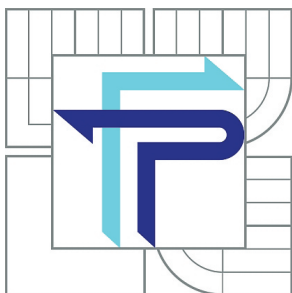


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUTE OF MANAGEMENT

VYUŽITÍ PROSTŘEDKŮ UMĚLÉ INTELIGENCE PRO PODPORU ROZHODOVÁNÍ V PODNIKU

THE USE OF MEANS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE DECISION MAKING SUPPORT
IN THE FIRM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN BEDNÁŘ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. PETR DOSTÁL, CSc.

BRNO 2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bednář Martin, Bc.

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

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:

Využití prostředků umělé inteligence pro podporu rozhodování v podniku

v anglickém jazyce:

The Use of Means of Artificial Intelligence for the Decision Making Support in the Firm

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Teoretická východiska práce

Analýza problému a současné situace

Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

- ALIEV, A., ALIEV, R. Soft Computing and Its Applications. World Scientific Pub. Ltd, UK2002, 444s., ISBN 981-02-4700-1.
- DOSTÁL, P. Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě. 1. vyd. Brno: CERM, 2008. 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.
- DOSTÁL, P. Advanced Economic Analyses. Brno : CERM, 2008. 80 s. ISBN 978-80-214-3564-3.
- KOVAŘÍK, M. Matlab. Zlín: Nakladatelství Martin Stříž. 2008. ISBN 978-80-87106-09-9.
- THE MATHWORKS. MATLAB – Fuzzy Logic Toolbox, Neural Network Toolbox, Database Toolbox - User's Guide. The MathWorks, Inc. 2010.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

L.S.

PhDr. Martina Rašticová, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA

V Brně, dne 17.01.2011

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá možnostmi využití nástrojů umělé inteligence jako prostředku pro podporu manažerského rozhodování v podniku. Práce obsahuje návrh aplikace neuronových sítí a fuzzy logiky jako nástroje pro hodnocení produktů firmy a doporučení pro výběr vhodných produktů.

Abstract

The master's thesis deals with the topic of the use of artificial intelligence for managerial decision making in the firm. This thesis contains proposal for an application of neural networks and fuzzy logic for firm's product evaluation and recommendation for selection of competent products.

Klíčová slova

Analýza, expertní systém, fuzzy logika, hodnocení, neuronová síť, produkt, rozhodování

Keywords

Analysis, expert system, fuzzy logic, evaluation, neural network, product, decision making

Bibliografická citace

BEDNÁŘ, M. *Využití prostředků umělé inteligence pro podporu rozhodování v podniku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2011. 100 s.
Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/200 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne

.....

Obsah

1 ÚVOD.....	8
2 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE	9
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	10
3.1 Rozhodování v managementu.....	10
3.1.1 Rozhodovací proces a jeho klasifikace	10
3.2 Expertní systémy.....	11
3.2.1 Heuristika.....	12
3.2.2 Výhody a nevýhody expertních systémů.....	12
3.3 Rozhodování v podmínkách neurčitosti	13
3.3.1 Šíření neurčitosti.....	14
3.3.2 Práce s neurčitostí	14
3.4 Neuronové sítě	14
3.5 Tvorba systému s neuronovou sítí	15
3.5.1 Sběr a poskytnutí dat.....	15
3.5.2 Návrh architektury sítě	16
3.5.3 Učení, validace a testování.....	17
3.6 Fuzzy množiny a fuzzy logika	18
3.6.1 Princip inkompatibility	18
3.7 Tvorba systému s fuzzy logikou	19
3.7.1 Fuzzifikace	19
3.7.2 Fuzzy inference	21
3.7.3 Defuzzifikace.....	22
3.8 MATLAB.....	22
3.8.1 Toolbox: Neural Network: Neural Time Series	23
3.8.2 Toolbox: Fuzzy Logic.....	28
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	32
4.1 Název, sídlo a právní forma.....	32
4.2 Profil společnosti	32
4.3 Předmět podnikání společnosti	33
4.4 Organizační struktura společnosti.....	34
4.5 Změny ve společnosti	35
4.5.1 Změny ve společnosti za rok 2010	35
4.5.2 Plánované změny ve společnosti na rok 2011	36
4.6 Analýza interních faktorů – SWOT analýza.....	36
4.6.1 Silné stránky.....	36
4.6.2 Slabé stránky.....	36
4.6.3 Příležitosti.....	37
4.6.4 Hrozby.....	37

4.7 Distribuce	37
4.8 Obchod	38
4.9 Závěry analýzy současného stavu	38
5 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ	40
5.1 Postup určení vstupů a jejich váhové ohodnocení	40
5.1.1 Vstupy dílčího modelu <i>PRODUCTtrend</i>	40
5.1.2 Váhové ohodnocení dílčího modelu <i>PRODUCTtrend</i>	44
5.1.3 Vstupy dílčího modelu <i>PRODUCT</i>	44
5.1.4 Váhové ohodnocení dílčího modelu <i>PRODUCT</i>	45
5.1.5 Vstupy dílčího modelu <i>RELATIONSHIP</i>	46
5.1.6 Váhové ohodnocení dílčího modelu <i>RELATIONSHIP</i>	49
5.1.7 Váhové ohodnocení celkového modelu <i>RECOMMENDATION</i>	50
5.2 Načtení vstupních hodnot	51
5.3 Využití neuronových sítí pro predikci vývoje	53
5.3.1 <i>QUANTITYtrend</i>	54
5.3.2 <i>RELATIONSHIP</i>	56
5.4 Konstrukce modelu	60
5.4.1 Model <i>PRODUCTtrend</i>	61
5.4.2 Model <i>PRODUCT</i>	65
5.4.3 Model <i>RELATIONSHIP</i>	69
5.4.4 Model <i>RECOMMENDATION</i>	74
5.5 Propojení dílčích modelů	79
5.6 Načtení dat	79
5.7 Hodnocení produktu	79
5.8 Grafická prezentace výsledků	81
5.9 Uložení výstupů	87
6 PŘÍNOSY NÁVRHU ŘEŠENÍ	89
7 ZÁVĚR	91
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	94
SEZNAM OBRÁZKŮ	95
SEZNAM TABULEK	97
SEZNAM GRAFŮ	98
SEZNAM KÓDŮ	99
SEZNAM PŘÍLOH	100

1 ÚVOD

Spolu s pokračujícím trendem globalizace, integrace a pomyslným zkracováním vzdáleností díky rozvoji vědy a techniky, ať již na trhu Evropské unie i trhu globálního, jsou podniky vtaženy do globálního konkurenčního boje.

E-business je relativně mladým odvětvím, které však zaznamenává výrazný růst. Jen stěží si dokážeme představit společnost poskytující zboží konečným spotřebitelům bez vlastní webové prezentace nebo e-shopu.

V dnešní době již při nákupu prostřednictvím internetu málo koho zajímá, zda objednává zboží od společnosti sídlící v Brně, Praze, nebo Francii, Německu či Finsku. Rozdíly v dodacích lhůtách i v ceně poštovného jsou často stlačeny na bezvýznamný rozdíl, spousta e-shopů dokonce při větší objednávce poštovné neúčtuje vůbec.

Toto zapříčiňuje silný tlak na podniky obchodující v této sféře a pro drtivou většinu je pak jedinou schůdnou strategií diferenciací. Jsou kladeny stále vyšší požadavky na šíři a originalitu poskytovaného sortimentu.

Informační technologie postupně pronikají téměř do všech oblastí lidské činnosti a jinak tomu není ani u činností manažerských. Umožňují snižování nákladů, zvyšování efektivity práce nebo mohou poskytnout informace potřebné pro ke správnému a rychlému rozhodnutí.

Prostředky umělé inteligence posouvají tuto pomyslnou laťku ještě výše. Mezi jejich hlavní výhody patří řešení složitých a často nevratných strategických rozhodnutí. Toto jim umožňuje schopnost zpracovávat vágní pojmy a neurčitost, kterým se v oblasti řízení lze velice těžce, pokud vůbec, vyhnout.

Tato práce se zabývá aplikací umělých neuronových sítí a fuzzy logiky jako prostředku pro podporu rozhodnutí o vhodnosti ponechání nebo vyřazení hodnoceného produktu ze sortimentu společnosti X-Trader.cz s.r.o.

2 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

Společnost hledá způsob, jakým posuzovat vhodnost produktu v rámci celého sortimentu, a to tak, aby docházelo k maximální možné úspoře času zodpovědného pracovníka.

Cílem práce je tedy návrh a konstrukce aplikace, opírající se o data o prodejích společnosti, takovým způsobem, aby poskytla vyhodnocení a následné doporučení o hodnoceném produktu. Jako prostředků k dosažení cíle bude využito umělých neuronových sítí pro poskytnutí vstupních hodnot a fuzzy logiky pro jejich zpracování a následné vyhodnocení. Výstupem aplikace by mělo být jednoznačné doporučení, zda daný produkt vyřadit ze sortimentu společnosti, dále jej monitorovat nebo v sortimentu ponechat.

Mezi dílčí cíle práce pak patří grafická prezentace hodnocení.

Společnost u svých produktů sleduje klasické ukazatele, jakými jsou objem prodeje nebo vývoj prodejní ceny. Pro kvalitu rozhodnutí je však vhodné zvážit i další faktory, jakými jsou například vazby mezi prodeji jednotlivých produktů a následný dopad vyřazení jednoho produktu na trend vývoje ostatních nebo porovnání vývoje hodnoceného produktu s vývojem společnosti jako celku.

Aplikace bude navržena s ohledem na výše zmíněné.

K dosažení cíle, který si tato práce vzala za svůj, bude využito programového prostředku MATLAB ve verzi R2010b, konkrétně pak Neural Network Toolbox a Fuzzy Logic Toolbox.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

3.1 Rozhodování v managementu

Rozhodování nelze ztotožňovat s pojmem řízení. Jedná se o jednu z paralelních manažerských funkcí, která prostupuje sekvenčními manažerskými funkcemi (8), do kterých zahrnujeme plánování, organizování, výběr a rozmístění pracovníků, vedení pracovníků a jejich následnou kontrolu.

Význam rozhodovací funkce spočívá především v dopadu na budoucí vývoj organizace. Správné rozhodování tvoří jednu z klíčových příčin úspěchu či neúspěchu daného projektu, či organizace jako celku. (8)

„Rozhodovací role spočívají v účelovém výběru jednoho nebo několika přípustných řešení vzniklých rozhodovacích situací manažerského jednání, v následném sdělování řešení a v prosazování a kontrole plnění toho řešení.“ (8, s. 7)

Klíčovým znakem rozhodování je fakt, že ač rozhodovatel využije jakýchkoli prostředků pro podporu svého konečného rozhodnutí, tíha zodpovědnosti za vlastní rozhodnutí vždy padá na jeho hlavu.

Dalším faktem bývá v podnikové sféře zpravidla tvrzení, že dobré rozhodnutí učiněné dnes, je lepší než výborné rozhodnutí učiněné zítra.

3.1.1 Rozhodovací proces a jeho klasifikace

O procesu řešícím problémy s více variantami řešení hovoříme jako o rozhodovacím procesu.

Rozhodovací procesy mohou být dle (8) klasifikovány například:

- podle času, na rozhodovací procesy statické a dynamické
- podle počtu kritérií rozhodování, na jednokritériální a vícekritériální
- podle řídicí úrovně, na strategické, taktické a operativní
- podle subjektu rozhodování, na individuální a skupinové

- podle postupu řešení, na algoritmizovatelné a nealgoritmizovatelné
- podle struktury na, dobře strukturované problémy a špatně strukturované problémy

Nelze však opomenout fakt, že v praxi bývá často klasifikace procesů velice problematické a nejednoznačné.

Pro špatně strukturované problémy bývá dle (8) charakteristické:

- existence většího počtu faktorů ovlivňujících řešení
- náhodnost některých prvků okolí
- existence většího počtu kritérií hodnocení variant řešení
- obtížná interpretace informací potřebných pro rozhodnutí
- člověk je obvykle aktivním prvkem systému
- nutnost využití intuitivních, heuristických a expertních metod a postupů

3.2 Expertní systémy

„Expertní systémy, popřípadě též konzultační systémy, jsou počítačové programy pro řešení složitých úloh, jejichž řešení je schopen provádět pouze specialista v daném oboru. Úlohy obvykle nejsou algoritmizovatelné, a tudíž nelze při jejich řešení aplikovat klasické programové prostředky.“ (8, s. 50)

„Expertní systémy jsou založeny na myšlence převzetí znalostí od experta a jejich uložení do paměti tak, aby je mohl využívat program s podobným výsledkem, jakého by dosáhl „živý“ expert.“ (8, s. 50)

Jednou z největších předností expertních systémů je jejich schopnost pracovat s velkým objemem dat a nejednoznačností.

„Činnost člověka (experta) má často podobu dialogu s klientem. Expert klade otázky a klient poskytuje data o řešeném případě. Těchto dat tak využívá expert k upřesňování svých představ o řešení případu a též k nalezení nové vhodné otázky. Znalosti, které expert používá, jsou často neurčité, neurčitost vyplývá z jejich podstaty (jsou to obvykle zkušenosti experta z řešení obdobných případů, atd.). Data, která klient

expertovi poskytuje, také obsahují neurčitost, která je způsobena různými vlivy (subjektivními názory klienta, malá informovanost, atd.).“ (8, s. 50)

3.2.1 Heuristika

V informatice označujeme jako heuristiku postup, který nedává přesné řešení daného problému, ani nezaručuje nalezení tohoto řešení v požadovaném čase. Ve většině případů však dává dostatečně přesné řešení rychle, ale obecně takové tvrzení nelze dokázat. K použití heuristického algoritmu obvykle vede neexistence algoritmu lepšího.

„Heuristikami budeme rozumět exaktně nedokázané znalosti, které expert získal dlouholetou praxí, a o nichž pouze ví, že mu často pomáhají při řešení podobných úloh, nemůže však vždy zaručit nalezení správného řešení. Ukazuje se, že právě rozsah a kvalita speciálních „soukromých“ heuristických znalostí odlišuje experta od průměrného pracovníka v dané oblasti.“ (8, s. 50)

3.2.2 Výhody a nevýhody expertních systémů

Za hlavní výhody expertních systémů lze dle (10) považovat:

- Poskytuje stále stejné výsledky, může pracovat 24 hodin denně, nemusí si brát dovolenou, nedá výpověď. Rozhodování expertního systému neovlivňuje únava, časový stres a jiné faktory.
- Dokáže svůj výrok jednoznačně zdůvodnit.
- Pokud je potřeba více expertů, stačí je pouze kopírovat

Mezi nevýhody expertních systémů pak dle (10) patří především:

- Člověk-expert v dané oblasti nedokáže své vědomosti expertnímu systému předat přímo, ale je odkázaný na prostředníka – expertního inženýra.

- Člověk-expert obvykle nedokáže podrobně popsat všechny aspekty, které se podílí na jeho rozhodnutí.
- Člověk-expert provádí svá rozhodnutí také tak, že je nedokáže nijak přesně zdůvodnit. Jednoduše proto, že nezná, nebo zapomněl zdroj svého poznání a tvrdí: „Nevím, ale vždycky to dělám tak a všichni to tak v tomto případě dělají.“
- Člověk-expert má další vlastnosti, které do expertního systému nelze vůbec promítnout – tzv. selský rozum, intuici, schopnost rozpoznat velmi vzácné výjimky a okamžitě se jim přizpůsobit.
- Na lidském rozhodování se podílí i další znalosti a schopnosti, které s problémem na první pohled přímo nesouvisí – všeobecný přehled, lidská životní zkušenost a moudrost, zdravý úsudek

3.3 Rozhodování v podmínkách neurčitosti

„Charakteristickým znakem expertních systémů je jejich schopnost pracovat s neurčitou informací. Neurčitost se vyskytuje jednak ve znalostech převzatých od experta, jednak v datech, která se týkají řešeného případu. Z neurčitých znalostí a neurčitých dat nelze odvozovat kategorické závěry, úkolem expertního systému je tedy vymezit neurčitosti vyšetřovaných hypotéz.“ (8, s. 51)

Neurčitost lze dělit dle (10) na vynucenou, která je zapříčiněna nepřesností vstupních dat, a na volitelnou, kdy vědomě používáme méně přesných informací. Důvodem pro redukci nadbytečných informací bývá snaha o nižší složitost a vyšší přehlednost modelovaného systému a získání dostatečné úrovně informací pro řešení dané úlohy.

Na neurčitost z pohledu znalostního systému nahlížíme dle (10) ze dvou hledisek:

- jako na neurčitost v bázi faktů - vstupní fakta, které na začátku resp. v průběhu odvozování vkládá inferenční mechanismus do báze faktů i ty, které jsou odvozené, mohou být a často i bývají neurčité

- jako na neurčitost v bázi poznatků - ne každý závěr je možné z předpokladu odvodit s absolutní platností

3.3.1 Šíření neurčitosti

„Neurčitost v bázi faktů souvisí s neurčitostí v bázi poznatků. Jestliže totiž pravidlo odvozuje z předpokladu závěr poznamenaný neurčitostí, a ten následně ukládá do báze faktů, tak v bázi faktů musí být tato neurčitost zohledněna. Důsledek jednoho pravidla může být totiž prvkem předpokladu jiného, a jestliže byl takový důsledek vyhodnocený pouze s určitou pravděpodobností, tak se tato nejistota vnáší i do pravidla, ve kterém vystupuje v úloze předpokladu. Tak dochází k šíření neurčitostí v posloupnosti interpretace pravidel.“ (10)

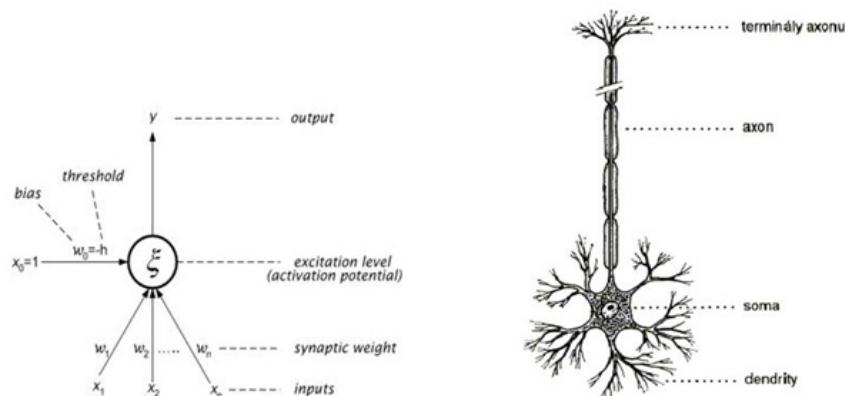
3.3.2 Práce s neurčitostí

Abychom mohli s neurčitostí formálně pracovat, je třeba její vágní pojmy transformovat na číselné takovým způsobem, aby odpovídaly důvěře v poskytnutý údaj. (8)

3.4 Neuronové sítě

Neuronové sítě dle (3) nedokonale modelují proces myšlení probíhající v mozku, přičemž jejich vnitřní struktura pracuje jako „černá skříňka“, což znamená, že ji nelze detailně znát. Neuronová síť se poté na základě poskytnutých dat učí rozpoznat vazby systému a po jejich naučení (validaci a testování) se stává, za předpokladu, že byla správně navržena, expertem v dané oblasti.

„Umělý neuron je založen na principech biologického neuronu. Vstupní informace jsou váženy vahami (*weights*). Odečítá se prahová hodnota (*threshold*) a aktivační funkcí (*activation function*) se signál transformuje nevýstupní signál, který je předán následujícím neuronům.“ (3, s. 43)



Obrázek 1 - Struktura matematického modelu a biologického neuronu

Pramen: (2)

Neuronové sítě je dle (3) vhodné využít tam, kde značnou roli v modelování procesu hraje náhoda a kde jsou deterministické závislosti natolik komplikované, že je nelze separovat a analyticky identifikovat. Tzn. v případě složitých a často nevratných rozhodnutí.

3.5 Tvorba systému s neuronovou sítí

Tvorba systému s neuronovou sítí vyžaduje dle (12) tři základní kroky:

- sběr a poskytnutí dat
- návrh architektury sítě ve vazbě k řešenému problému
- učení, validace a testování navržené sítě

3.5.1 Sběr a poskytnutí dat

Prvním krokem je příprava dat, nad kterými bude spuštěn učící algoritmus sítě. Požadavky na data lze shrnout do následujícího:

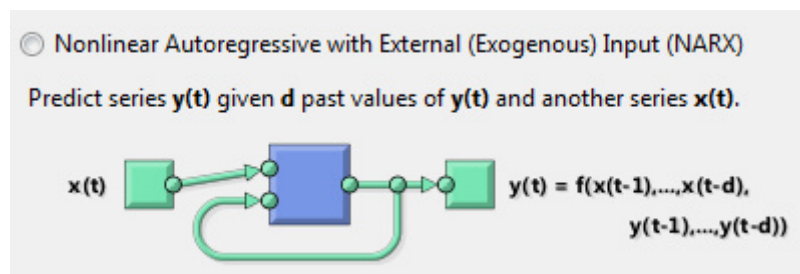
- přesná (odpovídající realitě)
- relevantní (mající vztah k řešenému problému)

- v dostatečném množství (aby bylo možné identifikovat trendy)

3.5.2 Návrh architektury sítě

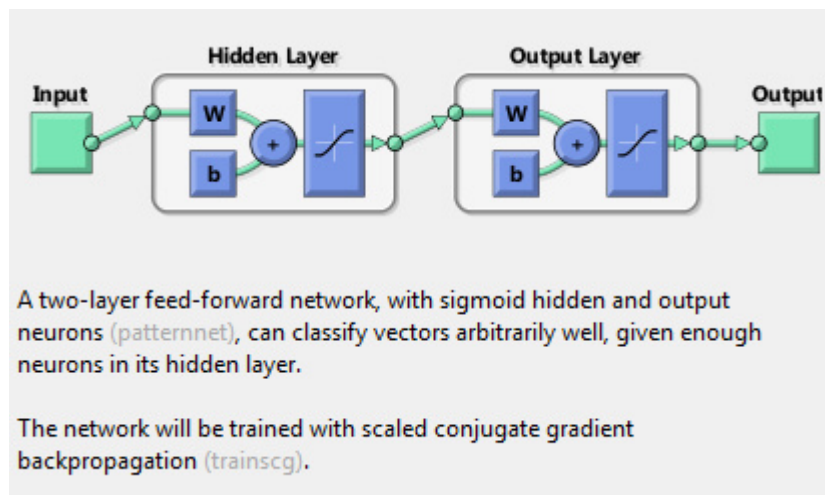
Návrh architektury neuronové sítě je určujícím prvkem nutným pro zajištění relevantních výsledků. V případě návrhu je třeba mít jasno, jaký proces budeme pomocí neuronové sítě modelovat. Různé typy problému vyžadují odlišnou architekturu sítě.

Architektura *NARX* je vhodná pro predikci časových řad, máme-li k dispozici dva spřízněné zdroje dat (např. vývoj ceny ropy a k němu navazující vývoj ceny benzínu).



Obrázek 2 - Neural Network: Time Series

Naopak u problému řešícího na základě souboru znaků a jejich správného vyhodnocení (např. zda se jedná o rybu sladkovodní či mořskou podle délky a počtu ploutví, tvaru ploutví, ozubení či kostic, atp.), je vhodné využít následující architekturu sítě.



Obrázek 3 - Neural Network: Pattern Recognition

Dalším kritickým krokem pro dosažení optimálních výsledků je volba počtu neuronů, skrytých vrstev a nastavení počátečních vah perceptronů na vhodná čísla. Vzhledem k tomu, že vnitřní struktura neuronové sítě pracuje jako „černá skříňka“ záleží dle (3) jak na zkušenostech řešitele, tak na štěstí, zda bude síť dosahovat požadovaných výsledků. V případě, že ne, je síť třeba dále ladit.

Zpravidla platí, že více neuronů je schopno vyřešit komplikovanější problém, s méně neurony však získáme kompaktnější řešení.

3.5.3 Učení, validace a testování

Existuje celá řada učících algoritmů, v praxi však našly dle (3) největší uplatnění následující algoritmy:

- Back Propagation
- Levenberg-Marquardt
- Conjugate Gradient Descent
- Quasi-Newton
- Quick Propagation
- Kohonenova adaptace

Levenberg-Marquardt backpropagation algoritmus je iterační technika (dochází ke zpětnému pohybu s úpravou vah spojení mezi neurony), která hledá lokální minimum nelineární funkce prostřednictvím metody nejmenších čtverců. (12)

Validace sítě slouží jako prostředek rozpoznání, zda je síť již dostatečně naučena (zabraňuje tak *overfittingu*).

Testování pak provede nezávislou kontrolu sítě. Jelikož vnitřní struktura neuronové sítě pracuje jako „černá skříňka“, je vhodné síť řádně otestovat, abychom se vyhnuli situaci, že budeme nuceni provádět rozhodnutí na základě nepřesných údajů.

3.6 Fuzzy množiny a fuzzy logika

„Při matematickém modelování se často setkáváme se dvěma velmi nepříjemnými překážkami. Na jedné straně to je přílišná složitost reality, která způsobuje, že buď nejsme matematický model vůbec schopni sestavit, nebo je tak složitý, že je nepoužitelný. Na druhé straně to je neurčitost, která je způsobena naší neschopností přesně definovat realitu a přesně definovat instrumentální pojmy. Při použití přirozeného jazyka tato neurčitost není překážkou, neboť jeho nejdůležitější vlastností je vágnost jeho sémantiky a schopnost s vágními pojmy pracovat.“ (6, s. 8)

3.6.1 Princip inkompatibility

„Roste-li složitost systému, klesá naše schopnost formulovat přesné a významné soudy o jeho chování, až je dosaženo hranice, za níž jsou přesnost a relevantnost prakticky vzájemně se vylučující charakteristiky.“

(L. A. Zadeh)

V klasické teorii množin lze určit, zda daný prvek do množiny patří či nikoli a míru jeho příslušnosti lze vyjádřit funkcí nabývající hodnot 0 nebo 1.

V roce 1965 publikoval Lotfali Askar-Zadeh článek, který zahájil mohutný rozvoj modifikované teorie množin, tzv. teorie fuzzy množin. Jedná se o prostředek, který umožňuje matematicky popsat vágní pojmy a pracovat s nimi. Základním pojmem této teorie je pojem fuzzy množiny. Myšlenka skrývající se za tímto pojmem říká: „Nejsme-li schopni stanovit přesné hranice třídy určené vágním pojmem, nahraďme rozhodnutí o náležení či nenáležení daného prvku do ní mírou vybíranou z nějaké škály. Každý prvek bude mít přiřazenu míru vyjadřující jeho místo a roli v této třídě. Bude-li škála uspořádaná, pak menší míra bude vyjadřovat, že daný prvek je někde blíže k okraji třídy. Tuto míru nazveme stupněm příslušnosti prvku do dané třídy a třídu, v níž každý prvek je charakterizován stupněm příslušnosti do ní, nazveme fuzzy množinou. Lze také říci, že stupeň příslušnosti vyjadřuje stupeň našeho přesvědčení, že daný prvek patří do dané fuzzy množiny.“ (6, s. 29)

Fuzzy logika tedy měří jistotu nebo nejistotu příslušnosti prvku k množině.

