřní a venkovní jednotka od společnosti Sinclair	27
Obrázek 8: Klimatizační zařízení LG	28
Obrázek 9: FUJITSU nástěnná a venkovní jednotka	29
Obrázek 10: Vnitřní a venkovní jednotka společnosti Toshiba	29
Obrázek 11: Schéma řešení v prostředí MATLAB.	38
Obrázek 12: FIS Editor, venkovní jednotka	39
Obrázek 13: Membership Function Editor venkovni.fis	40
Obrázek 14: Rule Viewer	41
Obrázek 15: Surface Viewer	42
Obrázek 16: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti Sinclair	44
Obrázek 17: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti LG LIBERO R	45
Obrázek 18: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti LG ART COOL ..	45
Obrázek 19: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti FUJITSU	45
Obrázek 20: Příkazový řádek – hodnoty pro hodnocení společnosti TOSHIBA	46
Obrázek 21: Logo společnosti Elklím	49
Obrázek 22: Logo firmy Šauer klimatizace	49
Obrázek 23: Logo společnosti BrnoClima	50
Obrázek 24: Logo společnosti NEPA	50
Obrázek 25: Logo ToprKlima	51
Obrázek 26: Schéma zpracování modelu pro hodnocení dodavatele	58
Obrázek 27: Výsledná hodnota po spuštění systému pro společnost Elklím	60

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vyhodnocení nabídek pomocí MS Excel	37
Graf 2: Celkové hodnocení MATLAB	47
Graf 3: Porovnání výsledných hodnot obou modelů	48
Graf 4: Výsledné hodnocení dodavatelských společností v MS Excel	57
Graf 5: Vyhodnocení dodavatelů v prostředí MATLAB	61
Graf 6: Srovnání obou modelů hodnotících dodavatele	62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Data pro hodnocení	32
Tabulka 2: Popisná transformační matice	32
Tabulka 3: Výsledná transformační matice	33
Tabulka 4: Retransformační matice	33
Tabulka 5: Trasformační matice společnosti Sinclair.....	34
Tabulka 6: Stavová matice společnosti Sinclair	34
Tabulka 7: Hodnocení produktů společnosti Sinclair	34
Tabulka 8: Trasformační matice 1 společnosti LG	34
Tabulka 9: Stavová matice 1 společnosti LG	35
Tabulka 10: Hodnocení produktů společnosti LG LIBERO R	35
Tabulka 11: Trasformační matice 2 společnosti LG.....	35
Tabulka 12: Stavová matice 2 společnosti LG	35
Tabulka 13: Hodnocení produktů společnosti LG ART COOL	35
Tabulka 14: Trasformační matice společnosti FUJITSU	36
Tabulka 15: Stavová matice společnosti FUJITSU	36
Tabulka 16: Hodnocení produktů společnosti FUJITSU	36
Tabulka 17: Trasformační matice společnosti TOSHIBA.....	36
Tabulka 18: Stavová matice společnosti TOSHIBA	36
Tabulka 19: Hodnocení produktů společnosti TOSHIBA	37
Tabulka 20: Vyhodnocení výsledků	37
Tabulka 21: Vyhodnocení MATLAB	46
Tabulka 22: Porovnání výsledných hodnot	47
Tabulka 23: Data pro hodnocení dodavatelských společností	53
Tabulka 24: Popisná transformační matice	53
Tabulka 25: Transformační matice	54
Tabulka 26: Upravená transformační matice	54
Tabulka 27: Retransformační tabulka pro výběr dodavatele	54
Tabulka 28: Transformační matice pro společnost Elklím	55
Tabulka 29: Stavová matice společnosti Elklím	55
Tabulka 30: Výsledné hodnoty společnosti Elklím	55
Tabulka 31: Transformační matice společnosti Šauer klimatizace	55

Tabulka 32: Stavová matice společnosti Šauer klimatizace	55
Tabulka 33: Výsledné hodnoty společnosti Šauer klimatizace	55
Tabulka 34: Transformační matice společnost BRNOCLIMA s.r.o.	55
Tabulka 35: Stavová matice společnosti BRNOCLIMA s.r.o.	56
Tabulka 36: Výsledné hodnoty společnosti BRNOCLIMA s.r.o.	56
Tabulka 37: Transformační matice pro společnost NEPA	56
Tabulka 38: Stavová matice společnosti NEPA	56
Tabulka 39: Výsledné hodnoty společnosti NEPA	56
Tabulka 40: Transformační matice pro firmu Topr klima s.r.o.	56
Tabulka 41: Stavová matice společnosti Topr klima s.r.o.	56
Tabulka 42: Výsledné hodnoty společnosti Topr klima s.r.o.	57
Tabulka 43: Vyhodnocení výsledků modelu MS Excel	57
Tabulka 44: Vstupní hodnoty pro hodnocení dodavatelů	59
Tabulka 45: Výsledné hodnocení dodavatelů zpracované v prostředí MATLAB	60
Tabulka 46: Porovnání výsledků obou modelů pro výběr dodavatele	62
Tabulka 47: Předběžná cenová kalkulace společnosti Elklím	64
Tabulka 48: Předběžná cenová kalkulace společnosti Šauer klimatizace	65
Tabulka 49: Srovnání cenových nabídek	65

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Matematický model pro hodnocení dodavatele zařízení MS Excel

hodnoceni_dodavatele.xlsx

CD

Příloha 2: Fuzzy model pro hodnocení dodavatele zařízení MATLAB

vnitri.fis

venkovni.fis

hodnoceni.fis

vyhodnoceni.m

CD

Příloha 3: Matematický model pro hodnocení společnosti pro instalaci zařízení MS Excel

hodnoceni_spolecnosti_pro_instalaci.xlsx

CD

Příloha 4: Fuzzy model pro hodnocení společnosti pro instalaci zařízení MATLAB

cena.fis

ostatni_parametry.fis

hodnoceni_dodavatel.fis

vyhodnoceni_dodavatel.m

CD