3.7 Tvorba systému s fuzzy logikou

Tvorba systému s fuzzy logikou obsahuje dle (3) tři základní kroky:

- fuzzifikaci
- fuzzy inferenci
- defuzzifikaci

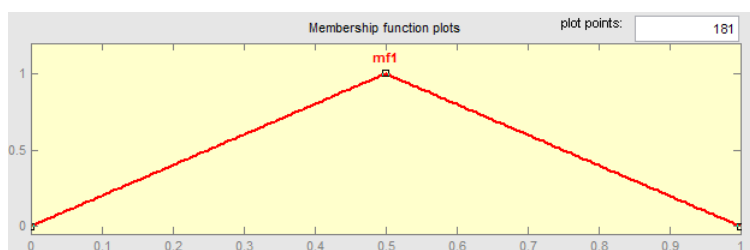
3.7.1 Fuzzifikace

Prvním krokem je převedení číselně vyjádřených proměnných na jazykové proměnné. Definování jazykových proměnných vychází z lingvistické proměnné, například u proměnné závěrečné doporučení o produktu volím atributy: produkt důrazně vyřadit (v případě špatného hodnocení produktu a téměř nulových vazeb ostatních produktů na hodnocený), vyřadit (v případě špatného hodnocení produktu a slabých vazeb ostatních produktů na hodnocený), monitorovat (v případě nejednoznačných

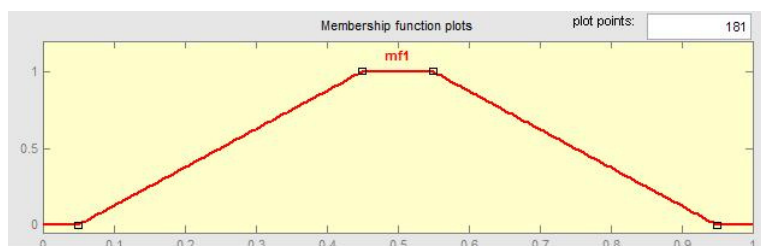
výsledků), ponechat (v případě dobrého hodnocení produktu nebo silných vazeb ostatních produktů na hodnocený) a důrazně ponechat (v případě dobrého hodnocení produktu a silných vazeb ostatních produktů na hodnocený).

Doporučuje se využití tří až sedmi atributů pro proměnnou. (3)

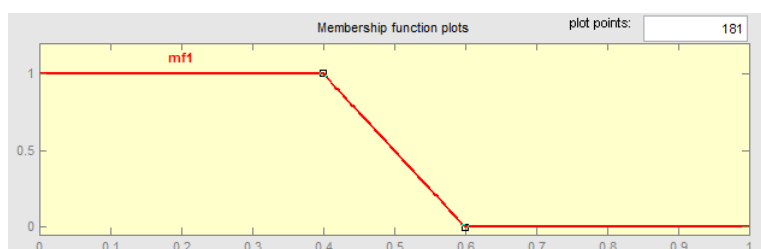
Stupeň členství atributů proměnné v množině je vyjadřován tzv. členskou funkcí. Existuje celá řada tvarů těchto členských funkcí, v praxi však našly dle (3) největší uplatnění následující typy:



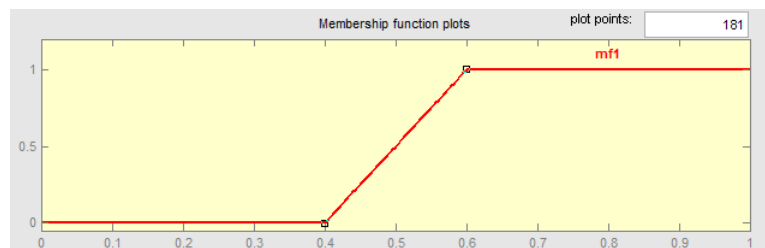
Obrázek 4 - Standardní funkce členství typu Λ



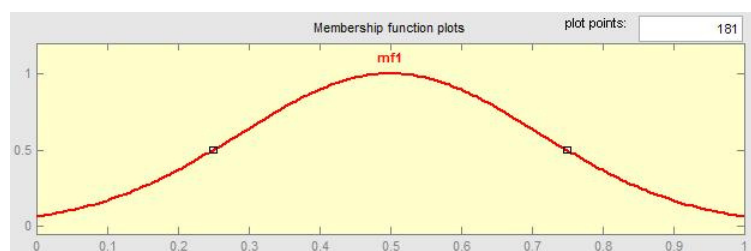
Obrázek 5 - Standardní funkce členství typu Π



Obrázek 6 - Standardní funkce členství typu Z



Obrázek 7 - Standardní funkce členství typu S



Obrázek 8 - Gaussova křivka

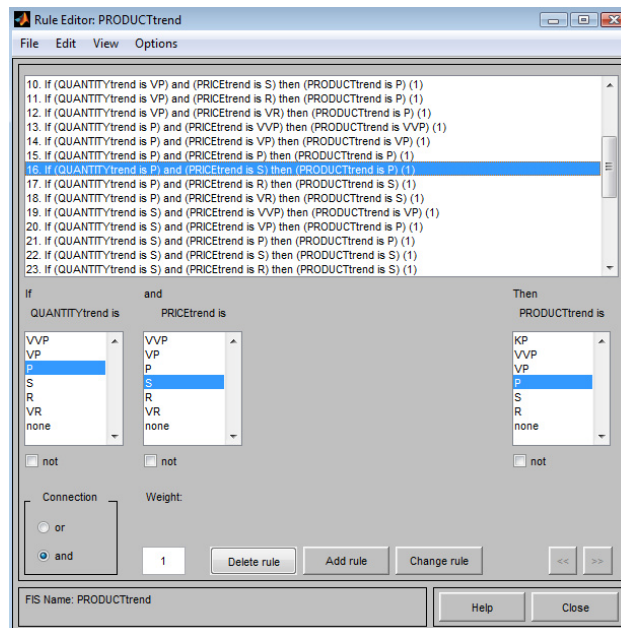
Pro usnadnění výpočtu se využívá funkcí sestavených z lomených přímek Λ , Π , Z a S , realitu pak nejlépe vystihují funkce ve tvaru křivek jako je Gaussova křivka, které jsou však řádově obtížnější pro výpočet.

3.7.2 Fuzzy inference

Fuzzyfikované vstupní hodnoty vstupují do procesu fuzzy inference, kde se na základě pravidel a báze dat provádí vlastní výpočet řešení.

Pravidla jsou zapsána ve tvaru podmínkové věty:

$\langle \text{If} \rangle \text{Input1} \langle \text{And} \rangle \text{Input2} \dots \langle \text{Or} \rangle \text{Inputn} \dots \langle \text{Then} \rangle \text{Output1} \langle \text{Weight} \rangle z$



Obrázek 9 - Fuzzy Logic: Pravidla

Výstupem fuzzy inference je jazyková proměnná.

3.7.3 Defuzzifikace

Cílem defuzzifikace je dle (3) převedení fuzzy hodnoty výstupní proměnné tak, aby slovně co nejlépe reprezentovala výsledek fuzzy výpočtu.

3.8 MATLAB

Název vznikl ze zkrácení MATrix LABoratory, a jak sám název napovídá, základním pracovním prvkem toho prostředí je matice. Tento fakt umožňuje rychlé a výkonné řešení numerických problémů.

MATLAB je programové prostředí a skriptovací programovací jazyk pro vědeckotechnické numerické výpočty, modelování, návrhy algoritmů, počítačové simulace, analýzu a prezentaci dat, měření a zpracování signálů, návrhy řídicích a komunikačních systémů. (5)

Nejnovější verzí je pak MATLAB R2010b, který byl vydán 3. září 2010 a byl využit pro zpracování této práce.

MATLAB obsahuje řadu nadstaveb zaměřených na specifické oblasti (např.: práce s databázemi, pokročilé metody analýz a modelování jako fuzzy logika, neuronové sítě, a genetické algoritmy, oblast finančnictví či statistiky). Tyto nadstavby jsou označovány jako Toolboxy.

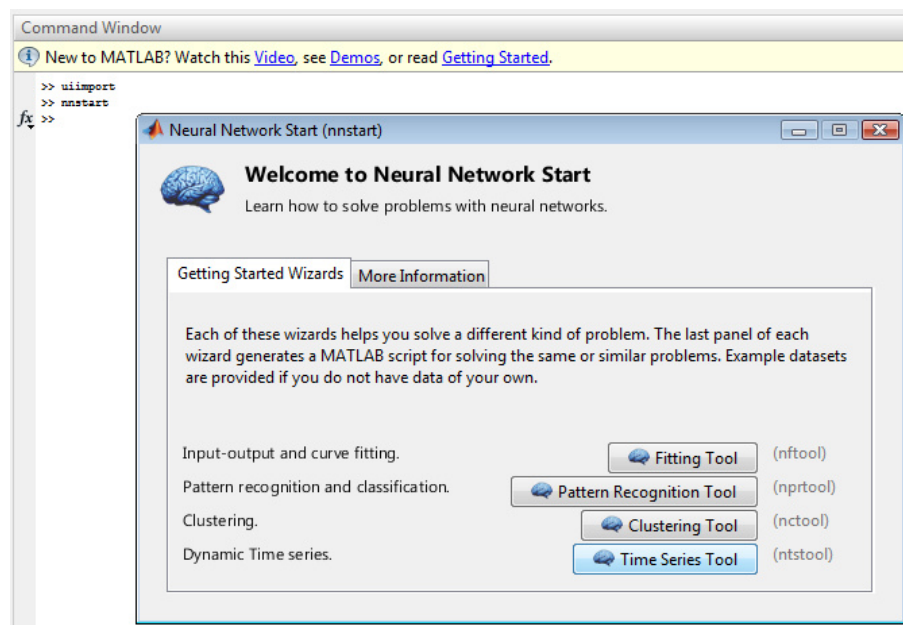


Obrázek 10 - MATLAB Toolboxy

3.8.1 Toolbox: Neural Network: Neural Time Series

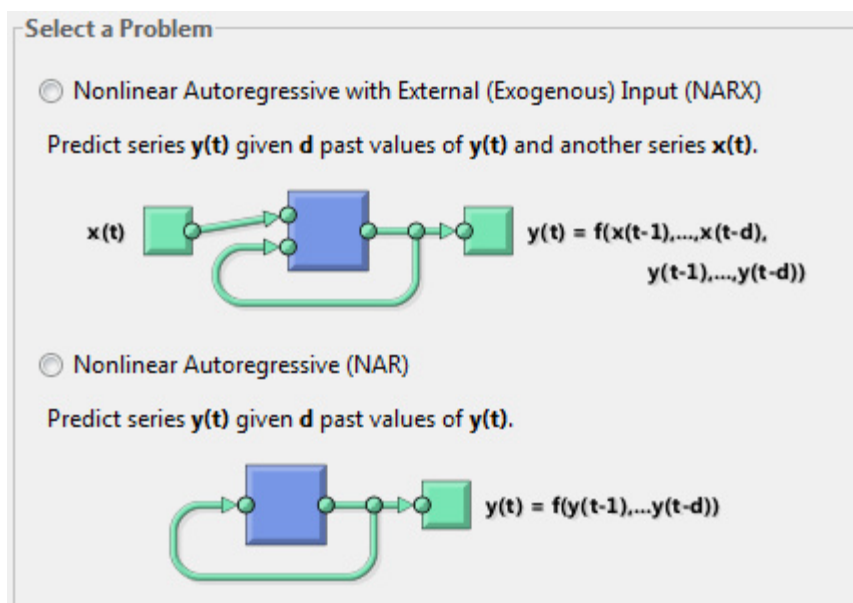
V rámci toolboxu je možné prostřednictvím grafického rozhraní zadat data, navrhnout architekturu sítě, naučit a testovat neuronové sítě sloužící pro predikci časových řad.

Neural Time Series toolbox lze vyvolat z příkazového řádku příkazem *nnstart* nebo přímo *ntstool*.



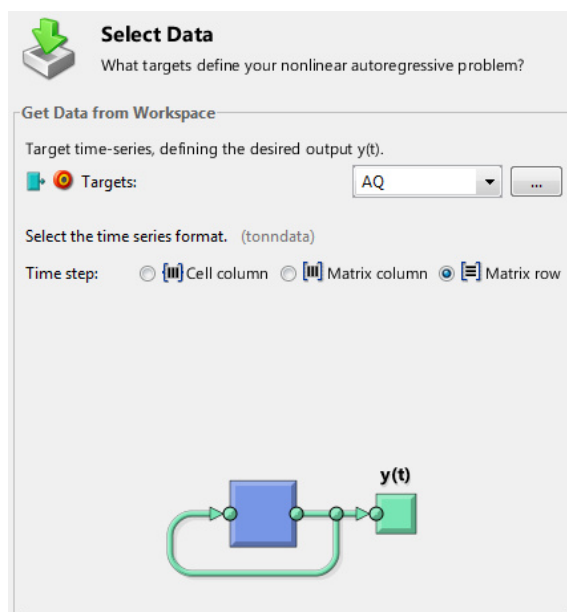
Obrázek 11 - Neural Network: Start

Prvním krokem je výběr metody pro návrh sítě. Pro práci byly využity metody **Nonlinear Autoregressive with External Input** (model *RELATIONSHIP*) a **Nonlinear Autoregressive** (model *PRODUCTtrend* a *PRODUCT*), lišící se mimo jiné i objemem potřebných dat. Pro metodu *NARX* potřebujeme dvě časové řady, pro metodu *NAR* pak pouze jednu.



Obrázek 12 - Neural Network: Výběr metody

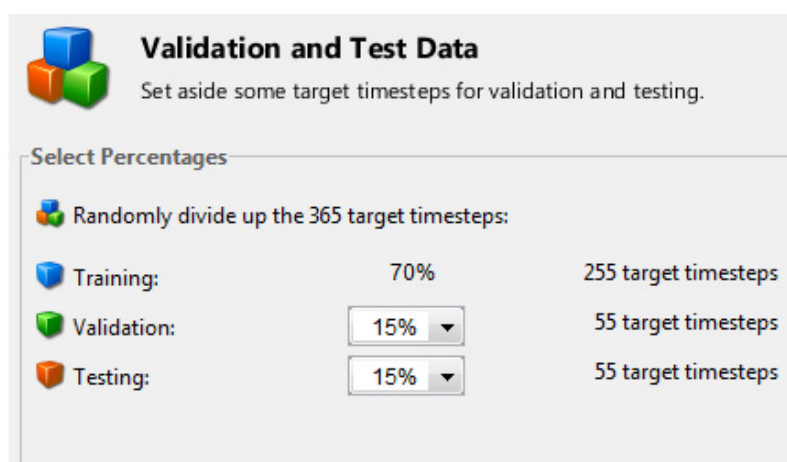
Druhým krokem je definování dat (minulé hodnoty časových řad), které budou využity pro učení, validaci a testování neuronové sítě.



Obrázek 13 - Neural Network: Načtení dat

Třetím krokem je rozdělení načtených dat mezi trénink (učení), validaci a testování naučené sítě. Doporučované poměry jsou pak 70% pro učení, 15% pro validaci hodnot a 15% pro testování sítě.

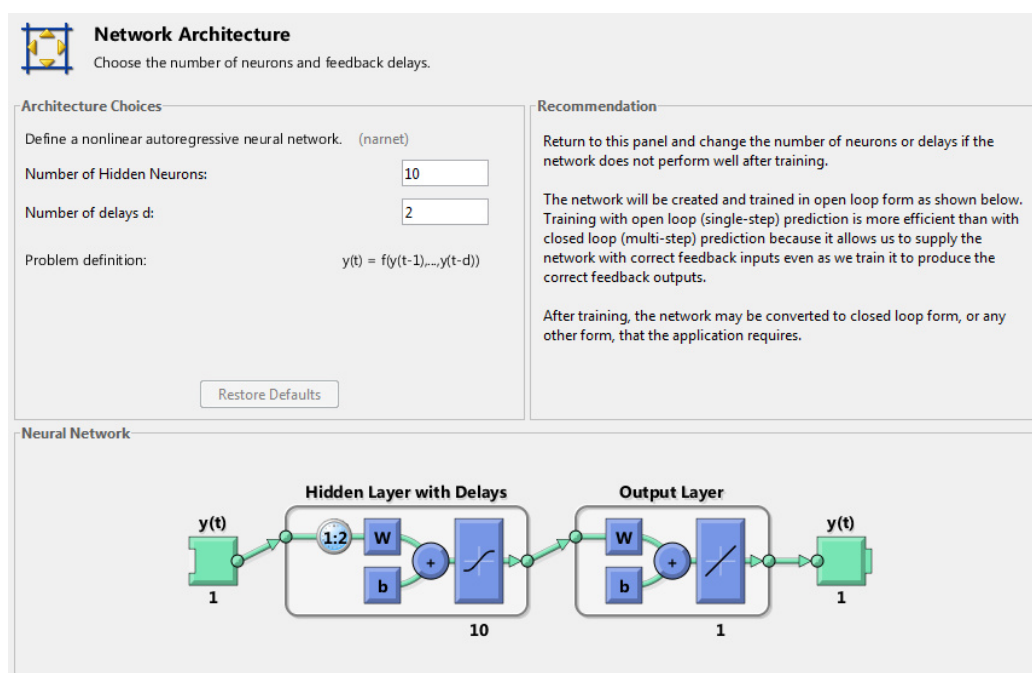
Učení a validace jsou využívány k učení sítě a určení kdy je učení ukončeno, aby nedošlo k zahlcení (*overfittingu*). Testovací data pak nezávisle kontrolují síť.



Obrázek 14 - Neural Network: Validace a testování

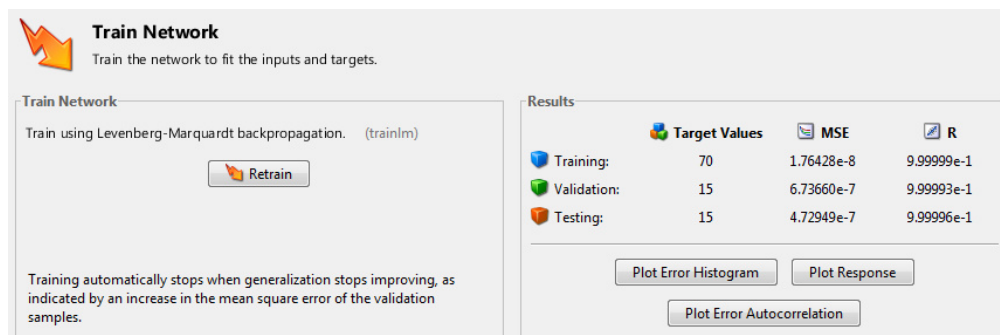
Čtvrtým krokem je návrh architektury neuronové sítě. Zadáváme počet skrytých neuronů a prodlev.

Více neuronů je schopno vyřešit komplikovanější problém, s méně neurony však získáme kompaktnější řešení (12).



Obrázek 15 - Neural Network: Architektura sítě

Pátým krokem je naučení sítě. Jako učící algoritmus je v Neural Time Series toolboxu využíván **Levenberg-Marquardt backpropagation**. V levé části obrázku jsou zobrazeny výsledky. Chyba je vyjádřena prostřednictvím *Mean Squared Error* (střední kvadratické odchylky), druhým znakem je pak koeficient korelace mezi vstupy a cílovými hodnotami.

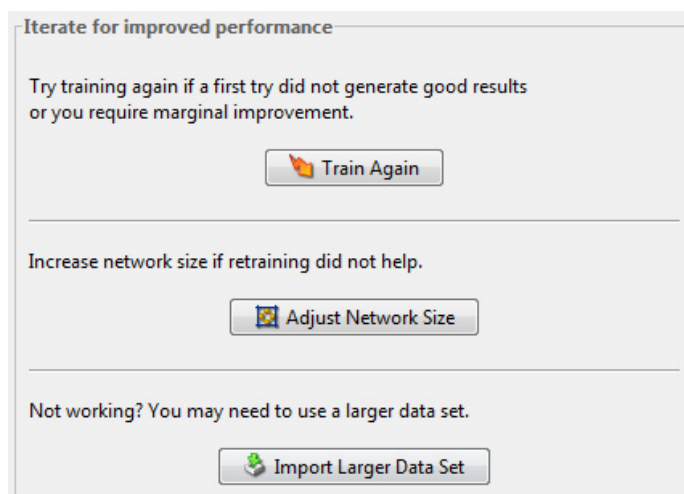


Obrázek 16 - Neural Network: Učení sítě

Šestým, předposledním krokem je zhodnocení a optimalizace sítě. Lze se vrátit k předchozím nastavením a měnit je tak, dokud nejsme spokojeni s výsledkem.

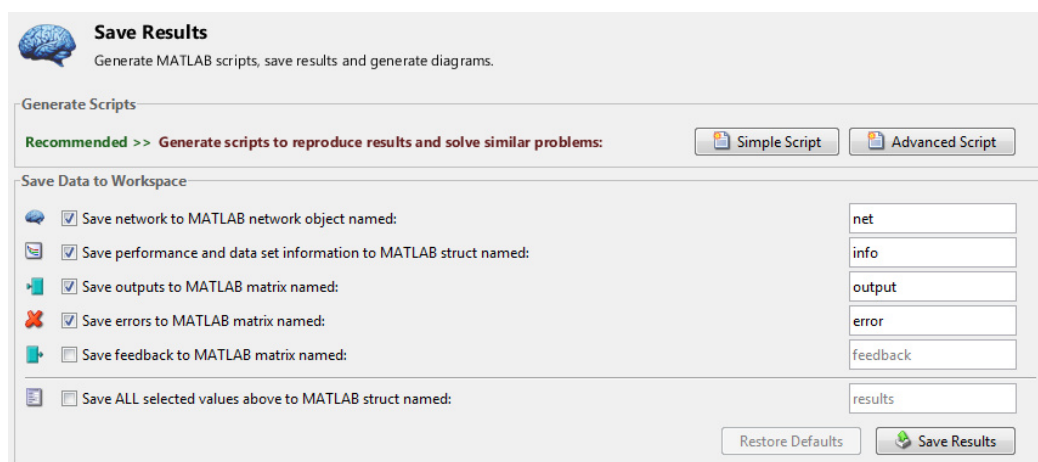
V případě, že má síť dobré výsledky nad daty určenými k učení, ale výrazně horší výsledky nad testovacími daty, může to značit zahlcení (*overfitting*) a je vhodné redukovat počet neuronů.

Pokud ani učení není přesné, je vhodné buď získat více vstupních dat, nebo je jiným vhodným způsobem upravit (odstranit extrémní hodnoty, atd.)



Obrázek 17 - Neural Network: Ladění sítě

Posledním krokem je pak uložení výsledků do MATLAB Workspace a uložení skriptů (m-souborů), umožňující spouštění neuronové sítě.



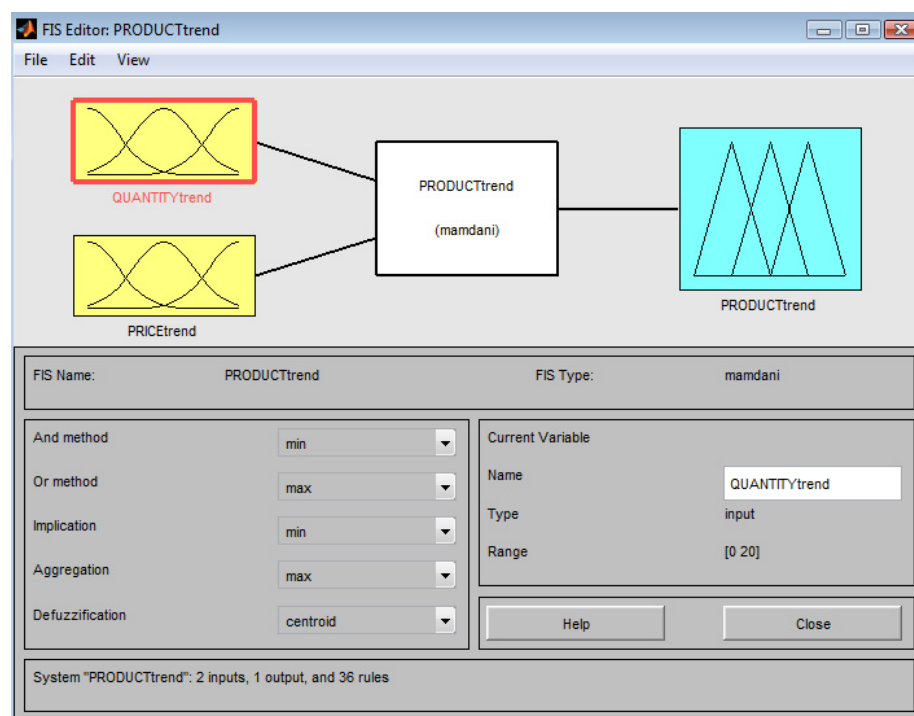
Obrázek 18 - Neural Network: Uložení výsledků

3.8.2 Toolbox: Fuzzy Logic

V rámci toolboxu je možné prostřednictvím grafického rozhraní naplnit znalostní i datovou bázi fuzzy logic systému.

Fuzzy logic toolbox lze vyvolat z příkazového řádku příkazem *fuzzy*.

Prostřednictvím Fuzzy Inference System Editoru definujeme základní parametry systému: počet vstupních proměnných, počet výstupních proměnných, označení proměnných a metodu defuzzifikace. (11)

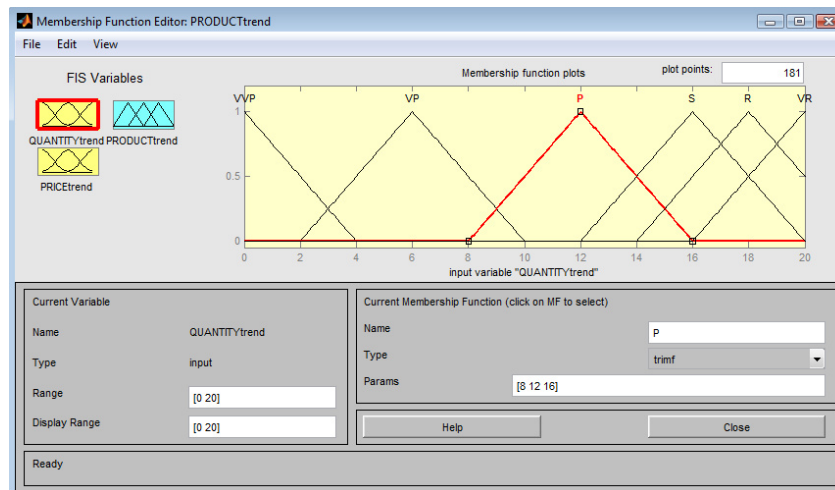


Obrázek 19 - Fuzzy Logic Toolbox: FIS Editor

Klávesovou zkratkou *Ctrl* + 2 vyvoláme okno Membership Function Editoru. Prostřednictvím tohoto okna definujeme počet, tvar, jména a rozsah vstupních i výstupních proměnných.

Rozrolováním menu *Edit – Add MFs* lze volit počet a tvar funkcí členství. Vybírat lze z předdefinovaných tvarů, ve kterých jsou zahrnuty klasické Λ , Π , Z a S , ale i Gaussova křivka a další.

Vepsáním hodnot do okna *Range* pak nastavujeme rozsah daného vstupu nebo výstupu.

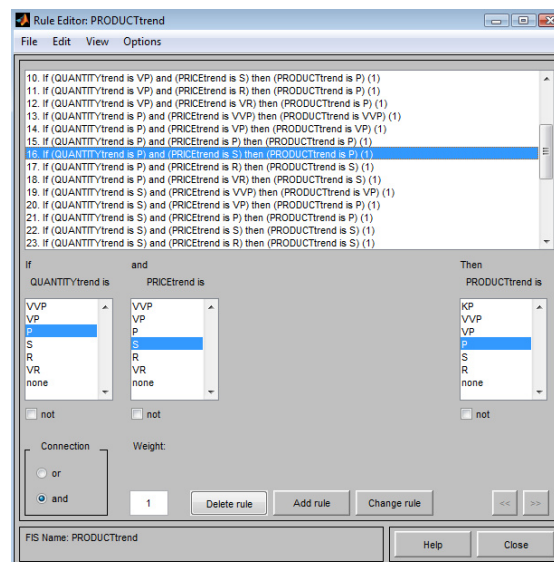


Obrázek 20 - Fuzzy Logic Toolbox: MF Editor

Klávesovou zkratkou *Ctrl + 3* vyvoláme okno Rule Editoru. Prostřednictvím tohoto okna definujeme bázi znalostí pro fuzzy systém.

Prostřednictvím vstupních a výstupních proměnných nadefinovaných v MF Editoru sestavujeme pravidla typu „*If – Then*“.

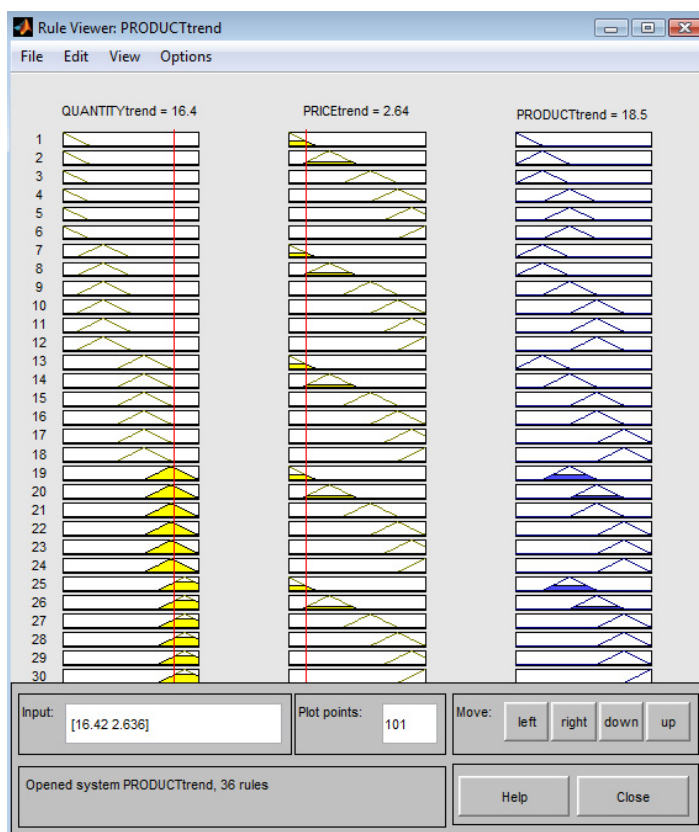
Pro označení záporu slouží pole not pod jednotlivými vstupy nebo výstupy. Operátory *or* nebo *and* lze volit v poli *Connection*. Pole *Weight* slouží pro nastavení váhy pravidla.



Obrázek 21 - Fuzzy Logic Toolbox: Rule Editor

Klávesovou zkratkou *Ctrl* + 5 vyvoláme okno Rule Viewru. Okno zobrazuje míru, s jakou se podílejí jednotlivé vstupy na hodnotě výstupu.

Prostřednictvím tohoto okna lze také testovat hodnotu výstupu při různých hodnotách vstupů vyplněním pole *Input*.



Obrázek 22 - Fuzzy Logic Toolbox: Rule Viewer

Klávesovou zkratkou *Ctrl* + 6 vyvoláme okno Surface Viewru, který umožňuje sledovat závislosti proměnných vstupních i výstupních prostřednictvím trojrozměrného grafu.

Výstupem Fuzzy Logic Toolboxu je pak soubor *.fis obsahující všechny výše zmíněné informace o sestaveném fuzzy systému.

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

4.1 Název, sídlo a právní forma

X-Trader.cz s.r.o.

Na Stezce 782/8, 736 01 Havířov – Bludovice

IČ: 27855660

Společnost je zapsaná v obchodním rejstříku vedeného Krajským soudem v Ostravě, oddíl C, vložka 31830

4.2 Profil společnosti

Společnost X-Trader.cz s.r.o. byla založena v srpnu 2008 v Havířově. Společnost byla založena dvěma společníky se základním kapitálem 200 000 Kč, z toho je splaceno 100 000 Kč.



Obrázek 23 - X-Trader: Logo společnosti

Společnost nabízí a prodává drobné spotřební zboží českým a slovenským zákazníkům. X-Trader.cz nabízí svým zákazníkům spektrum originálních, zejména dárkových a módních předmětů, které na trhu v České republice a okolí chybí. Portfolio produktů je voleno tak, aby uspokojilo a zaujalo téměř každého od malého dítěte až po dospělého, aby naplňovalo požadavky zákazníků na kvalitu a aby bylo cenově dostupné všem zákazníkům.

Hlavní snahou společnosti je stát se stabilním, pozitivně vnímaným dodavatelem a díky svému jedinečnému sortimentu známým prodejcem specifického drobného spotřebního zboží ve středoevropské oblasti, zejména pak v České republice a nově na Slovensku. (13)

4.3 Předmět podnikání společnosti

Rozdělení činnosti společnosti:

- import z oblasti jihovýchodní Asie
- zprostředkování dovozu zboží včetně související legislativy
- velkoobchod i maloobchod s dovezeným zbožím
- dodávka drobného spotřebního zboží

X-Trader.cz se úzce specializuje na kompletní dodávku svého specifického sortimentu drobného spotřebního zboží, do kterého náleží drobná zábavní elektronika a její příslušenství, elektronické, mechanické a magnetické předměty, zboží módního charakteru a hračky.

Hlavní činností firmy je import spotřebního zboží z oblasti jihovýchodní Asie. Díky svým přímým kontaktům ve velkých průmyslových oblastech a krátkému dodavatelskému řetězci je firma schopna dovést libovolné spotřební zboží s nízkými pořizovacími náklady.

Firma se zaměřuje na zajištění celého dodavatelského procesu od prvotní poptávky až po dodání na místo určení v České republice včetně zajištění všech celních a legislativních požadavků. Kromě dovozu zboží je firma schopna zajistit dodání zboží zprostředkováním jeho dovozu včetně zajištění všech souvisejících legislativních náležitostí.

Další významnou činností firmy je velkoobchod s vlastními silami dovezeným zbožím, které je dále prodáváno vybraným obchodním partnerům. Velkoobchodních partnerů a dealerů je široká škála od velkých tabákových společností a reklamních agentur přes dárkové prodejny až po drobné maloobchodníky.

Velmi významnou složku činnosti firmy tvoří maloobchod se zbožím koncovým spotřebitelům zejména prostřednictvím aukčního serveru Aukro.cz (v současné době na ústupu) a vlastních internetových obchodů X-Trader.cz, My-Neocube.cz a Wayfarer.cz. Vlastní maloobchodní činnost generuje velký díl zisků společnosti a upoutává zájem potenciálních velkoodběratelů.

Na zahraniční trhy, konkrétně trh Slovenské republiky, firma X-Trader.cz expandovala v létě roku 2010 otevřením pobočky X-Trader.sk s.r.o., organizační složka zahraniční osoby. (13)

4.4 Organizační struktura společnosti

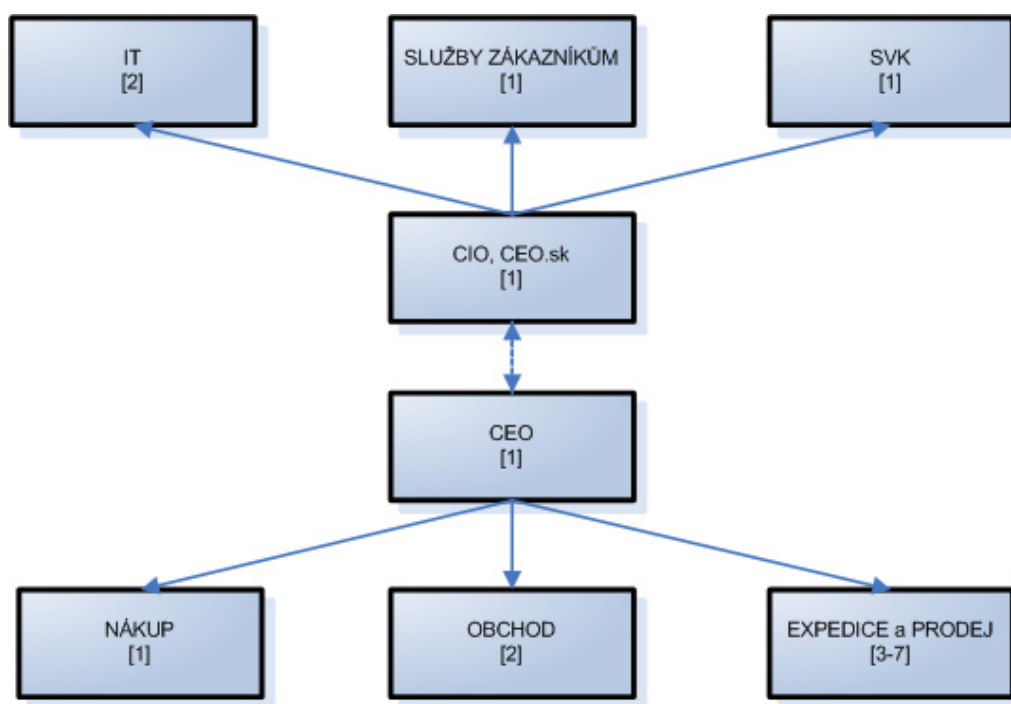
Protože X-Trader.cz je velmi mladou a relativně malou firmou, není organizační struktura jasná. Spíše než formálně definovanou hierarchií pravomocí jednotlivých pracovníků jde o tým lidí s přirozeným a někdy problematickým dělením kompetencí na základě volby jednotlivých členů týmu.

Silné stránky:

- vysoká flexibilita nutná pro přežití v neustále se měnících podmínkách
- pravomoci jsou rozděleny na základě osobních preferencí (mezi jednatelem společnosti)

Slabé stránky:

- existence pravomocí, za které je zodpovědných více pracovníků
- krizové situace musí řešit vedení společnosti přímo



Obrázek 24 - X-Trader: Organizační struktura společnosti

Čísla v hranatých závorkách na obrázku č. 24 značí počty pracovníků v jednotlivých odděleních. V případě oddělení expedice a prodej je značná fluktuace v počtu pracovníků ve vazbě na sezónní prodeje.

4.5 Změny ve společnosti

X-Trader.cz s.r.o. jako relativně malá (12-16 pracovníků, podle sezónních výkyvů) a dynamicky se rozvíjející společnost procházející v posledních letech řadou významných změn.

4.5.1 Změny ve společnosti za rok 2010

- inovace Xebisu (IS)
- nové e-shopy (www.wayfarer.cz, www.wayfarer.sk)
- nová pobočka pro Slovenskou republiku (X-Trader.sk s.r.o., o.z.z.o.)
- rozšiřování skladových prostor
- rozšiřování oddělení (IT) a nábor pracovníků

- e-podání na České poště
- e-faktury

4.5.2 Plánované změny ve společnosti na rok 2011

- další vlna rozšiřování portfolia e-shopů (www.rebelie.cz, www.tramtarie.cz)
- převzetí e-shopu www.my-neocube.sk
- inovace informačního systému

4.6 Analýza interních faktorů – SWOT analýza

4.6.1 Silné stránky

- originální sortiment
- lidský kapitál
- nízká nákladová náročnost
- vlastní IT&IS, pokročilá automatizace
- přímý dodavatelský řetězec
- know-how, zkušenosti managementu
- dobré jméno
- stálá zákaznická základna

4.6.2 Slabé stránky

- kapitál
- velikost společnosti
- chybovost provozních procesů společnosti
- nestálost dodavatelsko-odběratelských vztahů
- nejasná organizační struktura společnosti
- nedokončený IS

4.6.3 Příležitosti

- nové trhy
- geografický pohled: Slovensko, Rakousko, možnost Německo
- portfolio: rozšíření e-shopů (www.rebelie.cz, www.tramtarie.cz, atd.)
- zákazníci: nové segmenty (www.tramtarie.cz – hračky)
- struktura zákazníků: zaměření na velkoodběratele
- informační systém a automatizace
- profesionalizace pracovníků
- spin-out informačního systému

4.6.4 Hrozby

- kapitálově silnější konkurence
- fluktuace pracovníků
- nestabilita dodavatelů
- informační hrozby (především únik informací)
- geograficko-ekonomické a administrativní hrozby (dodavatelé z Číny)

4.7 Distribuce

Distribuční síť společnosti X-Trader.cz s.r.o. vychází hlavně z jejích internetových obchodů, aukčního serveru Aukro.cz, malá část odbytu je pro jiné velkoodběratele, zejména společnosti zabývající se nákupem zboží za účelem jeho dalšího prodeje.

Obvyklá lhůta dodání je u koncových zákazníků 24 – 48 hodin od okamžiku, kdy je objednávka závazně objednána a potvrzena nebo u velkých objemů individuálně dle požadavků odběratele.

4.8 Obchod

Nákupní činnosti pro X-Trader.cz s.r.o. má na starosti pověřený pracovník obchodního oddělení, který zajišťuje nejen doplňování zásob zboží aktuálně zařazeného v portfoliu, ale i vytipovávání nadějných a vyřazování neperspektivních produktů. K tomu má prostřednictvím skladového centra XEBISu k dispozici aktuální stav skladu včetně přehledů prodaných, objednaných a rezervovaných kusů.

Při výběru nakupovaného množství se vychází mj. i z plánovaných prodejů, předpokládaných sezónních výkyvů a velkoodběratelských požadavků.

Při zařazování nadějných a vyřazování neperspektivních druhů zboží se vychází z trendu prodeje a aktuální situace na trhu, ze kterých expertním odhadem zjišťuje, ve kterém stádiu životního cyklu se produkt nachází.

Vzhledem k velkému počtu produktů není možné sledovat exaktní vývoj tržeb, hlubší vztahy a souvislosti mezi produkty a jejich prodejností. Za tímto účelem je vhodné zavést pokročilejší a automatizovanější postupy pro podporu rozhodování o dalším osudu produktu.

4.9 Závěry analýzy současného stavu

Společnost zvažuje systém umožňující přesnější hodnocení jednotlivých produktů v rámci portfolia s ohledem na jejich ponechání či vyřazení ze sortimentu. Proto vedení společnosti rozhodlo o zavedení řešení, kterým se zabývá.

Toto řešení je podporou při rozhodování o ponechání či vyřazení produktu ze sortimentu, jehož vstupy byly rozděleny do následujících kategorií:

- PRODUCTtrend
 - o QUANTITYtrend
 - o PRICEtrend

Monitorující objem prodeje sledovaného produktu a vývoj jeho prodejní ceny, jako hlavní ukazatel trendu vývoje produktu, využívaný v současnosti na základě

expertního odhadu pracovníka obchodního oddělení, převedený do formy automatizovaného zpracování informací a rozšířený o následující kritéria.

- PRODUCT
 - o PRODUCTtrend
 - o SHOPtrend

Vstupem tohoto modelu je pak vyhodnocení trendu vývoje produktu postavené proti trendu vývoje prodeje společnosti jako celku.

Smyslem tohoto postupu je porovnat vývoj sledovaného produktu s celkovým vývojem společnosti. Pokud je tendence sledovaného produktu klesající a naopak vývoj společnosti roste, získá produkt nižší hodnocení a naopak.

- RELATIONSHIP
 - o AB
 - o AC
 - o AD

Poslední skupinou ukazatelů je vazba nejvíce prodáváných produktů spolu s hodnocením. V případě AB se jedná o sledovaný a nejvíce společně prodáváný, AC sledovaný a druhý nejvíce společně prodáváný a AD sledovaný a třetí nejvíce společně prodáváný. Smyslem tohoto modelu je odhalit vazby mezi produkty a tím i případný dopad vyřazení jednoho produktu na vývoj prodeje ostatních.

Dalším krokem je tedy na základě sledovaných kritérií vytvořit návrh systému celkového hodnocení produktu vedoucí k doporučení zda konkrétní produkt ponechat či vyřadit z nabízeného sortimentu společnosti, a to s ohledem na výše zmíněné atributy.

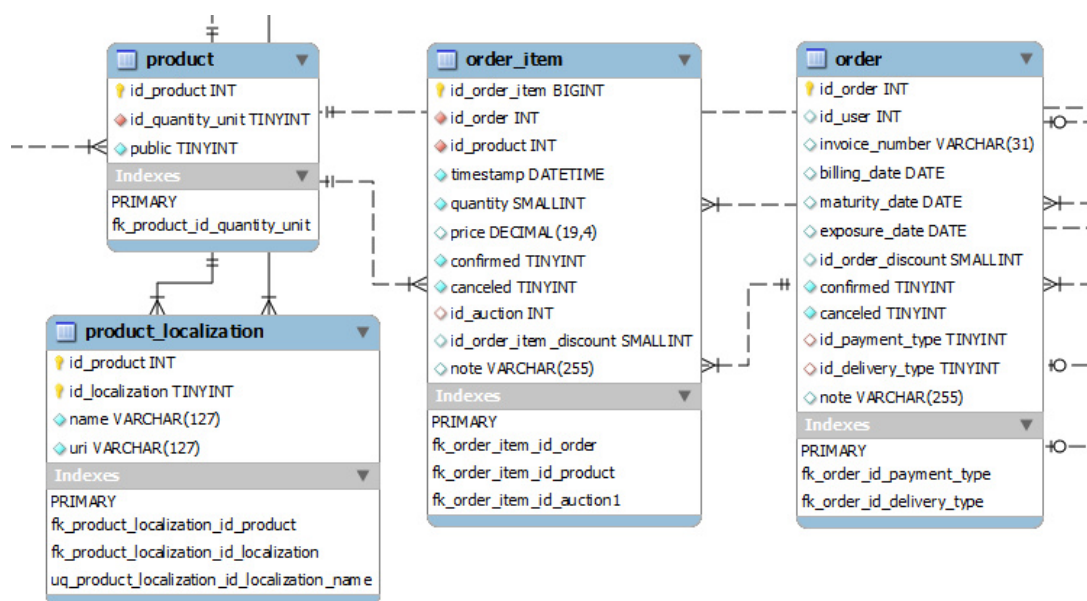
Jako vhodný prostředek pro řešení tohoto problému se jeví Mathworks MATLAB, konkrétně využití Neural Network toolboxu pro určení vstupů modelu a predikce jejich budoucího vývoje a Fuzzy Logic toolboxu pro celkové hodnocení produktu na základě stanovených kritérií.

5 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

5.1 Postup určení vstupů a jejich váhové ohodnocení

Do závěrečného modelu hodnocení produktu *RECOMMENDATION* vstupují tři dílčí modely (*PRODUCTtrend*, *PRODUCT* a *RELATIONSHIP*). Do každého z těchto dílčích modelů vstupují hodnoty určené na základě výsledků predikce získané prostřednictvím neuronových sítí.

Data pro trénink neuronových sítí jsou získávána z databáze společnosti.



Obrázek 25 - X-Trader: Databázové schéma

5.1.1 Vstupy dílčího modelu *PRODUCTtrend*

Parametry modelu byly sestaveny na základě predikce provedené pomocí neuronových sítí nad daty o prodejkách společnosti X-trader od 1. října 2009 do 30. září 2010, konkrétně vývoj prodaného množství daného produktu a vývoj prodejní ceny daného produktu.

QUANTITYtrend

Prvním krokem nutným k určení toho ukazatele byla analýza objemů prodeje v jednotlivých dnech za sledované období. K tomuto bylo využito SQL dotazu nad databází společnosti.

```

SELECT `oi`.`id_product`, SUM(`oi`.`quantity`),
      DATE(`oi`.`timestamp`) AS `date`
FROM `order_item` AS `oi`
WHERE `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00'
      AND `timestamp` < '2010-09-30 00:00:00'
      AND `oi`.`id_product` = '118'
GROUP BY `date`

```

Kód 1 - SQL - QUANTITYtrend : Objem prodeje v jednotlivých dnech

Dotaz vypíše identifikátor produktu, součet objemů produkce pro jednotlivé dny a datum, v případech kdy je datum od 1. října 2009 do 30. září 2010 a identifikátor produktu je roven 118. Poté hodnoty seřadí podle data. Výstupem dotazu je pak:

SQL příkaz

```

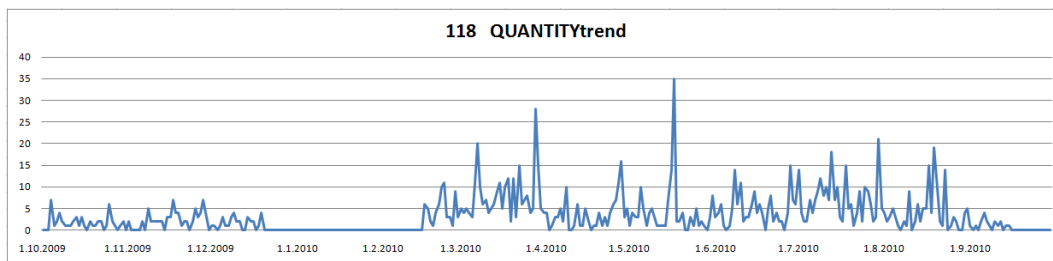
SELECT `oi`.`id_product`, SUM(`oi`.`quantity`), DATE(`oi`.`timestamp`) as `date`
FROM `order_item` AS `oi`
WHERE `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00' AND `timestamp` < '2010-09-30 00:00:00' AND `oi`.`id_product` = '118'
GROUP BY `date`

```

118	7	2009-10-04
118	1	2009-10-05
118	2	2009-10-06
118	4	2009-10-07
118	2	2009-10-08
118	1	2009-10-09
118	1	2009-10-10
118	1	2009-10-11
118	2	2009-10-12
118	3	2009-10-13

Obrázek 26 - QUANTITYtrend: Výstup SQL dotazu

Grafická prezentace získaných hodnot doplněná o dny, ve kterých nebyl sledovaný produkt obchodován:



Graf 1 - QUANTITYtrend: Vývoj za sledované období

V okamžiku kdy jsou známy hodnoty sledované veličiny, lze přistoupit k predikci prováděné neuronovou sítí s využitím Neural Network Time Series toolbox prostředí MATLAB nebo lze využít historických dat.

Váhové ohodnocení vstupu QUANTITYtrend

Tabulka 1 - QUANTITYtrend: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: QUANTITYtrend						
Lingvistická proměnná	Velmi výrazný pokles	Výrazný pokles	Pokles	Stagnace	Růst	Výrazný růst
Doporučený rozsah	méně než -50%	(-50%, -25%>	(-25%, -5%>	(-5%, 5%>	(5%, 25%>	více než 25%
Fuzzy hodnota	0	6	12	16	18	20

PRICetrend

Prvním krokem nutným k určení toho ukazatele byla analýza vývoje prodejních cen v jednotlivých dnech za sledované období. K tomuto bylo využito SQL dotazu nad databází společnosti.

```
SELECT `oi`.`id_product`, `oi`.`price`,
       DATE(`oi`.`timestamp`) AS `date`
FROM `order_item` AS `oi`
WHERE `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00'
      AND `timestamp` < '2010-09-30 00:00:00'
      AND `oi`.`id_product` = '118'
GROUP BY `date`
```

Kód 2 - SQL - PRICetrend : Prodejní cena v jednotlivých dnech

Dotaz vypíše identifikátor produktu, prodejní cenu produktu pro daný den a datum, v případech kdy je datum od 1. října 2009 do 30. září 2010 a identifikátor produktu je roven 118. Poté hodnoty seřadí podle data.

Výstupem dotazu je pak:

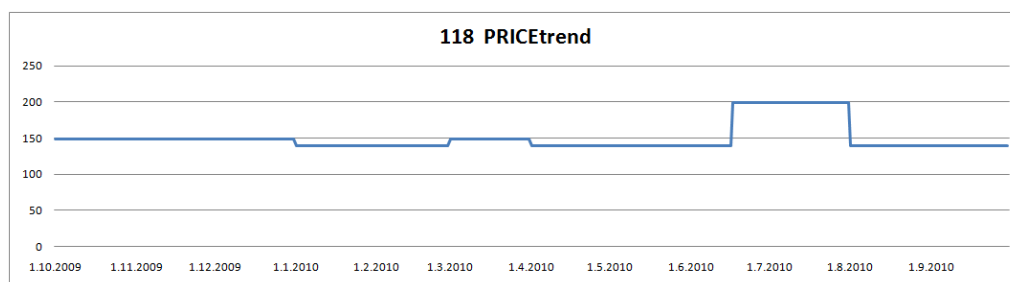
SQL příkaz

```
SELECT `oi`.`id_product`, `oi`.`price`, DATE(`oi`.`timestamp`) as `date`  
FROM `order_item` AS `oi`  
WHERE `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00' AND `timestamp` < '2010-09-30 00:00:00' AND `oi`.`id_product` = '118'  
GROUP BY `date`
```

118	149.0000	2009-10-04
118	149.0000	2009-10-05
118	149.0000	2009-10-06
118	149.0000	2009-10-07
118	149.0000	2009-10-08
118	149.0000	2009-10-09
118	149.0000	2009-10-10

Obrázek 27 - PRICetrend: Výstup SQL dotazu

Grafická prezentace získaných hodnot doplněná o dny, ve kterých nebyl sledovaný produkt obchodován. Prodejní cena, ve dnech kdy nebyl produkt obchodován, je nahrazena nejbližší předchozí hodnotou:



Graf 2 - PRICetrend: Vývoj za sledované období

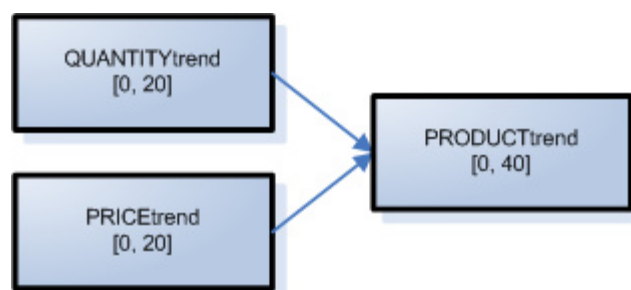
V okamžiku kdy jsou známy hodnoty sledované veličiny, lze přistoupit k predikci prováděné neuronovou sítí s využitím Neural Network Time Series toolbox prostředí MATLAB nebo lze využít historických dat.

Váhové ohodnocení vstupu PRICetrend

Tabulka 2 - PRICetrend: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: PRICetrend						
Lingvistická proměnná	Velmi výrazný pokles	Výrazný pokles	Pokles	Stagnace	Růst	Výrazný růst
Doporučený rozsah	méně než -50%	(-50%, -25%>	(-25%, -5%>	(-5%, 5%>	(5%, 25%>	více než 25%
Fuzzy hodnota	0	6	12	16	18	20

5.1.2 Váhové ohodnocení dílčího modelu PRODUCTtrend



Obrázek 28 – PRODUCTtrend

Tabulka 3 - PRODUCTtrend: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: PRODUCTtrend						
Lingvistická proměnná	Kritický pokles	Velmi výrazný pokles	Výrazný pokles	Pokles	Stagnace	Růst
Fuzzy hodnota	0	8	16	24	32	40

5.1.3 Vstupy dílčího modelu PRODUCT

Prvním ze vstupů do modelu *PRODUCT* je výstup dílčího modelu *PRODUCTtrend* a jako druhý vstup pak predikce provedené pomocí neuronových sítí nad daty o tržbách společnosti X-trader jako celku, a to od 1. října 2009 do 30. září 2010.

Smyslem tohoto postupu je porovnat vývoj sledovaného produktu s celkovým vývojem společnosti. Pokud je tendence sledovaného produktu klesající a naopak vývoj společnosti roste, získá produkt nižší hodnocení a naopak.

Data pro trénink neuronové sítě poskytla přímo společnost, a to v týdenních souhrnech. Není proto třeba jejich vyhledávání v databázi.

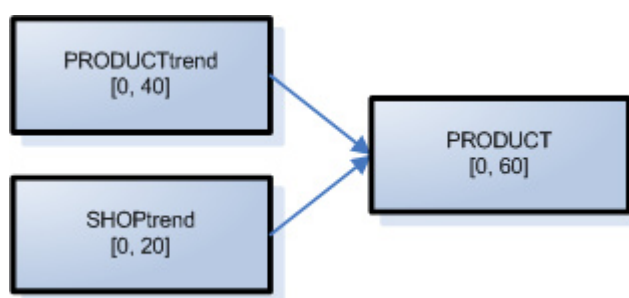
Lze tedy přistoupit přímo k učení neuronové sítě nebo využít historických hodnot.

Váhové ohodnocení vstupu SHOPtrend

Tabulka 4 - SHOPtrend: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: SHOPtrend						
Lingvistická proměnná	Velmi výrazný pokles	Výrazný pokles	Pokles	Stagnace	Růst	Výrazný růst
Doporučený rozsah	méně než -50%	$(-50\%, -25\%>$	$(-25\%, -5\%>$	$(-5\%, 5\%>$	$(5\%, 25\%>$	více než 25%
Fuzzy hodnota	0	6	12	16	18	20

5.1.4 Váhové ohodnocení dílčího modelu PRODUCT



Obrázek 29 – PRODUCT

Tabulka 5 - PRODUCT: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: PRODUCT						
Lingvistická proměnná	Kritický pokles	Velmi výrazný pokles	Výrazný pokles	Pokles	Stagnace	Růst
Fuzzy hodnota	0	12	24	36	48	60

5.1.5 Vstupy dílčího modelu RELATIONSHIP

Posledním z dílčích modelů vstupujících do závěrečného hodnocení produktu je model *RELATIONSHIP* zkoumající vazby ostatních produktů na hodnocený.

Smyslem tohoto modelu je odhalit vazby mezi produkty a tím i případný dopad vyřazení jednoho produktu na prodeje ostatních.

Neuronová síť bude učena nad údaji o objemu prodeje hodnoceného produktu ve sledovaném období (od 1. října 2009 do 30. září 2010) a objemech prodeje tří dalších produktů, které jsou s ním ve sledovaném období nejčastěji fakturovány.

K tomuto bylo využito série SQL dotazů nad databází společnosti.

```
SELECT id_product, SUM(quantity)
FROM order_item
WHERE id_order IN
    (SELECT id_order
     FROM `order item`
     WHERE id_product = 118 AND `timestamp` > '2009-10-01
00:00:00'
     AND `timestamp` < '2010-09-30 00:00:00')
AND id_product <> 162
GROUP BY id_product
```

Kód 3 - SQL - RELATIONSHIP: Nejčastěji fakturované produkty s hodnoceným

Dotaz vypíše identifikátor produktu a celkový objem prodeje produktu fakturovaného spolu s hodnoceným.

Subselect vybere všechna čísla faktur za sledované období, na kterých se vyskytuje hodnocený produkt (*id_product* = 118), poté *select* z takto vyfiltrovaných čísel faktur vypíše identifikátory ostatních produktů (krom poštovního a balného *id_product* <> 162) a objem fakturovaného množství.

Výstupem dotazu je pak:

SQL příkaz

```
SELECT id_product, SUM(quantity)
FROM order_item
WHERE id_order IN
    (SELECT id_order
     FROM `order_item`
     WHERE id_product = 118 AND `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00' AND `timestamp` < '2010-10-31 00:00:00')
AND id_product <> 162
GROUP BY id_product
```

33	1
63	2
64	4
80	5
105	1
108	1
109	2
113	1
114	1
115	8
116	53
118	1230

Obrázek 30 - RELATIONSHIP: Výstup SQL dotazu nejčastěji fakturované

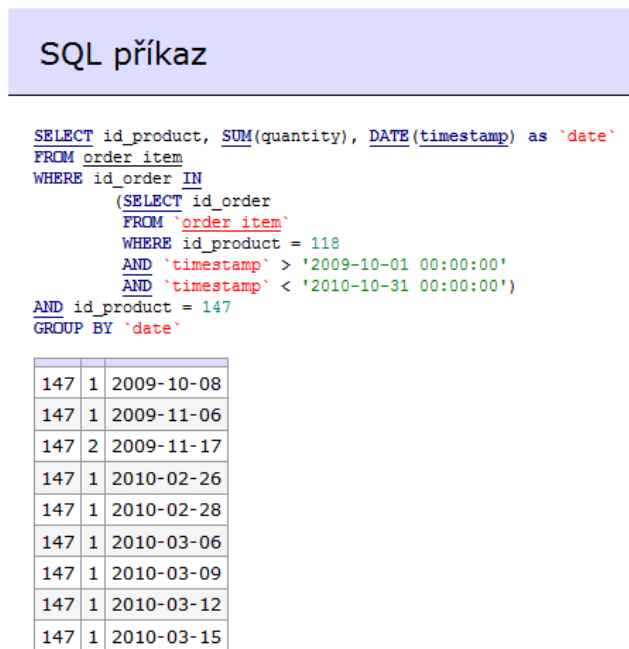
Na základě výsledků dotazu jsou vybrány tři produkty nejčastěji se vyskytující s hodnoceným a pro další účely modelu označeny jako *B* pro nejčastěji se společně vyskytující, *C* pro druhý nejčastěji se společně vyskytující a *D* pro třetí nejčastěji se společně vyskytující produkt.

Dalším SQL dotazem, lze zjistit objem a časový vývoj výskytu produktu *A* a *B* na jedné faktuře.

```
SELECT id_product, SUM(quantity), DATE(timestamp) as `date`
FROM order_item
WHERE id_order IN
    (SELECT id_order
     FROM `order_item`
     WHERE id_product = 118
     AND `timestamp` > '2009-10-01 00:00:00'
     AND `timestamp` < '2010-10-31 00:00:00')
AND id_product = 147
GROUP BY `date`
```

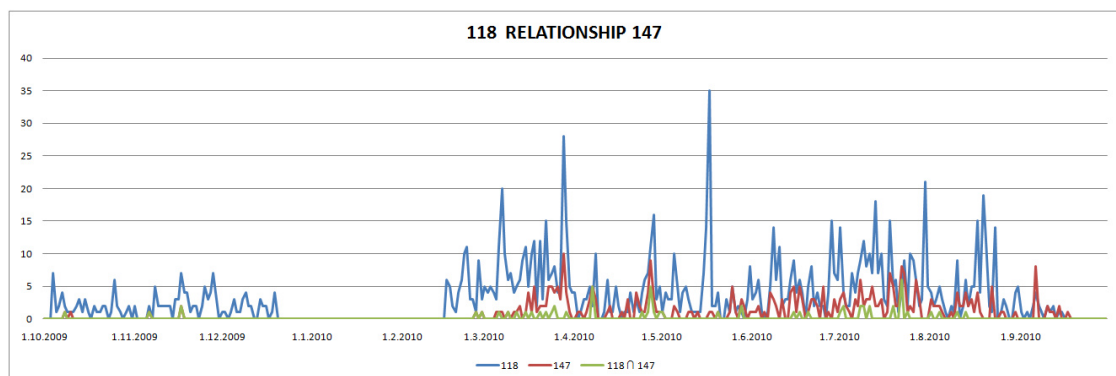
Kód 4 - SQL - RELATIONSHIP: A+B

Výstupem dotazu je pak:



Obrázek 31- RELATIONSHIP: Výstup SQL dotazu A+B

Grafická prezentace získaných hodnot doplněná o dny, ve kterých nebyly sledované produkty obchodovány:



Graf 3 - RELATIONSHIP: Vývoj za sledované období

Kde modrá značí objem prodeje hodnoceného produktu, červená objem prodeje nejčastěji fakturovaného s hodnoceným a zelená objem prodeje výskytu hodnoceného a nejčastěji fakturovaného spolu s hodnoceným na jedné faktuře.

Váhové ohodnocení vstupů AB, AC, AD a doporučené hodnoty

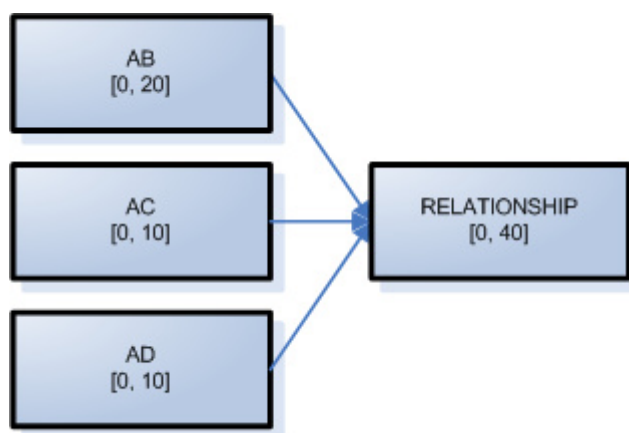
Tabulka 6 - RELATIONSHIP: AB - Ohodnocení

Tabulka hodnocení: AB					
Lingvistická proměnná	Téměř žádná	Velmi slabá	Slabá	Relativně silná	Silná
Doporučený rozsah	méně než 5%	(5%, 10%>	(10%, 15%>	(15%, 20%>	více než 20%
Fuzzy hodnota	0	3	7	13	20

Tabulka 7 - RELATIONSHIP: AC, AD - Ohodnocení

Tabulka hodnocení: AC, AD					
Lingvistická proměnná	Téměř žádná	Velmi slabá	Slabá	Relativně silná	Silná
Doporučený rozsah	méně než 5%	(5%, 10%>	(10%, 15%>	(15%, 20%>	více než 20%
Fuzzy hodnota	0	1,5	3,5	6,5	10

5.1.6 Váhové ohodnocení dílčího modelu RELATIONSHIP

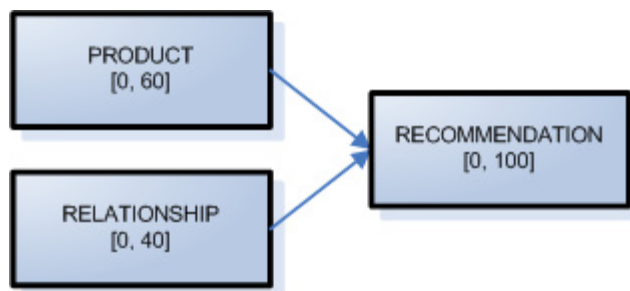


Obrázek 32 – RELATIONSHIP

Tabulka 8 - RELATIONSHIP: Ohodnocení

Tabulka hodnocení: RELATIONSHIP					
Lingvistická proměnná	Téměř žádná	Velmi slabá	Slabá	Relativně silná	Silná
Fuzzy hodnota	0	10	20	30	40

5.1.7 Váhové ohodnocení celkového modelu RECOMMENDATION



Obrázek 33 – RECOMMENDATION

Tabulka 9 - RECOMMENDATION: Ohodnocení

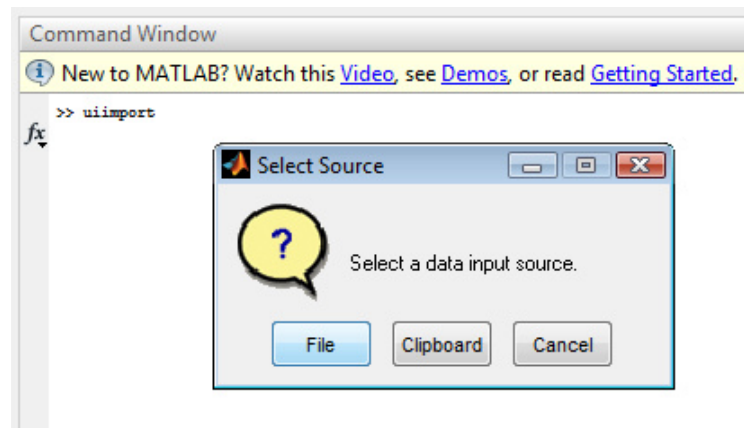
Tabulka hodnocení: RECOMMENDATION					
Lingvistická proměnná	Důrazně vyřadit	Vyřadit	Monitorovat	Ponechat	Důrazně ponechat
Fuzzy hodnota	10	20	45	70	80

Data získaná z databáze společnosti mohou být jako vstupy do fuzzy modelů využita rozličně. Ať již analýzou historických hodnot prostřednictvím statistického aparátu (časové řady, koeficient korelace, aj.) tak k predikci.

V případě predikce byl využit další nástroj umělé inteligence – neuronové sítě. Zpracování proběhlo v Neural Network toolboxu prostředí MATLAB, konkrétně Neural Network Time Series.

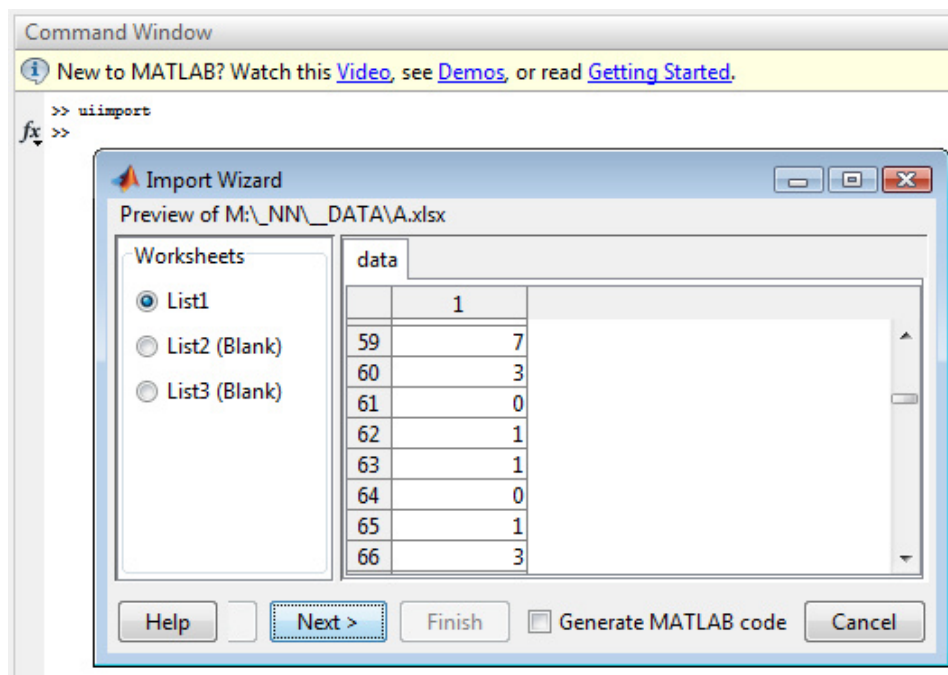
5.2 Načtení vstupních hodnot

Načtení vstupních hodnot probíhá prostřednictvím příkazu *uiimport*. Pomocí tohoto příkazu lze načítat hodnoty z datového zdroje do prostředí MATLAB Workspace.



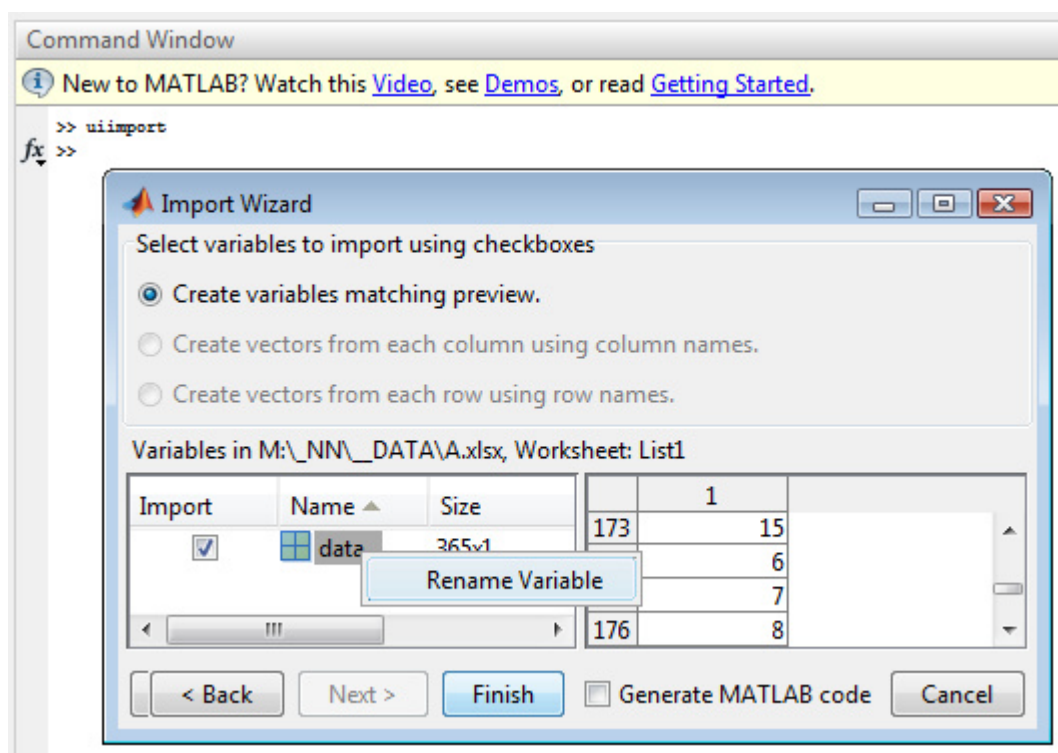
Obrázek 34 - MATLAB: Uiimport

Po zadání *uiimport* umožní dialogové okno výběr dat ze souboru. Po zadání cesty a potvrzení lze pomocí Import Wizard vybrat oblast dat, která má být načtena do MATLAB Workspace.



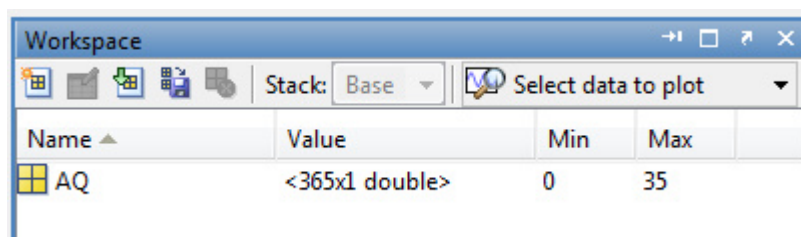
Obrázek 35 - Uiimport: Výběr dat

Posledním krokem Import Wizard je pojmenování načtených dat v MATLAB Workspace a jejich umístění.



Obrázek 36 - Uiimport: Uložení do Workspace

Matice dat je úspěšně načtena a připravena na další zpracování prostřednictvím jednotlivých toolboxů.



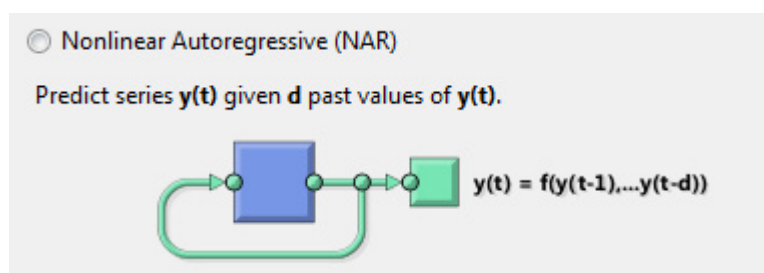
Obrázek 37 - MATLAB: Workspace

5.3 Využití neuronových sítí pro predikci vývoje

Zpracování proběhlo v Neural Network toolboxu prostředí MATLAB, konkrétně Neural Network Time Series.

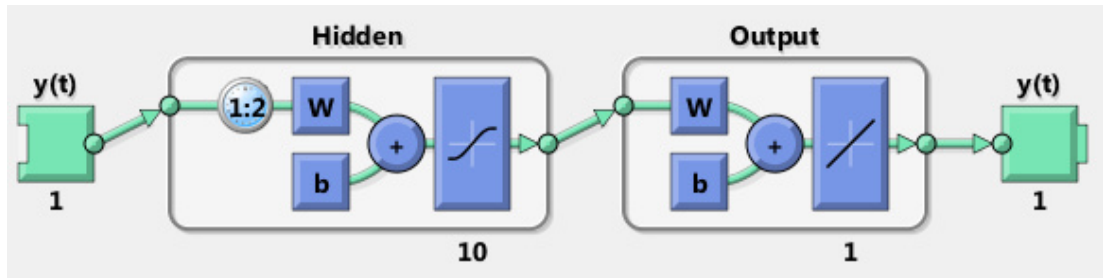
Příkaz *ntstool* vyvolá Neural Network Time Series toolbox.

Pro predikci *QUANTITYtrend*, *PRICetrend* a *SHOPtrend* bylo využito metody **Nonlinear Autoregressive (NAR)**, kde na základě minulých hodnot sledované veličiny predikujeme budoucí hodnoty.



Obrázek 38 - Neural Network: Nonlinear Autoregressive

5.3.1 QUANTITYtrend



Obrázek 39 - Neural Network: Architektura sítě QUANTITYtrend

Architektura sítě obsahuje 10 skrytých neuronů a postupuje v krocích o 2 hodnoty v časové řadě.

```
% This script assumes this variable is defined:
%
% AQ - feedback time series.

targetSeries = tonndata(AQ,false,false);

% Create a Nonlinear Autoregressive Network
feedbackDelays = 1:2;
hiddenLayerSize = 10;
net = narnet(feedbackDelays,hiddenLayerSize);

% Prepare the Data for Training and Simulation
[inputs,inputStates,layerStates,targets] =
preparets(net,{}, {}, targetSeries);

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;

% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets,inputStates,layerStates);

% Test the Network
outputs = net(inputs,inputStates,layerStates);
errors = gsubtract(targets,outputs);
performance = perform(net,targets,outputs)

% View the Network
view(net)

% Closed Loop Network
% Use this network to do multi-step prediction.
% The function CLOSELOOP replaces the feedback input with a direct
% connection from the output layer.
netc = closeloop(net);
[xc,xic,aic,tc] = preparets(netc, {}, {}, targetSeries);
```

```

yc = netc(xc,xic,aic);
perfc = perform(net,tc,yc)

% Early Prediction Network
% The original network returns predicted y(t+1) at the same time it
is given y(t+1).
nets = removedelay(net);
[xs,xis,ais,ts] = preparets(nets,{},{},targetSeries);
ys = nets(xs,xis,ais);

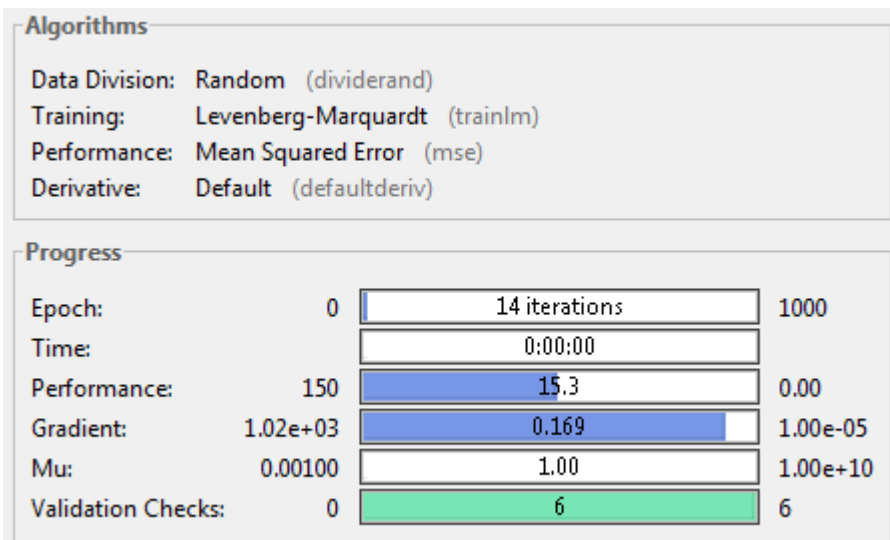
closedLoopPerformance = perform(net,tc,yc)

```

Kód 5 - MATAB - Neural Network : QUANTITYtrend

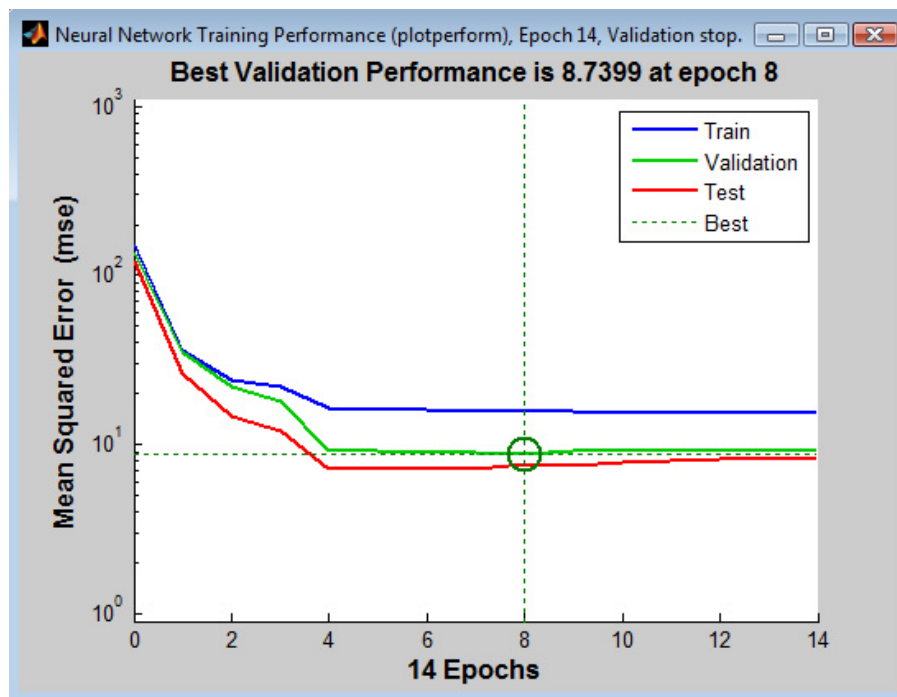
Vstupní data jsou načítána z MATLAB Workspace z matice hodnot AQ. Dále jsou rozdělena v poměru 70% na učení síť, 15% validace a 15% na kontrolu naučení síť. Konkrétně 255 hodnot pro učení, 55 hodnot pro validaci a 55 hodnot pro kontrolu naučení síť.

Funkce **Data Division – Random** náhodně přiřazuje hodnoty mezi data pro učení, validaci a testování tak, aby byl zachován nastavený poměr (70/15/15). Jako učicího algoritmu bylo využito **Levenberg-Marquardt backpropagation**. Při trénování neuronové sítě byla navolena funkce **Performance – Mean Squared Error** (střední kvadratická chyba).



Obrázek 40 - Neural Network: Učení síť QUANTITYtrend

Učení síť bylo zastaveno v okamžiku, kdy validace přestane klesat.

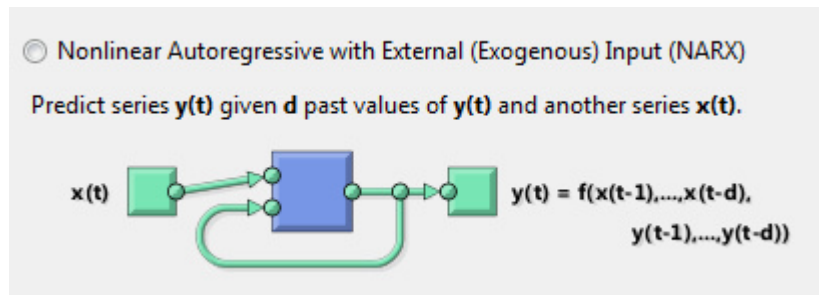


Obrázek 41 - Neural Network: Validace sítě QUANTITYtrend

Z obrázku je patrné, jak z počátku prudce klesá chybovost neuronové sítě a dosahuje svého minima při osmé epoše. Červená linka značí chybovost sítě u testovacích dat, modrá u učení a zelená při validaci. Naučenou neuronovou síť lze využít pro predikci budoucích hodnot sledovaných proměnných (vstupů fuzzy modelů).

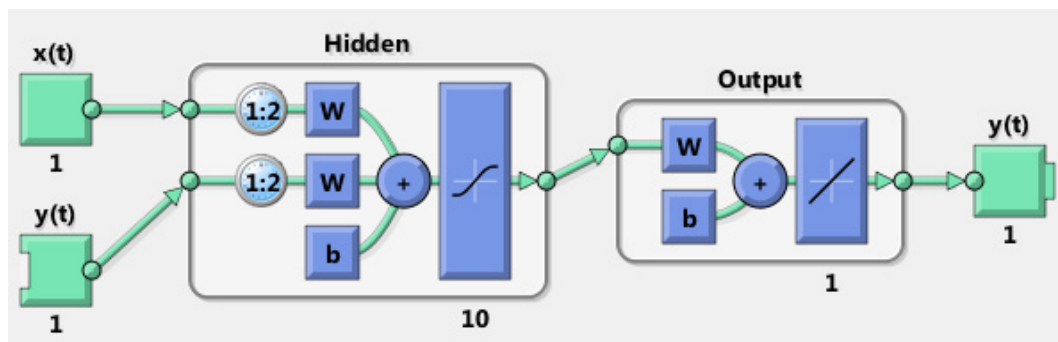
5.3.2 RELATIONSHIP

Pro predikci *AB*, *AC* a *AD* bylo využito metody ***Nonlinear Autoregressive with External Input (NARX)***, kde na základě minulých hodnot sledované veličiny a další příbuzné veličiny predikujeme budoucí hodnoty.



Obrázek 42 - Neural Network: Nonlinear Autoregressive with External Input

AB



Obrázek 43 - Neural Network: Architektura sítě RELATIONSHIP

Architektura sítě obsahuje 2 vstupy (hodnoty objemů prodeje produktu A a hodnoty objemů prodeje produktu B za sledované období) 10 skrytých neuronů a postupuje v krocích o 2 hodnoty v obou časových řadách.

```
% This script assumes these variables are defined:
%
% A - input time series.
% B - feedback time series.

inputSeries = tonndata(A, false, false);
targetSeries = tonndata(B, false, false);

% Create a Nonlinear Autoregressive Network with External Input
inputDelays = 1:2;
feedbackDelays = 1:2;
hiddenLayerSize = 10;
net = narxnet(inputDelays, feedbackDelays, hiddenLayerSize);

% Choose Input and Feedback Pre/Post-Processing Functions
% Settings for feedback input are automatically applied to feedback
```

```

output
net.inputs{1}.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};
net.inputs{2}.processFcns = {'removeconstantrows','mapminmax'};

% Prepare the Data for Training and Simulation
[inputs,inputStates,layerStates,targets] =
preparets(net,inputSeries,{},targetSeries);

% Setup Division of Data for Training, Validation, Testing
net.divideFcn = 'dividerand';
net.divideMode = 'value';
net.divideParam.trainRatio = 70/100;
net.divideParam.valRatio = 15/100;
net.divideParam.testRatio = 15/100;

% Choose a Training Function
net.trainFcn = 'trainlm';

% Choose a Performance Function
net.performFcn = 'mse';

% Choose Plot Functions
net.plotFcns = {'plotperform','plottrainstate','plotresponse', ...
    'ploterrcorr','plotinerrcorr'};

% Train the Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets,inputStates,layerStates);

% Test the Network
outputs = net(inputs,inputStates,layerStates);
errors = gsubtract(targets,outputs);
performance = perform(net,targets,outputs)

% Recalculate Training, Validation and Test Performance
trainTargets = gmultiply(targets,tr.trainMask);
valTargets = gmultiply(targets,tr.valMask);
testTargets = gmultiply(targets,tr.testMask);
trainPerformance = perform(net,trainTargets,outputs)
valPerformance = perform(net,valTargets,outputs)
testPerformance = perform(net,testTargets,outputs)

% View the Network
view(net)

% Closed Loop Network
netc = closeloop(net);
netc.name = [net.name ' - Closed Loop'];
view(netc)
[xc,xic,aic,tc] = preparets(netc,inputSeries,{},targetSeries);
yc = netc(xc,xic,aic);
closedLoopPerformance = perform(netc,tc,yc)

% Early Prediction Network
% The original network returns predicted y(t+1) at the same time it
is given y(t+1).
nets = removedelay(net);
nets.name = [net.name ' - Predict One Step Ahead'];
view(nets)
[xs,xis,ais,ts] = preparets(nets,inputSeries,{},targetSeries);

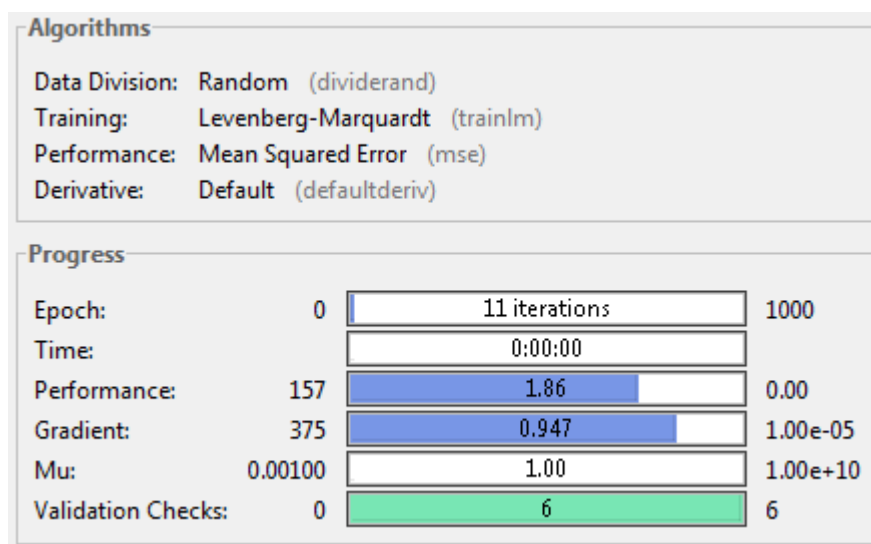
```

```
ys = nets(xs,xis,ais);
earlyPredictPerformance = perform(nets,ts,ys)
```

Kód 6 - MATLAB - Neural Network : RELATIONSHIP

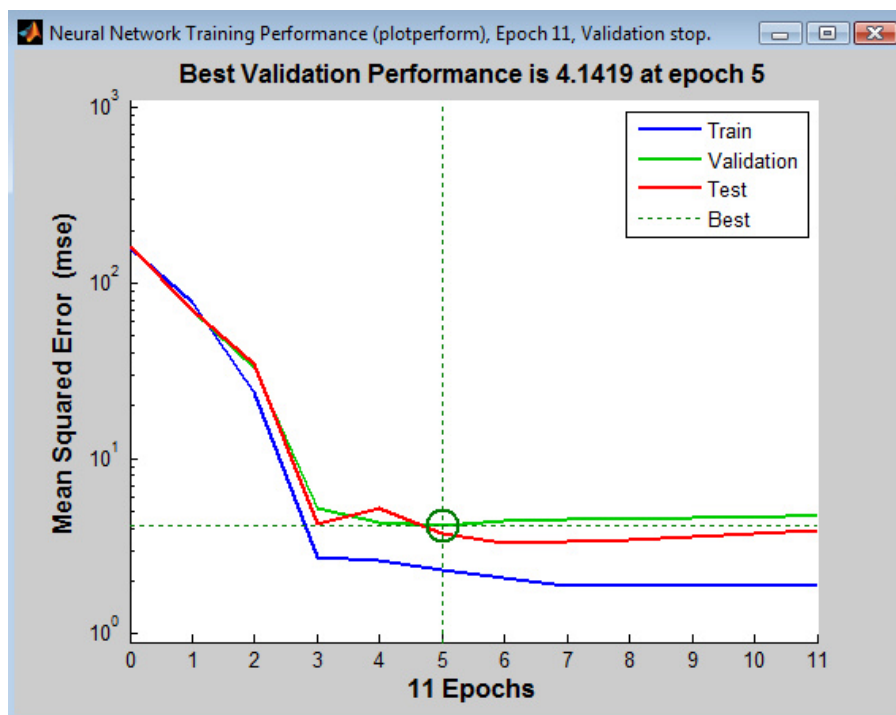
Hodnoty obou vstupů jsou načítány z MATLAB Workspace z matic *A* a *B*. Dále jsou rozdělena v poměru 70% na učení sítě, 15% validace a 15% na kontrolu naučení sítě. Konkrétně 255 hodnot pro učení, 55 hodnot pro validaci a 55 hodnot pro kontrolu naučení sítě pro každý vstup.

Funkce **Data Division – Random** náhodně přiřazuje hodnoty mezi data pro učení, validaci a testování tak, aby byl zachován nastavený poměr (70/15/15). Jako učicího algoritmu bylo využito **Levenberg-Marquardt backpropagation**. Při trénování neuronové sítě byla navolena funkce **Performance – Mean Squared Error** (střední kvadratická chyba).



Obrázek 44 - Neural Network: Učení sítě RELATIONSHIP

Učení sítě bylo zastaveno v okamžiku, kdy validace přestane klesat.



Obrázek 45 - Neural Network: Validace sítě RELATIONSHIP

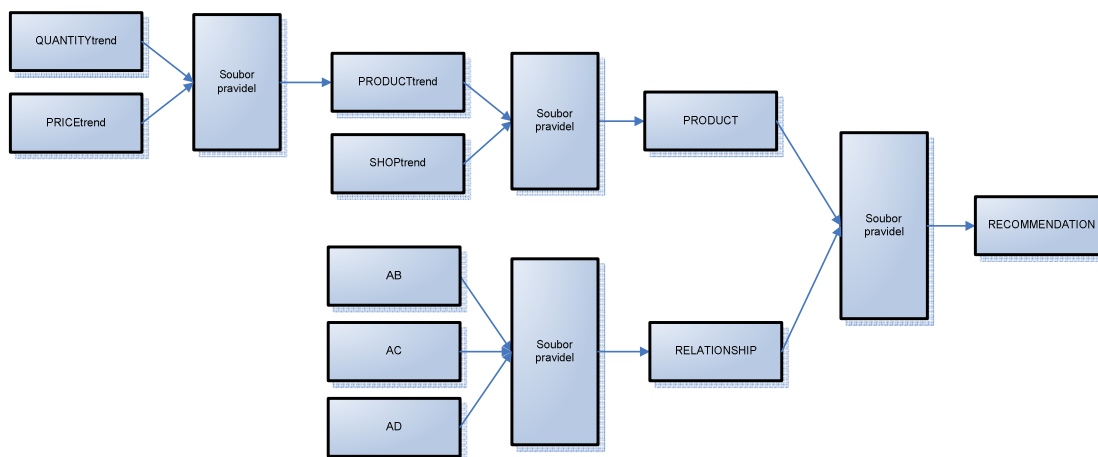
Z obrázku je patrné, jak z počátku prudce klesá chybovost neuronové sítě a dosahuje svého minima při páté epoše. Červená linka značí chybovost sítě u testovacích dat, modrá u učení a zelená při validaci. Naučenou neuronovou síť lze využít pro predikci budoucích hodnot sledovaných proměnných (vstupů fuzzy modelů).

5.4 Konstrukce modelu

Do modelu jehož výstupem je doporučení, zda konkrétní produkt důrazně vyřadit, zvážit vyřazení, dále monitorovat, ponechat či důrazně ponechat vstupuje celkem šest proměnných.

Celkový model je dekomponován na tři dílčí modely, jejichž výstupy slouží jako vstupní proměnné pro model celkového hodnocení.

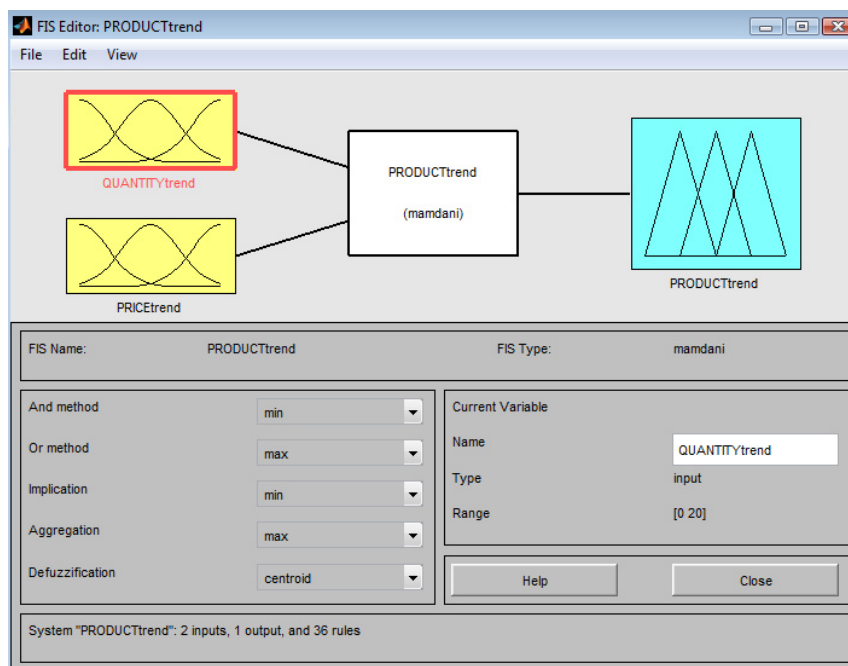
Hlavními důvody pro dekompozici jsou především: definování únosného počtu pravidel, snazší kontrola funkčnosti modelu a jeho případná optimalizace.



Obrázek 46 - Schéma konstrukce modelu

5.4.1 Model PRODUCTtrend

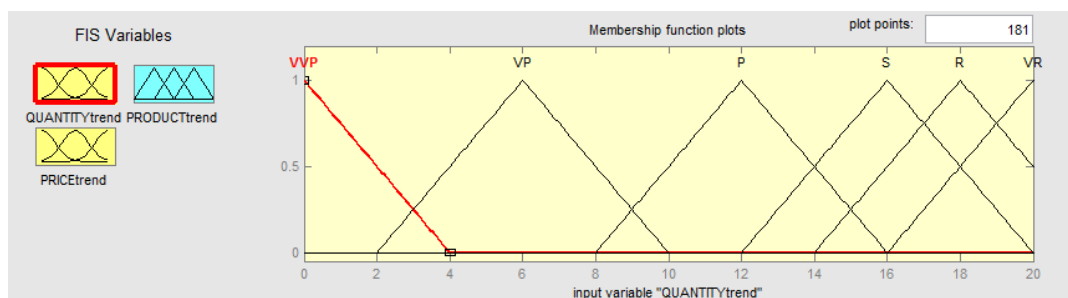
Prvním z dílčích modelů sloužících jako vstupy pro model závěrečného hodnocení produktu je model *PRODUCTtrend*. Parametry modelu byly sestaveny na základě predikce provedené pomocí neuronových sítí nad daty o prodeji společnosti X-Trader od 1. října 2009 do 31. října 2010, konkrétně vývoj prodaného množství daného produktu a vývoj prodejní ceny daného produktu.



Obrázek 47 - FIS Editor: PRODUCTtrend

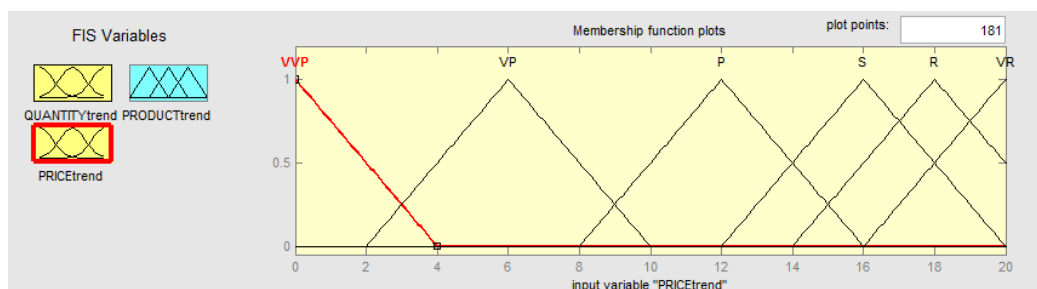
Ve FIS editoru lze tyto parametry sledovat a v případě potřeby editovat. Příkaz `mfeedit('PRODUCTtrend.fis')` umožňuje zobrazení a nastavení funkce členství vstupních proměnných a parametrů výstupu.

Proměnná *QUANTITYtrend* má rozsah vstupů v intervalu $<0; 20>$, šest lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující trend objemu prodeje produktu jako velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace, růst a výrazný růst.



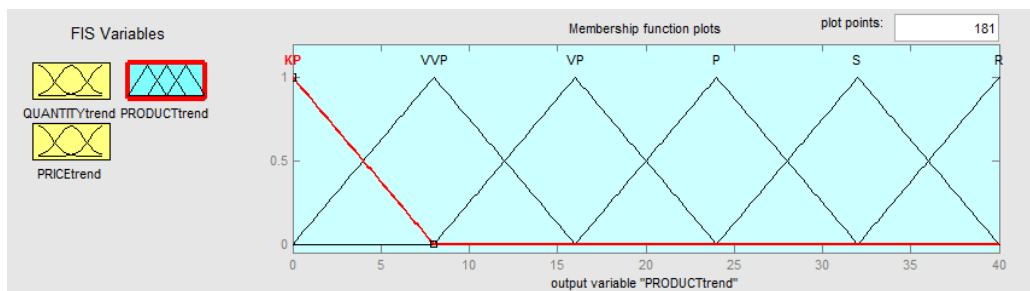
Obrázek 48 - Membership Function Editor: *QUANTITYtrend*

Proměnná *PRICetrend* má rozsah vstupů v intervalu $<0; 20>$, šest lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující trend vývoje prodejní ceny daného produktu jako velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace, růst a výrazný růst.



Obrázek 49 - Membership Function Editor: *PRICetrend*

Výstupní proměnná *PRODUCTtrend* má rozsah hodnot v intervalu $<0; 40>$, šest výstupních lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující celkový trend vývoje produktu (s ohledem na prodané množství a změny prodejní ceny) jako kritický pokles, velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace a růst.

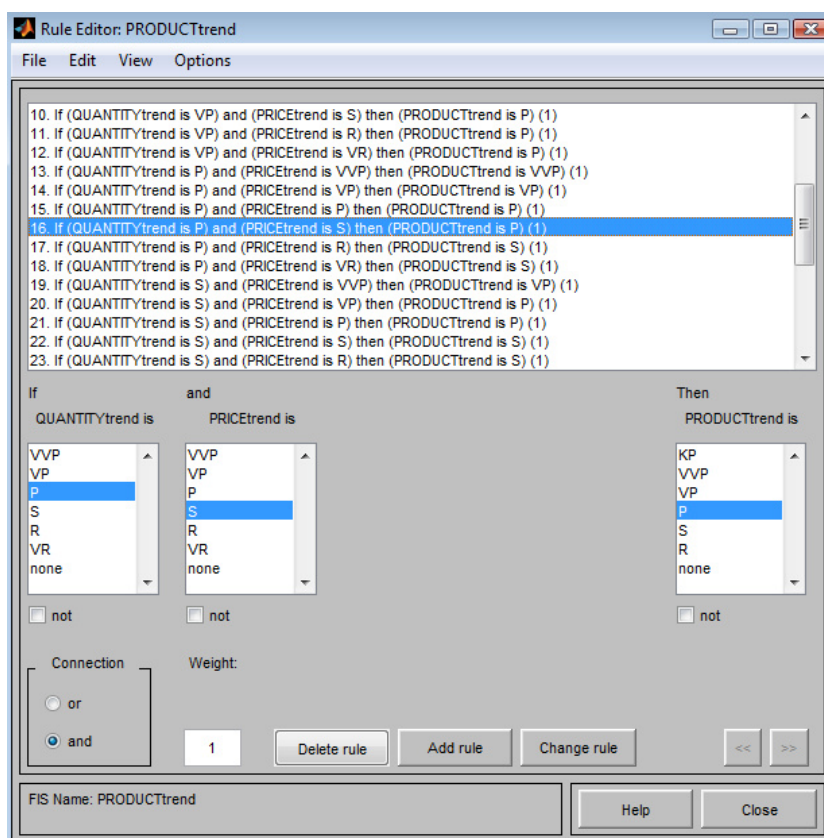


Obrázek 50 - Membership Function Editor: PRODUCTtrend

Příkaz `ruleedit('PRODUCTtrend.fis')` zobrazí a umožní případnou editaci vytvořených fuzzy pravidel modelu.

Pro model *PRODUCTtrend* je nadefinováno 36 pravidel (6*6) jako všechny možné varianty vstupů.

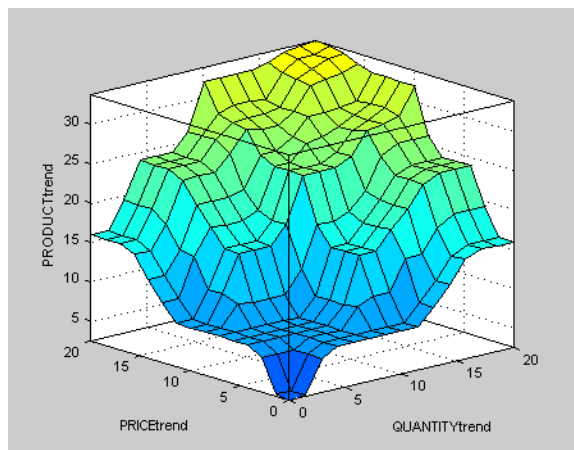
Na základě příslušnosti vstupních hodnot do funkcí členství je pro výstup přiřazena patřičná výstupní lineární funkce.



Obrázek 51 - Rule Editor: PRODUCTtrend

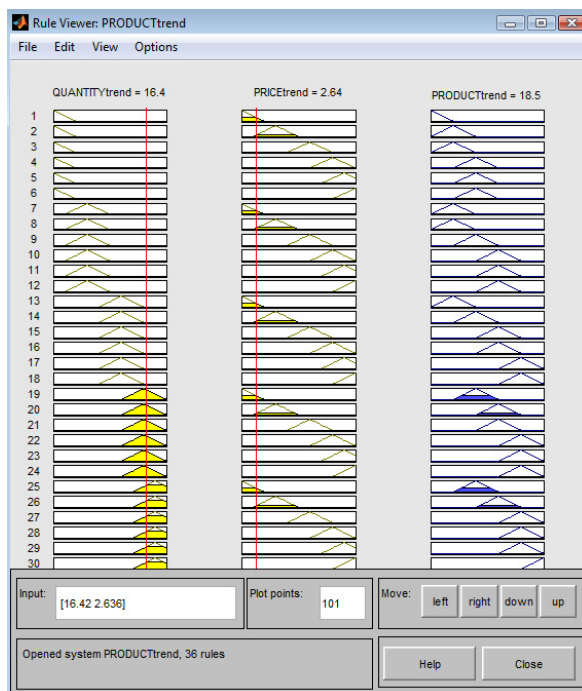
Při hodnotách vstupů *QUANTITYtrend* pokles a *PRICetrend* stagnace je pak výstupem *PRODUCTtrend* pokles.

Příkaz `surfview('PRODUCTtrend.fis')` vygeneruje graf závislostí vstupních proměnných a výstupní proměnné.



Obrázek 52 - Surface Viewer: PRODUCTtrend

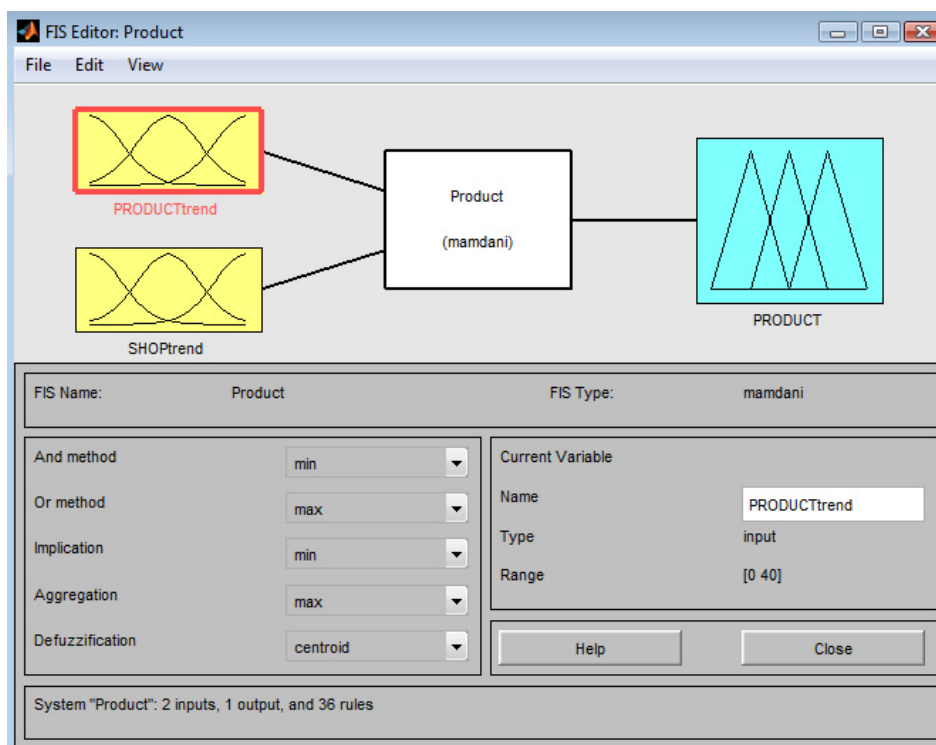
Příkaz `ruleview('PRODUCTtrend.fis')` zobrazí hodnotu výstupu *PRODUCTtrend* pro vstupy *QUANTITYtrend* a *PRICetrend*.



Obrázek 53 - Rule Viewer: PRODUCTtrend

5.4.2 Model PRODUCT

Dalším z dílčích modelů sloužících jako vstupy pro model závěrečného hodnocení produktu je model *PRODUCT*. Parametry modelu byly sestaveny na základě predikce provedené pomocí neuronových sítí nad daty o prodeji společnosti X-Trader od 1. října 2009 do 31. října 2010, konkrétně vývoj prodeje všech produktů poskytovaných společností.

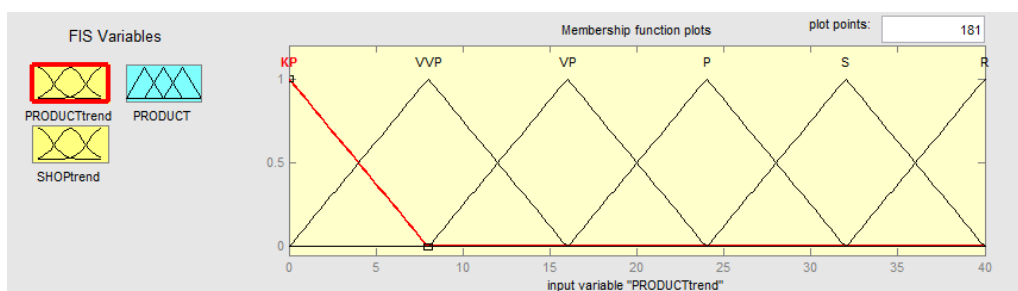


Obrázek 54 - FIS Editor: PRODUCT

Ve FIS editoru lze tyto parametry sledovat a v případě potřeby editovat. Příkaz *mfedit('PRODUCT.fis')* umožňuje zobrazení a nastavení funkce členství vstupních proměnných a parametrů výstupu.

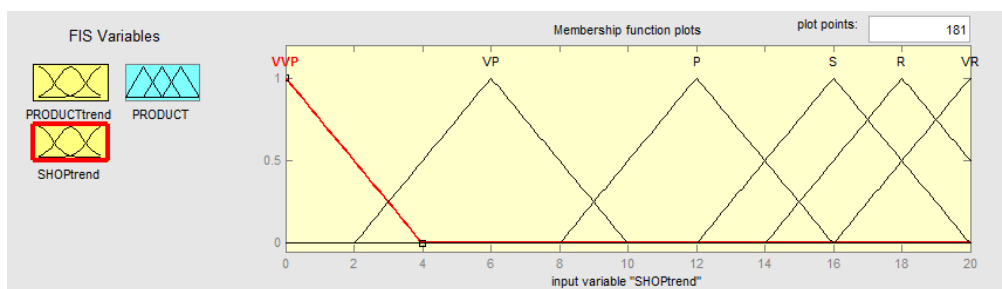
Proměnná *PRODUCTtrend* má rozsah vstupů v intervalu $<0; 40>$, šest lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující celkový trend vývoje produktu (s ohledem na prodané množství a změny prodejní ceny) jako kritický pokles, velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace a růst.

Vstup *PRODUCTtrend* pro model *PRODUCT* je výstupem předchozího modelu *PRODUCTtrend*.



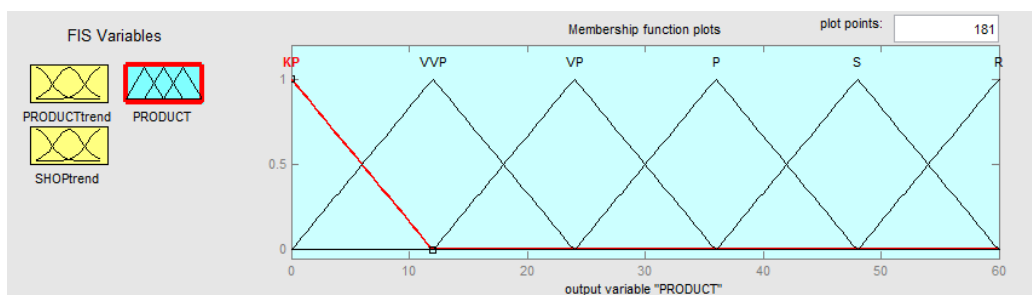
Obrázek 55 - Membership Function Editor: PRODUCTtrend

Proměnná *SHOPtrend* má rozsah vstupů v intervalu $\langle 0; 20 \rangle$, šest lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující trend vývoje prodeje všech produktů poskytovaných společností jako velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace, růst a výrazný růst.



Obrázek 56 - Membership Function Editor: SHOPtrend

Výstupní proměnná *PRODUCT* má rozsah hodnot v intervalu $\langle 0; 60 \rangle$, šest výstupních lineární funkcí (typu *trimf*) popisující celkový trend vývoje produktu (s ohledem na prodané množství a změny prodejní ceny) ve vazbě k vývoji prodejů společnosti za všechny produkty jako kritický pokles, velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace a růst.

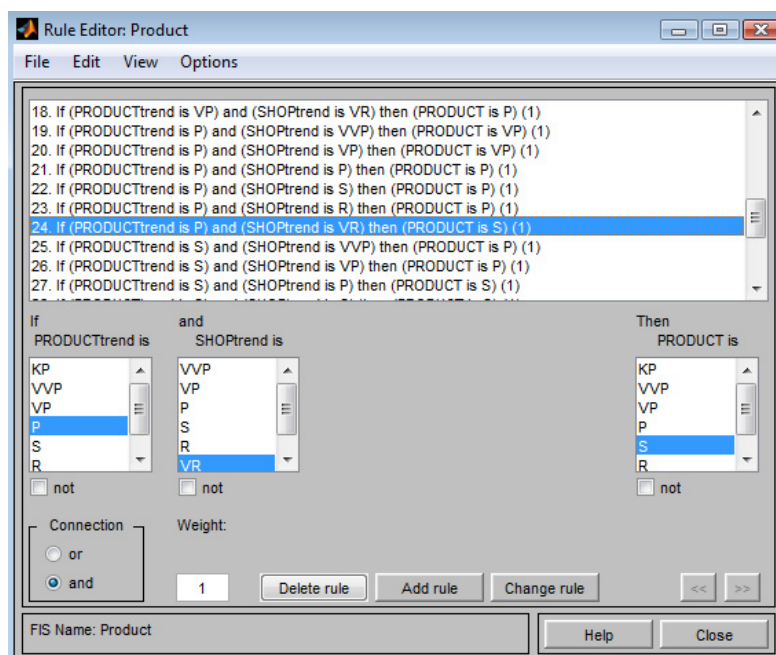


Obrázek 57 - Membership Function Editor: PRODUCT

Příkaz *ruleedit('PRODUCT.fis')* zobrazí a umožní případnou editaci vytvořených fuzzy pravidel modelu.

Pro model *PRODUCT* je nadefinováno 36 pravidel (6*6) jako všechny možné varianty vstupů.

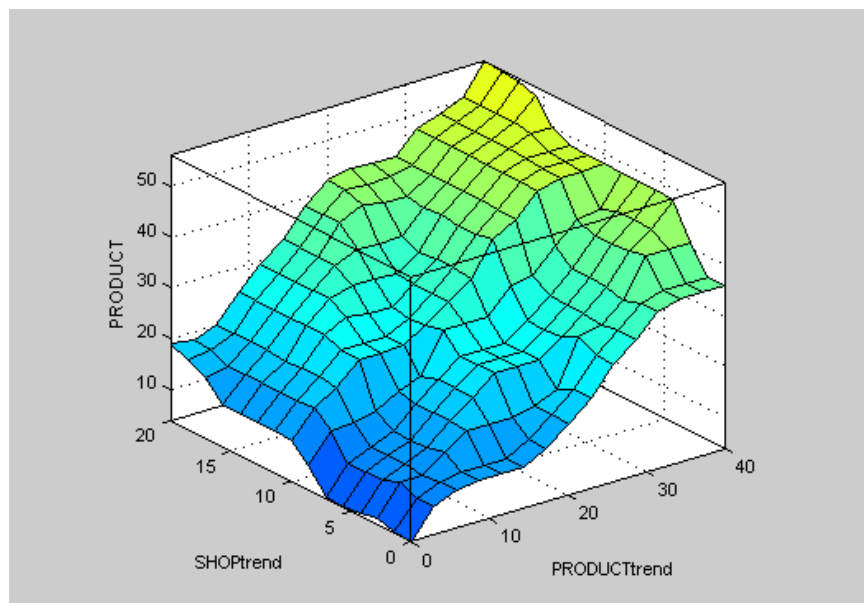
Na základě příslušnosti vstupních hodnot do funkcí členství je pro výstup přiřazena patřičná výstupní lineární funkce.



Obrázek 58 - Rule Editor: PRODUCT

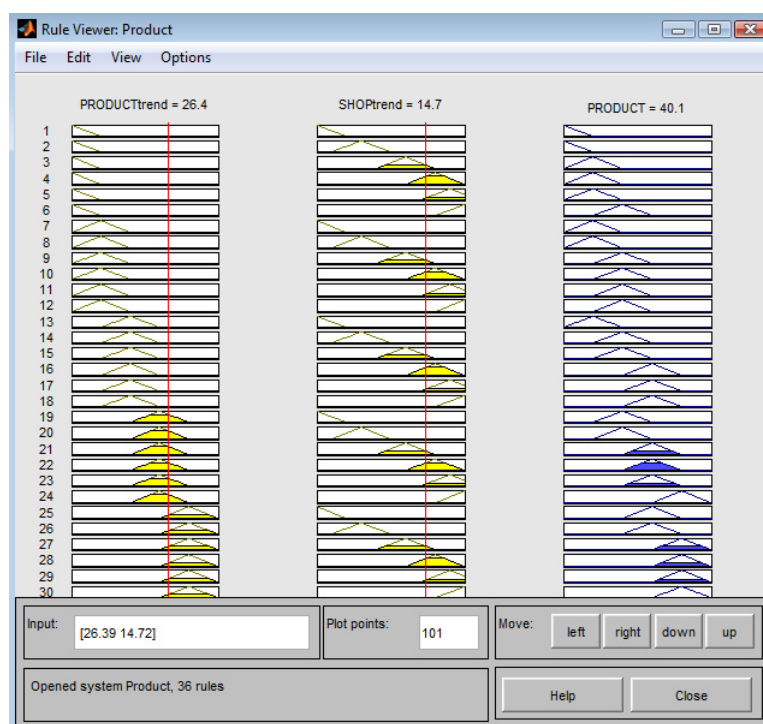
Při hodnotách vstupů *PRODUCTtrend* pokles a *SHOPtrend* výrazný růst je pak výstupem stagnace *PRODUCT*.

Příkaz *surfview('PRODUCT.fis')* vygeneruje graf závislostí vstupních proměnných a výstupní proměnné.



Obrázek 59 - Surface Viewer: PRODUCT

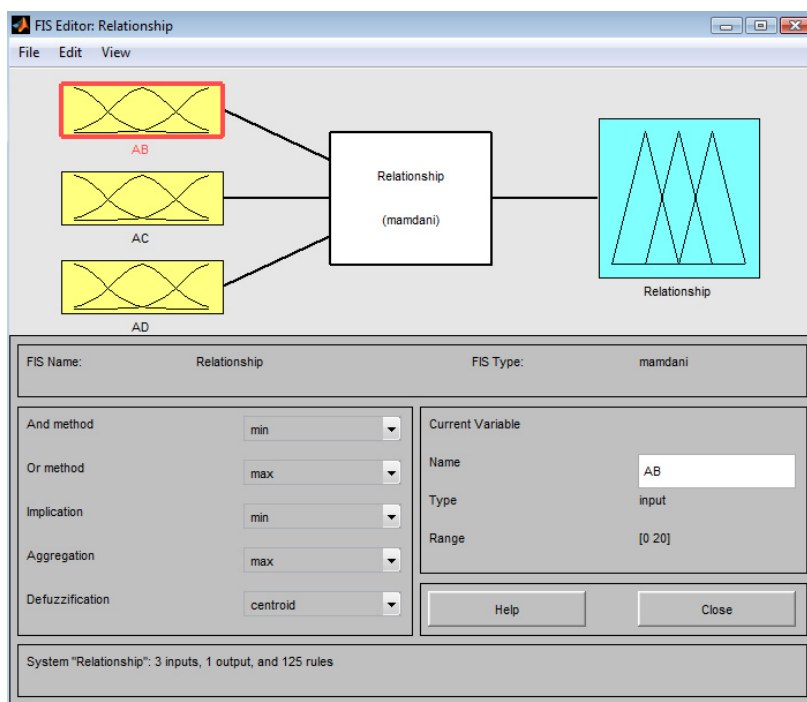
Příkaz `ruleview('PRODUCT.fis')` zobrazí hodnotu výstupu *PRODUCT* pro vstupy *PRODUCTtrend* a *SHOPtrend*.



Obrázek 60 - Rule Viewer: PRODUCT

5.4.3 Model RELATIONSHIP

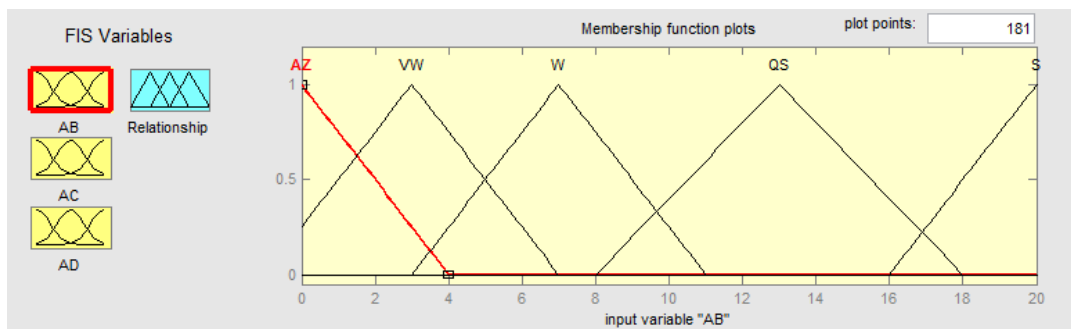
Poslední z modelů sloužících jako vstup pro model závěrečného hodnocení produktu. Parametry modelu byly sestaveny na základě odhalení vazeb (korelace) provedené pomocí neuronových sítí nad daty o prodeji společnosti X-Trader od 1. října 2009 do 31. října 2010, konkrétně vývoj prodeje daného produktu a tří dalších produktů, které jsou s ním nejčastěji fakturovány.



Obrázek 61 - FIS Editor: RELATIONSHIP

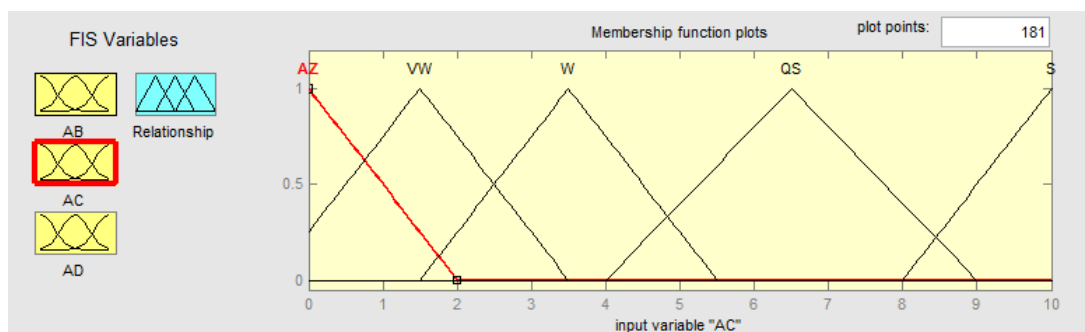
Ve FIS editoru lze tyto parametry sledovat a v případě potřeby editovat. Příkaz `mfedit('RELATIONSHIP.fis')` umožňuje zobrazení a nastavení funkce členství vstupních proměnných a parametrů výstupu.

Proměnná *AB* má rozsah vstupů v intervalu $<0; 20>$, pět lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující vazbu produktu nejvíce prodávaného s hodnoceným jako skoro nulovou, velice slabou, slabou, relativně silnou a silnou.



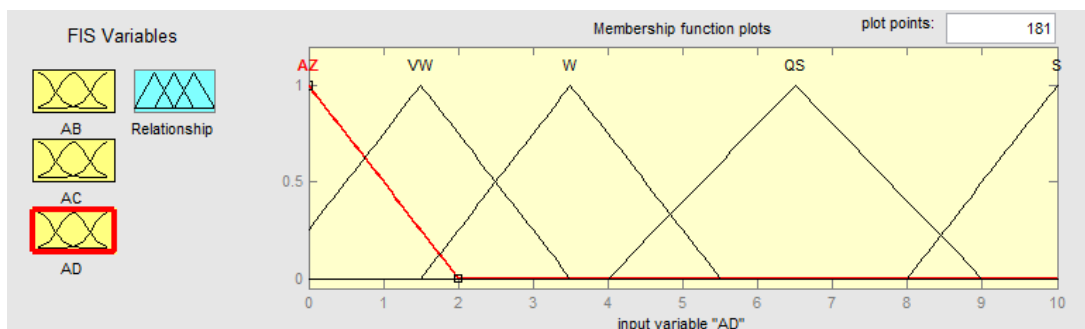
Obrázek 62 - Membership Function Editor: AB

Proměnná AC má rozsah vstupů v intervalu $<0; 10>$, pět lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující vazbu druhého produktu nejvíce prodávaného s hodnoceným jako skoro nulovou, velice slabou, slabou, relativně silnou a silnou.



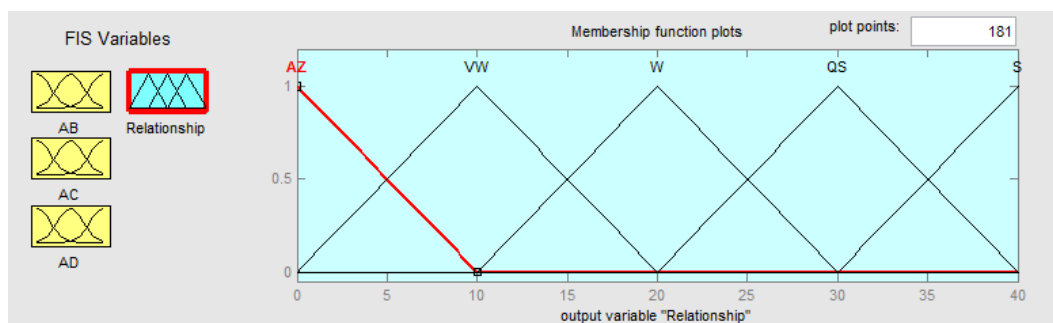
Obrázek 63 - Membership Function Editor: AC

Proměnná AD má rozsah vstupů v intervalu $<0; 10>$, pět lineárních funkcí (typu *trimf*) popisující vazbu třetího produktu nejvíce prodávaného s hodnoceným jako skoro nulovou, velice slabou, slabou, relativně silnou a silnou.



Obrázek 64 - Membership Function Editor: AD

Výstupní proměnná *RELATIONSHIP* má rozsah hodnot v intervalu $<0; 40>$, pět výstupních lineární funkcí (typu *trimf*) popisující celkovou vazbu tří nejvíce prodáváných produktů s hodnoceným jako skoro nulovou, velice slabou, slabou, relativně silnou a silnou.

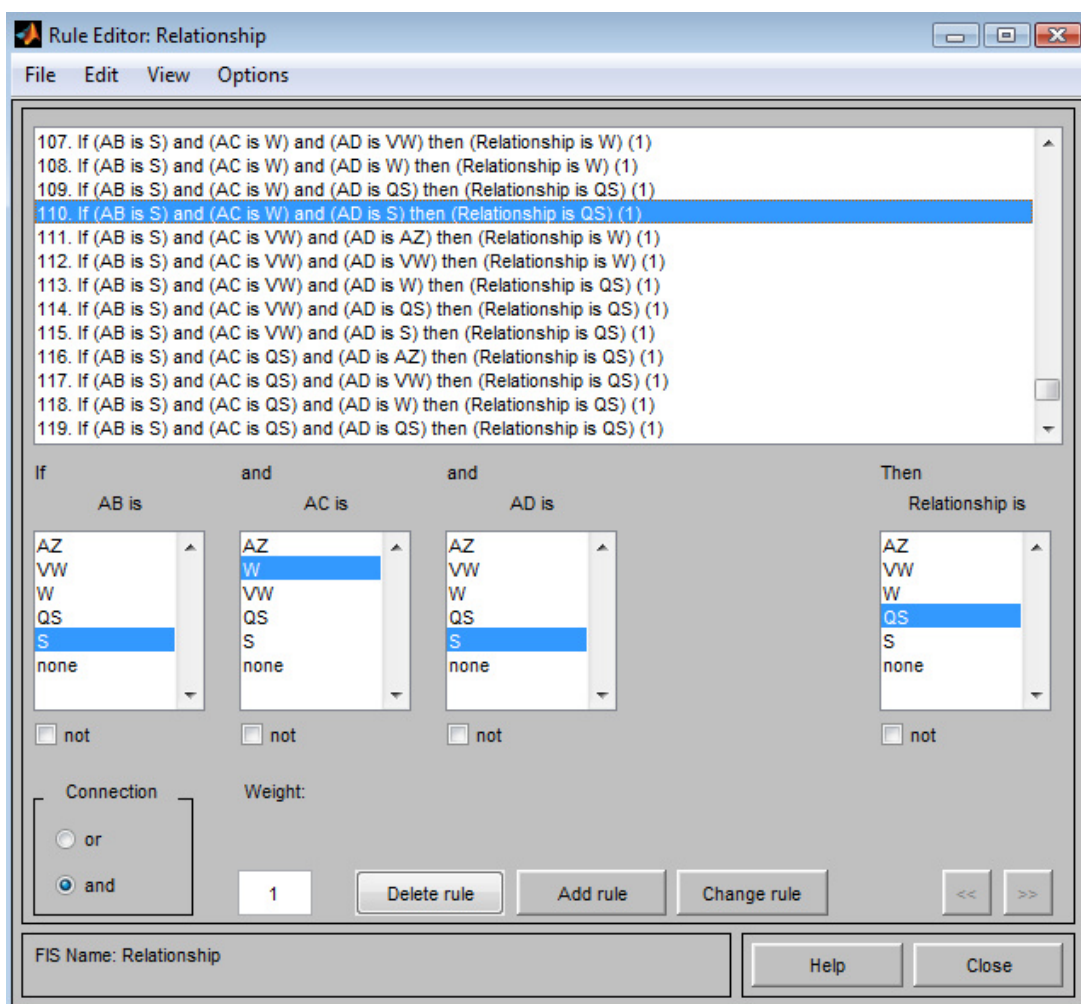


Obrázek 65 - Membership Function Editor: RELATIONSHIP

Příkaz `ruleedit('RELATIONSHIP.fis')` zobrazí a umožní případnou editaci vytvořených fuzzy pravidel modelu.

Pro model *RELATIONSHIP* je nadefinováno 125 pravidel ($5 \times 5 \times 5$) jako všechny možné varianty vstupů.

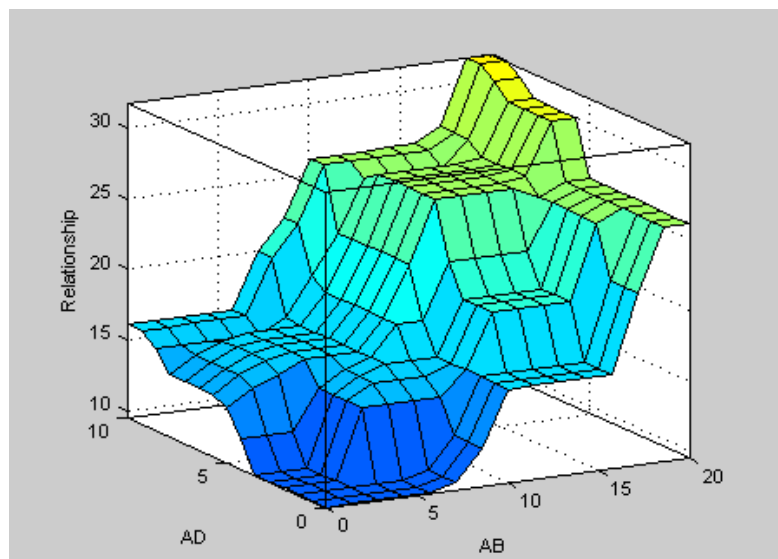
Na základě příslušnosti vstupních hodnot do funkcí členství je pro výstup přiřazena patřičná výstupní lineární funkce.



Obrázek 66 - Rule Editor: RELATIONSHIP

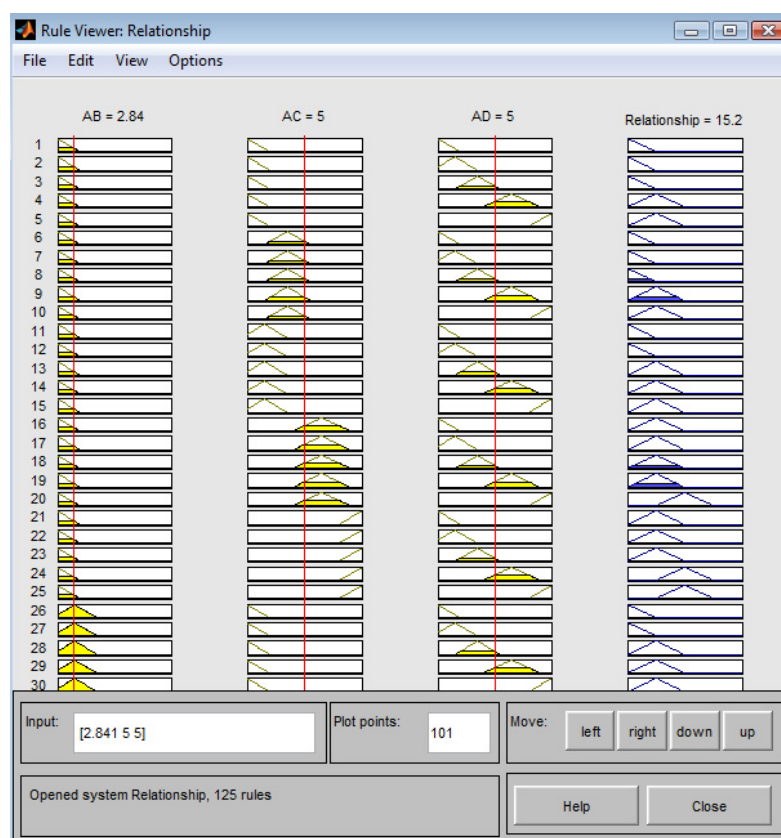
Při hodnotách vstupů *AB* silná, *AC* slabá a *AD* silná je pak výstupem vazba *RELATIONSHIP* relativně silná.

Příkaz `surfview('RELATIONSHIP.fis')` vygeneruje graf závislostí vstupních proměnných a výstupní proměnné.



Obrázek 67 - Surface Viewer: RELATIONSHIP

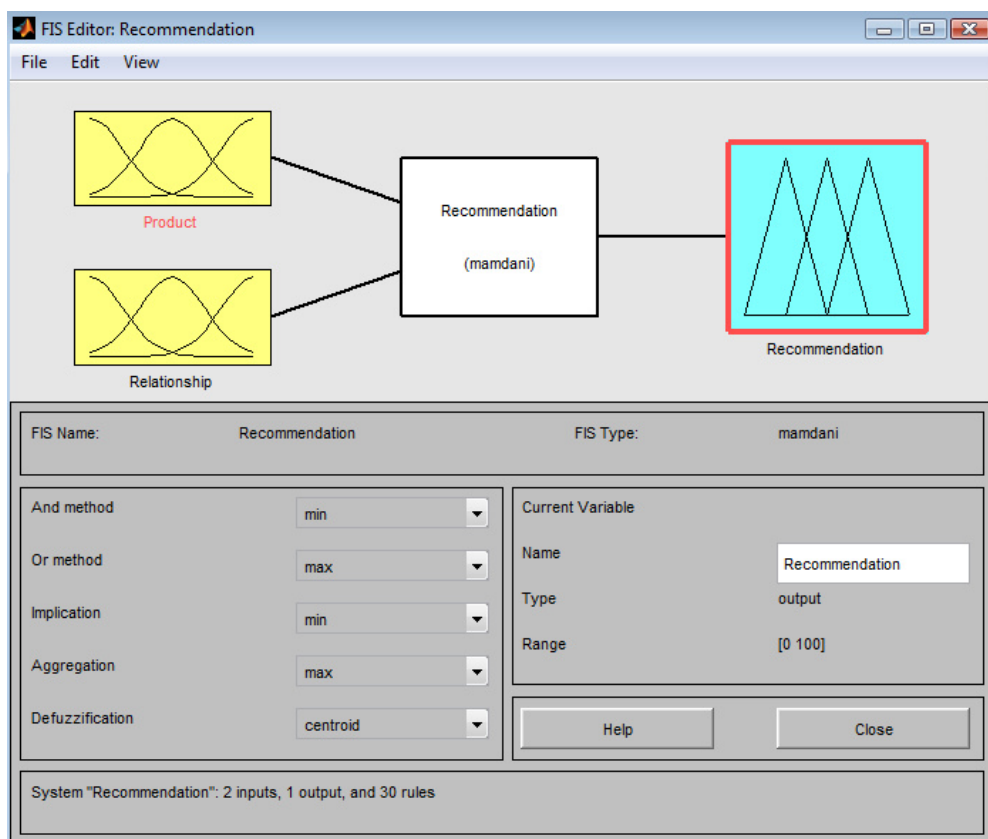
Příkaz `ruleview('RELATIONSHIP_rules.fis')` zobrazí hodnotu výstupu *REALTIONSHIP* pro vstupy *AB*, *AC* a *AD*.



Obrázek 68 - Rule Viewer: RELATIONSHIP

5.4.4 Model RECOMMENDATION

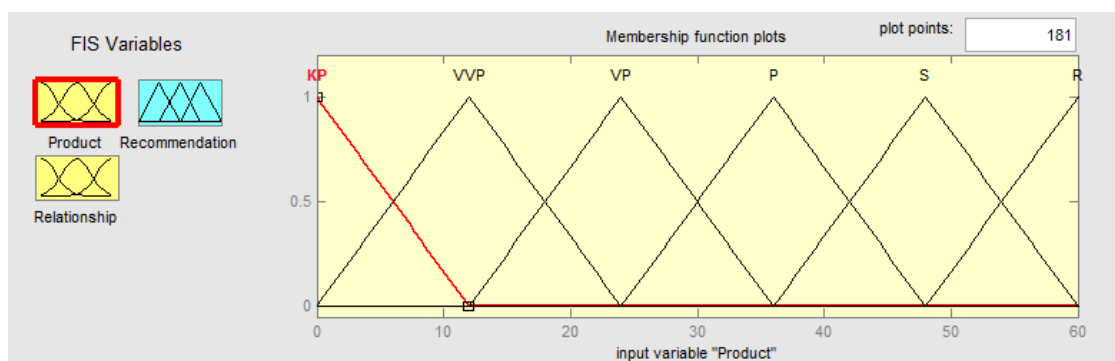
Závěrečný model hodnocení produktu. Parametry modelu byly sestaveny na základě analýz prodaného množství a ceny konkrétního produktu, vývoje zisku společnosti za všechny poskytované produkty a vazby ostatních produktů na hodnocení.



Obrázek 69 - FIS Editor: RECOMMENDATION

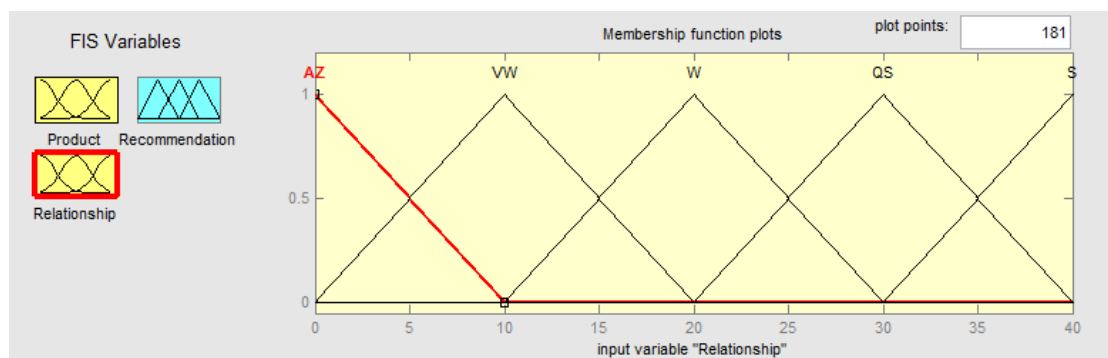
Ve FIS editoru lze tyto parametry sledovat a v případě potřeby editovat. Příkaz `mfedit('RECOMMENDATION.fis')` umožňuje zobrazení a nastavení funkce členství vstupních proměnných a parametrů výstupu.

Proměnná *PRODUCT* má rozsah hodnot v intervalu $<0; 60>$, šest výstupních lineární funkcí (typu *trimf*) popisující celkový trend vývoje produktu (s ohledem na prodané množství a změny prodejní ceny) ve vazbě k vývoji prodeje společnosti za všechny produkty jako kritický pokles, velmi výrazný pokles, výrazný pokles, pokles, stagnace a růst.



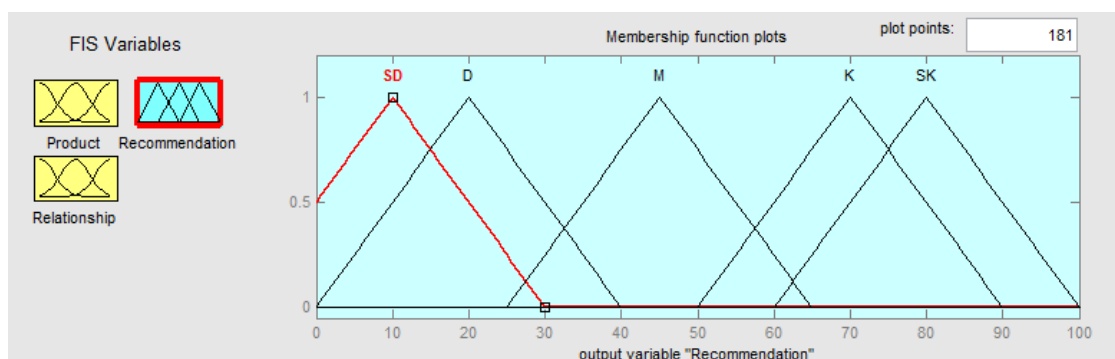
Obrázek 70 - Membership Function Editor: PRODUCT

Proměnná *RELATIONSHIP* má rozsah vstupů v intervalu $\langle 0; 40 \rangle$, pět výstupních lineární funkcí (typu *trimf*) popisující celkovou vazbu tří nejvíce prodávaných produktů s hodnocením jako skoro nulovou, velice slabou, slabou, relativně silnou a silnou



Obrázek 71 - Membership Function Editor: RELATIONSHIP

Výstupní proměnná *RECOMMENDATION* má rozsah hodnot v intervalu $\langle 0; 100 \rangle$, pět výstupních lineární funkcí (typu *trimf*) popisující doporučení produkt důrazně vyřadit (v případě špatného hodnocení produktu a téměř nulových vazeb ostatních produktů na hodnocený), vyřadit (v případě špatného hodnocení produktu a slabých vazeb ostatních produktů na hodnocený), monitorovat (v případě nejednoznačných výsledků), ponechat (v případě dobrého hodnocení produktu nebo silných vazeb ostatních produktů na hodnocený) a důrazně ponechat (v případě dobrého hodnocení produktu a silných vazeb ostatních produktů na hodnocený).

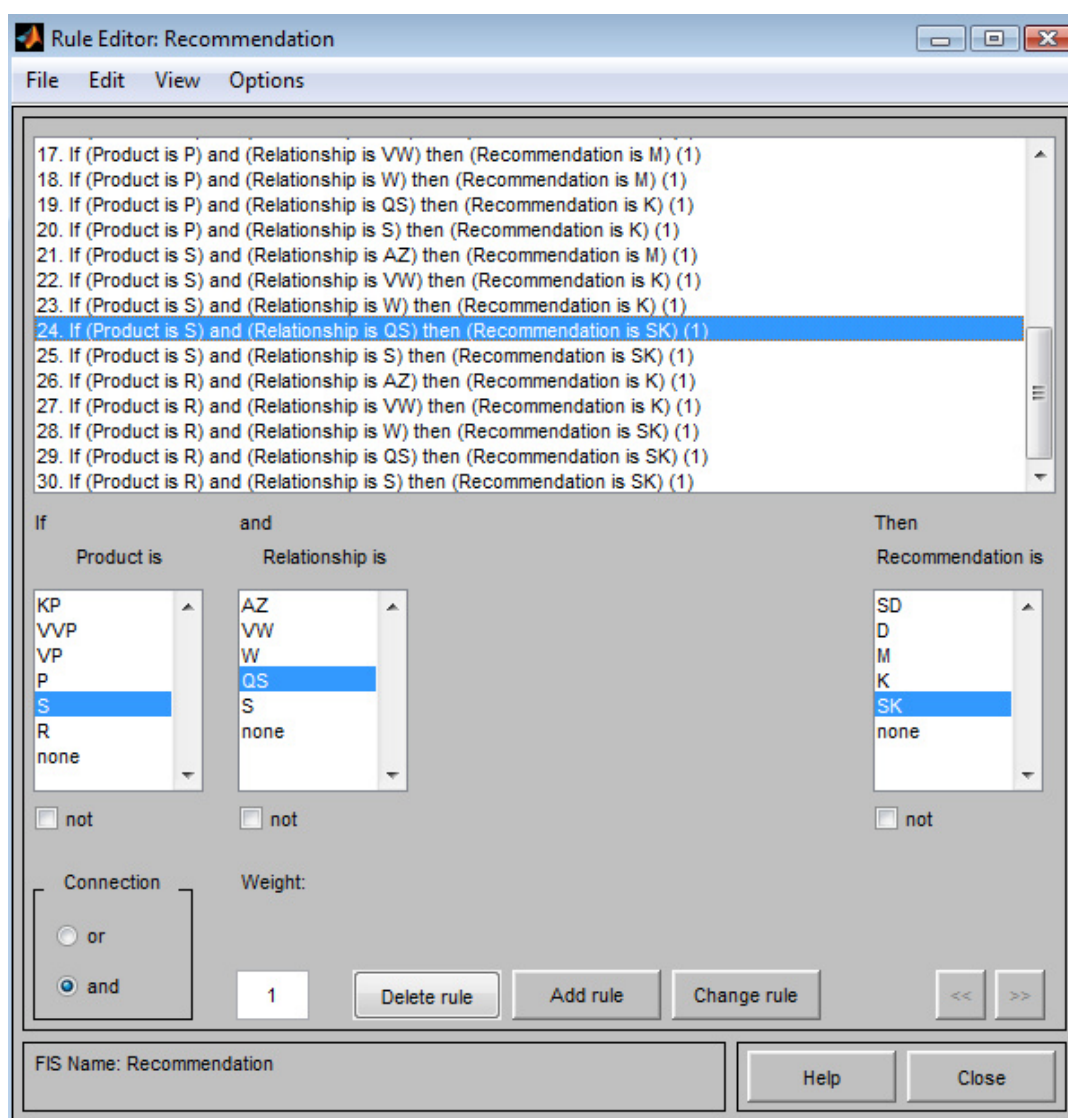


Obrázek 72 - Membership Function Editor: RECOMMENDATION

Příkaz `ruleedit('RECOMMENDATION.fis')` zobrazí a umožní případnou editaci vytvořených fuzzy pravidel modelu.

Pro model *RECOMMENDATION* je nadefinováno 30 pravidel (6*5) jako všechny možné varianty vstupů.

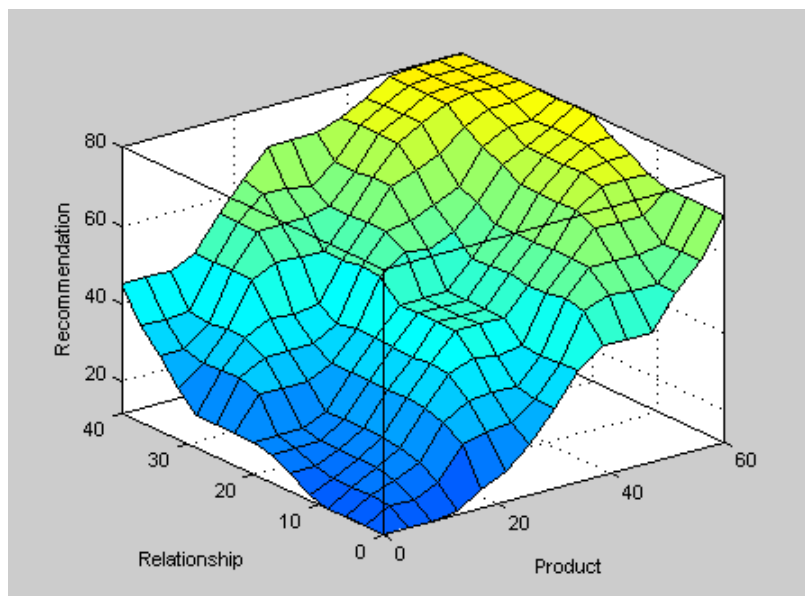
Na základě příslušnosti vstupních hodnot do funkcí členství je pro výstup přiřazena patřičná výstupní lineární funkce.



Obrázek 73 - Rule Editor: RECOMMENDATION

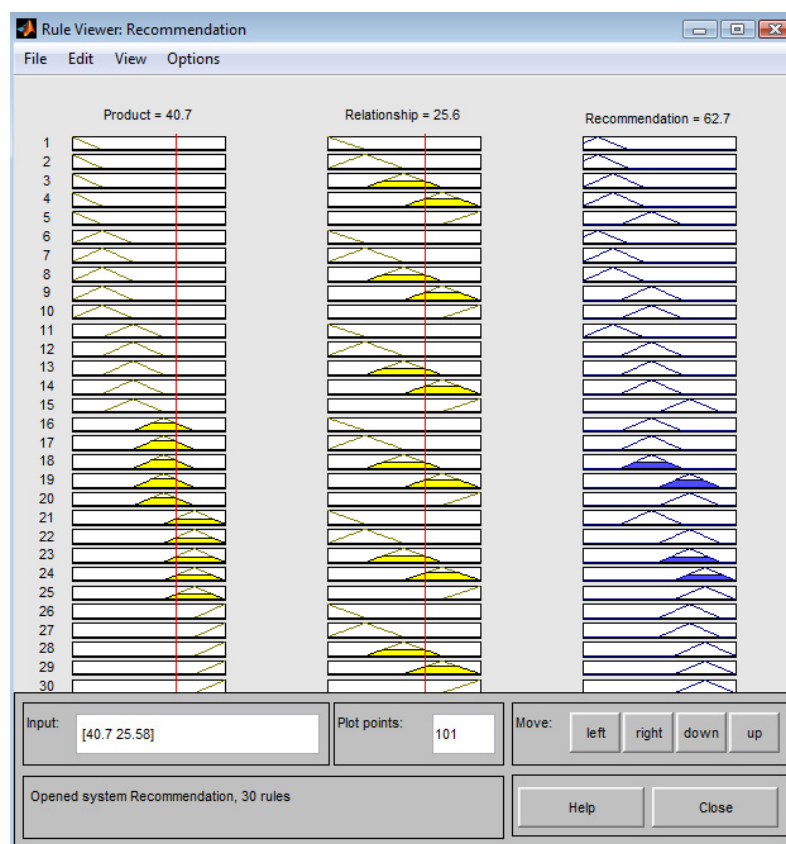
Při hodnotách vstupů *PRODUCT* stagnace a *RELATIONSHIP* relativně silná je pak výstupem *RECOMMENDATION* silné doporučení daný produkt v portfoliu ponechat.

Příkaz `surfview('RECOMMENDATION.fis')` vygeneruje graf závislostí vstupních proměnných a výstupní proměnné.



Obrázek 74 - Surface Viewer: RECOMMENDATION

Příkaz `ruleview('RECOMMENDATION.fis')` zobrazí hodnotu výstupu *RECOMMENDATION* pro vstupy *PRODUCT* a *RELATIONSHIP*.



Obrázek 75 - Rule Viewer: RECOMMENDATION

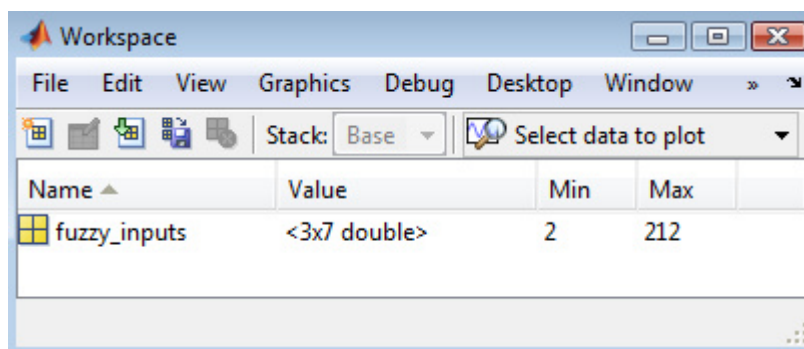
5.5 Propojení dílčích modelů

Propojení dílčích modelů *PRODUCTtrend.fis*, *PRODUCT.fis* a *RELATIONSHIP.fis* zprostředkovává M-soubor *FUZZY_CONN_GRAPH.m*.

Jeho funkcí je postupné načtení hodnot jednotlivých vstupů z datového souboru *fuzzy_inputs* v MATLAB Workspace, načtení parametrů dílčích fuzzy modelů, postupné dosazování jednotlivých vstupů do modelů, uložení výstupních hodnot modelů do výstupní matice a následné uložení výstupní matice datového souboru *FUZZY_OUTPUTS.xls*.

5.6 Načtení dat

Probíhá prostřednictvím příkazu *uiimport* nad souborem *FUZZY_INPUTS.xls*. Proměnná ukládaná do MATLAB Workspace nese název *fuzzy_inputs*.



Obrázek 76 - MATLAB Workspace: Načtení vstupů Fuzzy Logic

5.7 Hodnocení produktu

Následující část M-Souboru *FUZZY_CONN_GRAPH.m* načítá parametry fuzzy modelů, postupně dosazuje hodnoty vstupních proměnných a vypočítává hodnocení.

Hodnocení produktu je uloženo do výstupní matice *product_evaluation*.

```
g=num2cell(fuzzy_inputs);  
  
size_of_matrix=size(g);  
number_of_rows=size_of_matrix(1);  
product_evaluation=[];
```

```

IDproduct=g(:,1);

for f=1:number_of_rows

    QUANTITYtrend=g{f,2};
    PRICETrend=g{f,3};
    SHOPtrend=g{f,4};
    AB=g{f,5};
    AC=g{f,6};
    AD=g{f,7};

    product_trend = readfis('PRODUCTtrend.fis');
    product=readfis('PRODUCT.fis');
    relationship=readfis('RELATIONSHIP.fis');

    recommendation=readfis('RECOMMENDATION.fis');

    input_product_trend = [QUANTITYtrend PRICETrend];
    output_product_trend=evalfis(input_product_trend, product_trend);

    input_product=[output_product_trend SHOPtrend];
    output_product=evalfis(input_product, product);

    input_relationship=[AB AC AD];
    output_relationship=evalfis(input_relationship, relationship);

    input_recommendation=[output_product output_relationship];
    output_recommendation=evalfis([output_product
    output_relationship], recommendation);

    output=[num2cell(output_product_trend) output_product
    output_relationship output_recommendation];

    temp=product_evaluation;
    product_evaluation=[temp; output];

end

```

Kód 7 - MATLAB - Fuzzy Logic: Propojení modelů

Příkaz *num2cell* převede hodnoty matice z datového typu *double* na *cell*. Dalším krokem je pak určení velikosti matice *g*, kde se zjišťuje počet řádků za účelem odhalení, kolikrát bude provedeno hodnocení na základě počtu hodnocených produktů.

Do vektoru **IDproduct** se načte první sloupec z matice **g** obsahující identifikační číslo produktu.

Cyklus *for f=1:number_of_rows* prochází postupně od prvního řádku matice **g** po poslední řádek obsahující hodnotu.

Příkaz *readfis* načítá do proměnných **product_trend**, **product** a **relationship** parametry jednotlivých dílčích fuzzy modelů *PRODUCTtrend.fis*, *PRODUCT.fis* a *RELATIONSHIP.fis*. Dále načítá do proměnné **recommendation** parametry pro závěrečné hodnocení produktu *RECOMMENDATION.fis* získané z dílčích modelů.

Do vektorů **input_product_trend**, **input_product** a **input_relationship** se načítají hodnoty z aktuálně zpracovávaného řádku matice **g**, a to konkrétně sloupec 2 (QUANTITYtrend) a 3 (PRICEtrend) pro model *PRODUCTtrend.fis*, sloupec 4 (SHOPtrend) a výstup dílčího modelu *PRODUCTtrend* (**product_trend_output**) pro model *PRODUCT*, 5 (AB), 6 (AC) a 7 (AD) pro model *RELATIONSHIP.fis*.

Příkaz *evalfis* dosadí vstupní proměnné do daného FIS souboru a výstupní hodnotu přiřadí do proměnné **output_product_trend**, **output_product** a **output_relationship**. Tyto tři proměnné se posléze dosazují jako vstupní proměnné do FIS souboru sloužícího pro celkové hodnocení produktu **input_recommendation**.

Do vektoru **output** jsou ukládány proměnné **output_product_trend**, **output_product**, **output_relationship** a **output_recommendation**. Hodnoty jsou převáděny pomocí příkazu *num2cell* na *cellarray*.

5.8 Grafická prezentace výsledků

Následující část M-Souboru *FUZZY_CONN_GRAPH.m* umožňuje zobrazit hodnocení produktů graficky, a to v podobě čtyř sloupcových grafů, pro každý dílčí fuzzy model a model závěrečný.

```
data_1=product_evaluation(:,4);
data_2=product_evaluation(:,1);
data_3=product_evaluation(:,2);
data_4=product_evaluation(:,3);

size_of_matrix=size(data_1);
number_of_rows=size_of_matrix(1);
```

```

vector_1 = [];
vector_2 = [];
vector_3 = [];
vector_4 = [];

for f=1:number_of_rows

    temp=vector_1;
    vector_1=[temp data_1{f}];
    temp=vector_2;
    vector_2=[temp data_2{f}];
    temp=vector_3;
    vector_3=[temp data_3{f}];
    temp=vector_4;
    vector_4=[temp data_4{f}];

end

vector_1_length = length(vector_1);
vector_2_length = length(vector_2);
vector_3_length = length(vector_3);
vector_4_length = length(vector_4);

vector_1_max = max(vector_1);
vector_2_max = max(vector_2);
vector_3_max = max(vector_3);
vector_4_max = max(vector_4);

vector_1_min = min(vector_1);
vector_2_min = min(vector_2);
vector_3_min = min(vector_3);
vector_4_min = min(vector_4);

subplot(2,2,1)
bar(vector_1, 'r', 'LineWidth', 2), xlabel('IDPRODUCT'),
ylabel('RECOMMENDATION'), set(gca, 'XLimMode', 'auto',
'XTickLabel', IDproduct);
axis([0 vector_1_length+1 vector_1_min-5 vector_1_max+5]);

subplot(2,2,2)
bar(vector_2, 'g', 'LineWidth', 2), xlabel('IDPRODUCT'),
ylabel('PRODUCTtrend'), set(gca, 'XLimMode', 'auto',
'XTickLabel', IDproduct);
axis([0 vector_2_length+1 vector_2_min-5 vector_2_max+5]);

subplot(2,2,3)
bar(vector_3, 'b', 'LineWidth', 2), xlabel('IDPRODUCT'),
ylabel('PRODUCT'), set(gca, 'XLimMode', 'auto', 'XTickLabel',
IDproduct);
axis([0 vector_3_length+1 vector_3_min-5 vector_3_max+5]);

```

```
subplot(2,2,4)

bar(vector_4, 'y', 'LineWidth', 2), xlabel('IDPRODUCT'),
ylabel('RELATIONSHIP'), set(gca, 'XLimMode', 'auto',
'XTickLabel', IDproduct);

axis([0 vector_4_length+1 vector_4_min-5 vector_4_max+5]);
```

Kód 8 - MATLAB - Fuzzy Logic: Grafické zobrazení hodnocení

Vektory *data_1*, *data_2*, *data_3* a *data_4* rozdělují matici *product_evaluation* na příslušné sloupce obsahující výstupy modelů.

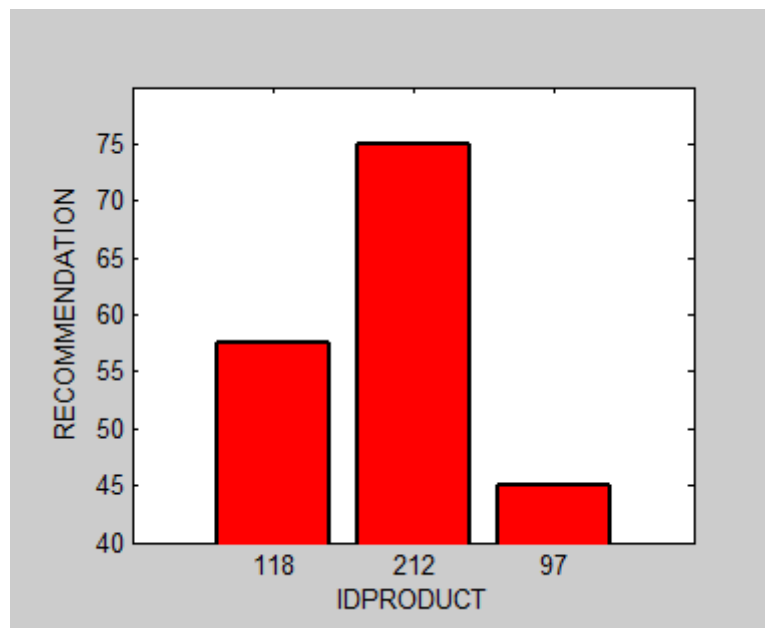
Vektory *vector_1*, *vector_2*, *vector_3* a *vector_4* obsahují hodnoty vyhodnocení jednotlivých fuzzy modelů pro vynesení do grafu.

Příkaz *subplot* rozděljuje kreslící plochu na více částí. První parametr příkazu určuje počet řádků, druhý parametr počet sloupců a třetí parametr pak umístění grafu. Konkrétně pro *subplot(2,2,1)* bude kreslící plocha rozdělena na čtyři části a výsledný graf bude umístěn na první pozici, tzn. vlevo nahoře.

Příkaz *bar* vygeneruje sloupcová grafy hodnot vektorů *vector_1*, *vector_2*, *vector_3* a *vector_4*.

Příkazy *xlabel* a *ylabel* pojmenují osy grafu. Příkaz *set* s parametrem *'XTickLabel'* pojmenuje hodnoty na ose x identifikačními čísly produktů. Parametry *'r'*, *'g'*, *'b'* a *'y'* určují barvu výplně sloupců u grafu. Parametry *'XLimMode'* a *'auto'* nastaví automatické popisování hodnot na ose x podle množiny dat pro *'XTickLabel'*.

Příkazy *axis* souvisejí s příkazy *vector_lenght*, *vector_min* a *vector_max*. Jejich účelem je zjistit minimální a maximální dosažené hodnocení produktů v daném modelu (*RECOMMENDATION*, *PRODUCTtrend*, *PRODUCT* a *RELATIONSHIP*) a na jejich základě upravit osu y tak, aby byla vykreslována v rozsahu +/- 5 od nejnižší do nejvyšší dosažené hodnoty produktu pro daný graf. Tato grafická prezentace umožní lepší orientaci mezi rozdílnými výsledky produktů.



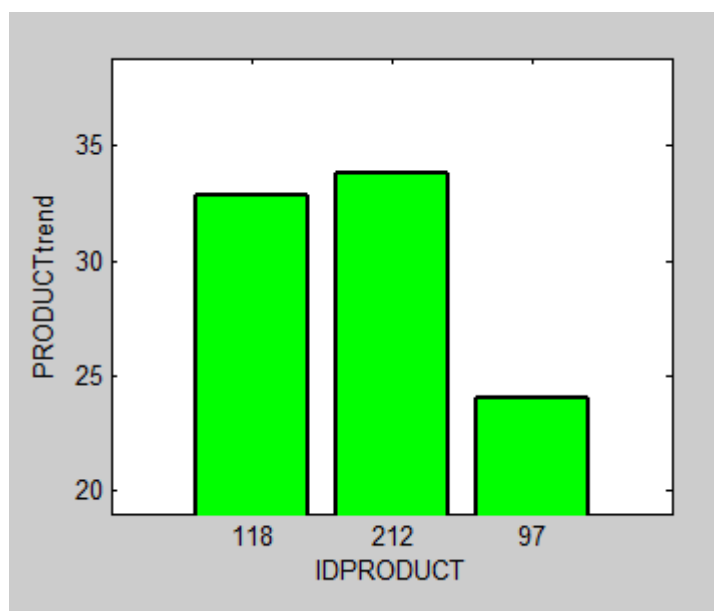
Graf 4 - Figure: Doporučení

Z prvního vygenerovaného grafu celkového hodnocení produktu zjištěné propojením výše zmíněných modelů (*RECOMMENDATION*) lze vyčíst doporučení jak s hodnocenými produkty dále nakládat.

Produkt č. 118 získal hodnocení 57,5 bodů a zapadl do kategorie dále monitorovat. Hodnocení je však poměrně vysoké a proto lze očekávat, že po dalším sledování bude doporučeno produkt v sortimentu ponechat.

Produkt č. 212 získal hodnocení 75 bodů a zapadl do kategorie ponechat až důrazně ponechat v sortimentu společnosti. Hodnocení je velmi vysoké a proto lze prohlásit, že se jedná o jeden z nosných produktů portfolia.

Produkt č. 97 získal hodnocení pouze 45 bodů a zapadl do kategorie dále monitorovat, jelikož na základě sledovaných kritérií nelze jednoznačně rozhodnout o jeho ponechání či vyřazení. Hodnocení je však poměrně nízké a lze proto očekávat, že pokud nedojde k výraznější změně, bude doporučeno produkt ze sortimentu společnosti vyřadit.

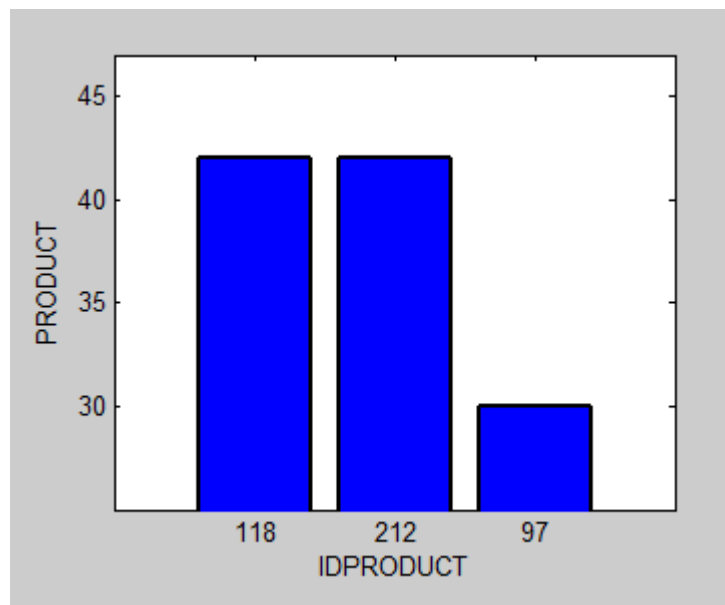


Graf 5 - Figure: Vyhodnocení PRODUCTtrend

Z druhého vygenerovaného grafu (*PRODUCTtrend*) lze vyčíst hodnocení objemu prodeje a vývoje prodejní ceny sledovaných produktů.

Produkt č. 118 získal hodnocení 32,82 bodů, produkt č. 212 získal hodnocení 33,82 bodů a zapadly tak na hranici kategorií stagnace a růst. Hodnocení je poměrně vysoké a proto lze očekávat, že pokud ukazatel *SHOPtrend* nevykáže výrazný růst, bude celkové hodnocení ukazatele *PRODUCT* příznivé.

Produkt č. 97 získal hodnocení pouze 24 bodů a zapadl na hranici kategorií výrazný pokles a pokles. Hodnocení je poměrně negativní a proto lze očekávat, že pokud ukazatel *SHOPtrend* nevykáže výrazný růst, bude celkové hodnocení ukazatele *PRODUCT* přinejlepším průměrné a bude velmi záležet na vazbách ostatních produktů prodáváných společně s č. 97.



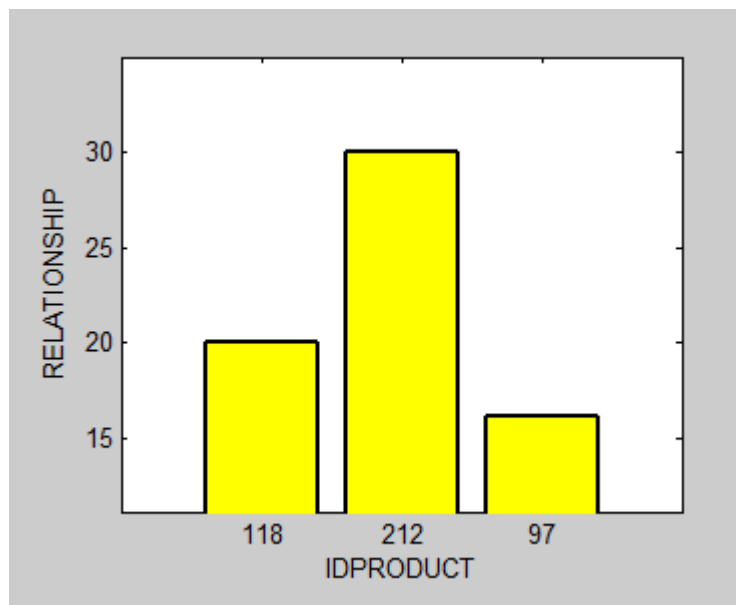
Graf 6 - Figure: Vyhodnocení PRODUCT

Z třetího vygenerovaného grafu (*PRODUCT*) lze vyčíst hodnocení objemu prodeje a vývoje prodejní ceny sledovaných produktů postavenému proti vývoji prodejů společnosti jako celku (ukazatel *SHOPtrend*).

Produkty č. 118 a č. 212 získaly shodné hodnocení 42 bodů a zapadly tak na hranici kategorií pokles a stagnace. Tento výsledek byl zapříčiněn ukazatelem *SHOPtrend*, který také vykazuje mírný pokles.

Produkt č. 97 získal hodnocení pouze 30 bodů a zapadl na hranici kategorií výrazný pokles a pokles. Tento výsledek byl zapříčiněn ukazatelem *SHOPtrend*, který také vykazuje mírný pokles.

V případě, že by ukazatel *SHOPtrend* dosáhl výrazného poklesu, budou sledované produkty hodnoceny pozitivněji a naopak. Toto vyplývá z úvahy, že je-li predikce pro podnik výrazný růst, produkty dosahující stagnace či poklesu jsou vlastně vzhledem k ostatním pro podnik přítěží. Naopak v těžké situaci společnosti je stagnující produkt vlastně ve srovnání s ostatními úspěšný.



Graf 7 - Figure: Vyhodnocení RELATIONSHIP

Z posledního vygenerovaného grafu (*RELATIONSHIP*) lze vyčíst vazby tří nejvíce prodávaných produktů spolu s hodnocenými a vliv vyřazení hodnocených na jejich další vývoj.

Produkt č. 118 získal hodnocení 20 bodů a zapadl do kategorie slabých vazeb, což značí, že vyřadí-li společnost tento produkt z nabízeného sortimentu, bude dopad na zbytek prodejů relativně malý.

Produkt č. 212 získal hodnocení 30 bodů a zapadl do kategorie relativně silných vazeb. Vyřadí-li společnost tento produkt z nabízeného sortimentu, s vysokou pravděpodobností zaznamená výraznější pokles prodejů dalších produktů.

Produkt č. 97 získal hodnocení pouze 16,14 bodů a zapadl do kategorie velmi slabých vazeb. Jeho vyřazení ze sortimentu by tedy mělo mít zanedbatelný dopad na prodeje dalších produktů.

5.9 Uložení výstupů

Matice ***product_evaluation*** obsahující výstupy jednotlivých fuzzy modelů se sloučí s vektorem ***IDproduct*** identifikujícím jednotlivé produkty a uloží se do matice ***recommendation***, která je následně uložena do datového souboru.

```

recommendation=[IDproduct product_evaluation];

xlswrite('FUZZY_OUTPUTS.xls', recommendation, 'List1', 'A2');

```

Kód 9 - MATLAB - Fuzzy Logic: Uložení hodnocení

Příkaz `xlswrite` zapíše hodnoty matice ***recommendation*** do souboru FUZZY_OUTPUTS.xls, Listu1 a to od druhého řádku sloupce A (řádek 1 je určen pro identifikaci sloupců tabulky).

Tabulka 10 – RECOMMENDATION: Uložení výstupů

	A	B	C	D	E
1	ID_PRODUCT	PRODUCTtrend	PRODUCT	RELATIONSHIP	RECOMMENDATION
2	118	32,82	42,00	20,00	57,50
3	212	33,82	42,00	30,00	75,00
4	97	24,00	30,00	16,14	45,00

Výsledky fuzzy modelů jsou uloženy do sešitu MS Excel pro další možné zpracování či grafickou úpravu v tomto rozšířeném prostředí.

6 PŘÍNOSY NÁVRHU ŘEŠENÍ

Sestavený model je schopen objektivně zpracovat data o prodeji produktů společnosti, pomocí umělých neuronových sítí predikovat budoucí vývoj a na jeho základě prostřednictvím aplikace fuzzy logiky poskytnout doporučení, jak s hodnoceným produktem naložit.

Mezi hlavní výhody tohoto řešení patří automatizace hodnocení a možnost propojení se současným informačním systémem společnosti, což značně redukuje potřebu času pracovníka společnosti zodpovědného za optimalizaci sortimentu.

Další výhodou je pak fakt, že v první fázi je aplikace nastavena tak, aby nedocházelo k mylnému vyhodnocení produktů v období zavádění aplikace. To znamená, že je poměrně široké spektrum produktů vyhodnoceno k dalšímu monitorování a pouze produkty, které mají velice špatné nebo dobré charakteristiky jsou hodnoceny pro vyřazení nebo ponechání. Tohoto lze velmi dobře využít při prvním hodnocení sortimentu, kdy dojde k vyloučení produktů s nejnižšími hodnotami požadovaných kritérií. Ve fázi zralosti aplikace bude docházet k zúžení sortimentu doporučovaného k monitorování a kategoričtějšimu hodnocení produktů.

Aplikace je dále navržena takovým způsobem, aby bylo možné úspěšně využít i její jednotlivé části, tzn. modely *PRODUCTtrend*, *PRODUCT* i *RELATIONSHIP* samostatně.

Také je možno využít pouze historických hodnot z databáze společnosti jako vstupů do modelů hodnocení. Není tudíž nutno využívat umělé neuronové sítě k predikci budoucího vývoje, ačkoli tuto variantu nemohu obecně doporučit.

Další možností je manuální nastavení vágního vstupu v případě, kdy má společnost zákulisní informace o prudkém výkyvu oproti současnému trendu.

Posledním výstupem aplikace je pak grafická prezentace celkového hodnocení, ale i dílčích hodnocení produktu. Dále potom uložení výsledků například do rozšířeného a populárního prostředí MS Excel.

Využitím aplikace společnost získá subjektivně nezkreslený obraz o potenciálu jednotlivých produktů a jejich vazeb na zbytek sortimentu a může se tak vyhnout finančním následkům špatně učiněné volby.

V neposlední řadě pak společnost, po seznámení se a pochopení aplikace, získá představu o analytickém nástroji, který je schopen jednak zpracovávat, analyzovat a vyhodnocovat data z databáze společnosti, ale i vágní pojmy a neurčitost. Nástroj, jenž je schopen pracovat rychle a spolehlivě.

Pokud se společnosti podaří nové trendy ve využití informačních technologií a umělé inteligence pro podporu rozhodování ovládnout, je schopna získat další konkurenční výhody: rychlost, přesnost a představu o budoucím vývoji, což je v ostrém globálním konkurenčním boji na poli e-businessu neoddiskutovatelnou výhodou.

7 ZÁVĚR

Tato práce podává návrh a řešení konstrukce aplikace opírající se o data o prodeji společnosti. Jako prostředků využívá umělých neuronových sítí pro poskytnutí vstupních hodnot a fuzzy logiky pro jejich zpracování a následné vyhodnocení. Výstupem aplikace je pak jednoznačné doporučení, zda daný produkt vyřadit ze sortimentu společnosti, dále jej monitorovat nebo v sortimentu ponechat.

Práce vychází z vymezení požadavku managementu společnosti, který je nutno řešit. Samotná práce je pak tvořena třemi základními částmi: teoretickými východisky, analýzou současného stavu a návrhem vlastního řešení.

V teoretické části je popsána problematika rozhodování, možné způsoby podpory rozhodování prostřednictvím expertních systémů a rozhodování v podmínkách neurčitosti. Dále teoretickou i aplikační část umělých neuronových sítí a fuzzy logiky a poslední částí je pak práce v prostředí MATLAB, konkrétně využívání Neural Network Toolboxu a Fuzzy Logic Toolboxu.

Na teoretická východiska navazuje část analýzy současného stavu. Po představení společnosti následuje schéma organizační struktury a uskutečněné a plánované změny ve společnosti. V další části popisuje SWOT analýzu společnosti. Závěrečná kapitola je věnována oddělení obchodu a požadavku, který je kladen managementem společnosti: najít způsob, jakým posuzovat vhodnost produktu v rámci celého sortimentu, a to tak, aby docházelo k maximální možné úspoře času zodpovědného pracovníka.

Následuje vlastní návrh řešení, kde byl nejprve určen postup určení vstupů do modelu a jejich váhové ohodnocení, a to postup získání relevantních dat z databáze společnosti a jejich analýza prostřednictvím umělých neuronových sítí. Model hodnocení produktu sestavený pomocí Fuzzy Logic toolboxu prostředí MATLAB se skládá ze tří dílčích modelů: *PRODUCTtrend*, *PRODUCT* a *RELATIONSHIP*. Do každého z těchto dílčích modelů vstupují hodnoty získané pomocí neuronových sítí. Pro model *PRODUCTtrend* jsou to *QUANTITYtrend* a *PRICetrend*. Pro model *PRODUCT* jsou to vstupy *PRODUCTtrend* a *SHOPtrend* a konečně pro model *RELATIONSHIP* jde o vazby produktů nejvíce prodáváných s hodnoceným označených jako *AB*, *AC* a *AD*. Na základě těchto vstupních proměnných je pak určeno závěrečné

hodnocení konkrétního produktu. Model je nastaven tak, aby byl schopen načítat jednotlivé vstupy a poté uložit výstupy do datového souboru. V rámci výsledného hodnocení jsou vygenerovány sloupcové grafy zobrazující hodnocení jak v rámci dílčích modelů, tak hodnocení celkové.

Tímto byly naplněny vytyčené cíle a lze očekávat, že rozhodnutí o vyřazení nebo ponechání produktu v sortimentu společnosti bude pro pracovníka obchodního oddělení výrazně zjednodušeno, zrychleno a zpřesněno.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) ALIEV, A., ALIEV, R. *Soft Computing and Its Applications*. World Scientific Pub. Ltd, 2002, 444s., ISBN 981-02-4700-1.
- 2) CELEBI, O. C. *Neural Networks and Pattern Recognition Tutorial*. [online]. 2010 [cit. 2010-11-10]. Dostupné z <http://www.byclb.com/TR/Tutorials/neural_networks/>.
- 3) DOSTÁL, P. *Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě*. 1. vyd. Brno: CERM, 2008. 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.
- 4) DOSTÁL, P. *Advanced Economic Analyses*. Brno: CERM, 2008. 80 s. ISBN 978-80-214-3564-3.
- 5) KOVAŘÍK, M. *Matlab*. Zlín: Nakladatelství Martin Stříž. 2008. ISBN 978-80-87106-09-9.
- 6) NOVÁK, V. *Fuzzy množiny a jejich aplikace*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1990. 296 s. ISBN 80-03-00325-3.
- 7) RAIS, K., DOSKOČIL, R. *Risk management*. 1. vyd. Brno: CERM, 2007. 152 s. ISBN 80-214-2803-1.
- 8) RAIS, K., DOSTÁL, P. *Operační a systémová analýza II*. 1. vyd. Brno: CERM, 2004. 161 s. ISBN 80-214-2803-1.
- 9) SMEJKAL, V., RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. 354 s. ISBN 978-80-247-3051-6.
- 10) ŠTÝBNAROVÁ, L. *Expertní systémy*. [online]. 2002 [cit. 2010-11-9]. Dostupné z <http://ui.fpf.slu.cz/diplomky/znalostni_a_expertni_systemy>.
- 11) THE MATHWORKS. *MATLAB – Fuzzy Logic Toolbox - User's Guide*. The MathWorks, Inc. 2010.
- 12) THE MATHWORKS. *MATLAB – Neural Network Toolbox - User's Guide*. The MathWorks, Inc. 2010.
- 13) X-TRADER.CZ. *Informace o X-Traderu*. X-Trader.cz s.r.o. 2010. Interní dokumenty.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

FIS	Fuzzy Inference System, aplikace fuzzy logiky umožňující vyhodnocování neurčitých proměnných
MF	Membership function, funkce členství proměnné v teorii fuzzy množin
NAR	Nonlinear Autoregressive, architektura neuronové sítě prostředí MATLAB: Neural Network Time Series využívající jednoho vstupu
NARX	Nonlinear Autoregressive with External Input, architektura neuronové sítě prostředí MATLAB: Neural Network Time Series využívající dvou vstupů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Struktura matematického modelu a biologického neuronu	15
Obrázek 2 - Neural Network: Time Series	16
Obrázek 3 - Neural Network: Pattern Recognition.....	17
Obrázek 4 - Standardní funkce členství typu Λ	20
Obrázek 5 - Standardní funkce členství typu Π	20
Obrázek 6 - Standardní funkce členství typu Z	20
Obrázek 7 - Standardní funkce členství typu S	21
Obrázek 8 - Gaussova křivka.....	21
Obrázek 9 - Fuzzy Logic: Pravidla	22
Obrázek 10 - MATLAB Toolboxy	23
Obrázek 11 - Neural Network: Start	24
Obrázek 12 - Neural Network: Výběr metody.....	24
Obrázek 13 - Neural Network: Načtení dat	25
Obrázek 14 - Neural Network: Validace a testování	25
Obrázek 15 - Neural Network: Architektura sítě.....	26
Obrázek 16 - Neural Network: Učení sítě	27
Obrázek 17 - Neural Network: Ladění sítě	27
Obrázek 18 - Neural Network: Uložení výsledků	28
Obrázek 19 - Fuzzy Logic Toolbox: FIS Editor	29
Obrázek 20 - Fuzzy Logic Toolbox: MF Editor	30
Obrázek 21 - Fuzzy Logic Toolbox: Rule Editor	30
Obrázek 22 - Fuzzy Logic Toolbox: Rule Viewer	31
Obrázek 23 - X-Trader: Logo společnosti	32
Obrázek 24 - X-Trader: Organizační struktura společnosti.....	35
Obrázek 25 - X-Trader: Databázové schéma.....	40
Obrázek 26 - QUANTITYtrend: Výstup SQL dotazu.....	41
Obrázek 27 - PRICEtrend: Výstup SQL dotazu	43
Obrázek 28 - PRODUCTtrend	44
Obrázek 29 - PRODUCT	45
Obrázek 30 - RELATIONSHIP: Výstup SQL dotazu nejčastěji fakturované.....	47
Obrázek 31- RELATIONSHIP: Výstup SQL dotazu A+B	48
Obrázek 32 - RELATIONSHIP	49
Obrázek 33 - RECOMMENDATION	50
Obrázek 34 - MATLAB: Uiimport.....	51
Obrázek 35 - Uiimport: Výběr dat	52
Obrázek 36 - Uiimport: Uložení do Workspace	52
Obrázek 37 - MATLAB: Workspace.....	53
Obrázek 38 - Neural Network: Nonlinear Autoregressive	53
Obrázek 39 - Neural Network: Architektura sítě QUANTITYtrend.....	54
Obrázek 40 - Neural Network: Učení sítě QUANTITYtrend.....	55
Obrázek 41 - Neural Network: Validace sítě QUANTITYtrend.....	56
Obrázek 42 - Neural Network: Nonlinear Autoregressive with External Input	57
Obrázek 43 - Neural Network: Architektura sítě RELATIONSHIP	57
Obrázek 44 - Neural Network: Učení sítě RELATIONSHIP	59
Obrázek 45 - Neural Network: Validace sítě RELATIONSHIP	60
Obrázek 46 - Schéma konstrukce modelu	61

Obrázek 47 - FIS Editor: PRODUCTtrend.....	61
Obrázek 48 - Membership Function Editor: QUANTITYtrend	62
Obrázek 49 - Membership Function Editor: PRICetrend	62
Obrázek 50 - Membership Function Editor: PRODUCTtrend	63
Obrázek 51 - Rule Editor: PRODUCTtrend	63
Obrázek 52 - Surface Viewer: PRODUCTtrend.....	64
Obrázek 53 - Rule Viewer: PRODUCTtrend	64
Obrázek 54 - FIS Editor: PRODUCT	65
Obrázek 55 - Membership Function Editor: PRODUCTtrend	66
Obrázek 56 - Membership Function Editor: SHOPtrend.....	66
Obrázek 57 - Membership Function Editor: PRODUCT	66
Obrázek 58 - Rule Editor: PRODUCT	67
Obrázek 59 - Surface Viewer: PRODUCT	68
Obrázek 60 - Rule Viewer: PRODUCT	68
Obrázek 61 - FIS Editor: RELATIONSHIP	69
Obrázek 62 - Membership Function Editor: AB	70
Obrázek 63 - Membership Function Editor: AC	70
Obrázek 64 - Membership Function Editor: AD	70
Obrázek 65 - Membership Function Editor: RELATIONSHIP	71
Obrázek 66 - Rule Editor: RELATIONSHIP	72
Obrázek 67 - Surface Viewer: RELATIONSHIP	73
Obrázek 68 - Rule Viewer: RELATIONSHIP	73
Obrázek 69 - FIS Editor: RECOMMENDATION	74
Obrázek 70 - Membership Function Editor: PRODUCT	75
Obrázek 71 - Membership Function Editor: RELATIONSHIP	75
Obrázek 72 - Membership Function Editor: RECOMMENDATION.....	76
Obrázek 73 - Rule Editor: RECOMMENDATION	77
Obrázek 74 - Surface Viewer: RECOMMENDATION	78
Obrázek 75 - Rule Viewer: RECOMMENDATION.....	78
Obrázek 76 - MATLAB Workspace: Načtení vstupů Fuzzy Logic	79

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - QUANTITYtrend: Ohodnocení	42
Tabulka 2 - PRICEtrend: Ohodnocení.....	44
Tabulka 3 - PRODUCTtrend: Ohodnocení	44
Tabulka 4 - SHOPtrend: Ohodnocení	45
Tabulka 5 - PRODUCT: Ohodnocení.....	46
Tabulka 6 - RELATIONSHIP: AB - Ohodnocení.....	49
Tabulka 7 - RELATIONSHIP: AC, AD - Ohodnocení	49
Tabulka 8 - RELATIONSHIP: Ohodnocení.....	50
Tabulka 9 - RECOMMENDATION: Ohodnocení	50
Tabulka 10 – RECOMMENDATION: Uložení výstupů	88

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - QUANTITYtrend: Vývoj za sledované období	41
Graf 2 - PRICEtrend: Vývoj za sledované období	43
Graf 3 - RELATIONSHIP: Vývoj za sledované období	48
Graf 4 - Figure: Doporučení	84
Graf 5 - Figure: Vyhodnocení PRODUCTtrend.....	85
Graf 6 - Figure: Vyhodnocení PRODUCT	86
Graf 7 - Figure: Vyhodnocení RELATIONSHIP	87

SEZNAM KÓDŮ

Kód 1 - SQL - QUANTITYtrend : Objem prodeje v jednotlivých dnech.....	41
Kód 2 - SQL - PRICEtrend : Prodejní cena v jednotlivých dnech	42
Kód 3 - SQL - RELATIONSHIP: Nejčasteji fakturované produkty s hodnoceným.....	46
Kód 4 - SQL - RELATIONSHIP: A+B.....	47
Kód 5 - MATAB - Neural Network : QUANTITYtrend.....	55
Kód 6 - MATAB - Neural Network : RELATIONSHIP	59
Kód 7 - MATAB - Fuzzy Logic: Propojení modelů.....	80
Kód 8 - MATAB - Fuzzy Logic: Grafické zobrazení hodnocení.....	83
Kód 9 - MATAB - Fuzzy Logic: Uložení hodnocení.....	88

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - PRODUCTtrend.fis.....	101
Příloha 2 - PRODUCT.fis.....	103
Příloha 3 - RELATIONSHIP.fis.....	105
Příloha 4 - RECOMMENDATION.fis.....	107

Příloha 1 - PRODUCTtrend.fis

```
[System]
Name='PRODUCTtrend'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=36
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='QUANTITYtrend'
Range=[0 20]
NumMFs=6
MF1='VVP':'trimf',[-4 0 4]
MF2='VP':'trimf',[2 6 10]
MF3='P':'trimf',[8 12 16]
MF4='S':'trimf',[12 16 20]
MF5='R':'trimf',[14 18 22]
MF6='VR':'trimf',[16 20 24]

[Input2]
Name='PRICetrend'
Range=[0 20]
NumMFs=6
MF1='VVP':'trimf',[-4 0 4]
MF2='VP':'trimf',[2 6 10]
MF3='P':'trimf',[8 12 16]
MF4='S':'trimf',[12 16 20]
MF5='R':'trimf',[14 18 22]
MF6='VR':'trimf',[16 20 24]

[Output1]
Name='PRODUCTtrend'
Range=[0 40]
NumMFs=6
MF1='KP':'trimf',[-8 0 8]
MF2='VVP':'trimf',[0 8 16]
MF3='VP':'trimf',[8 16 24]
MF4='P':'trimf',[16 24 32]
MF5='S':'trimf',[24 32 40]
MF6='R':'trimf',[32 40 48]

[Rules]
1 1, 1 (1) : 1          3 1, 2 (1) : 1          5 1, 3 (1) : 1
1 2, 2 (1) : 1          3 2, 3 (1) : 1          5 2, 4 (1) : 1
1 3, 2 (1) : 1          3 3, 4 (1) : 1          5 3, 5 (1) : 1
1 4, 3 (1) : 1          3 4, 4 (1) : 1          5 4, 5 (1) : 1
1 5, 3 (1) : 1          3 5, 5 (1) : 1          5 5, 5 (1) : 1
1 6, 3 (1) : 1          3 6, 5 (1) : 1          5 6, 6 (1) : 1
2 1, 2 (1) : 1          4 1, 3 (1) : 1          6 1, 3 (1) : 1
```

2 2, 2 (1) : 1	4 2, 4 (1) : 1	6 2, 4 (1) : 1
2 3, 3 (1) : 1	4 3, 4 (1) : 1	6 3, 5 (1) : 1
2 4, 4 (1) : 1	4 4, 5 (1) : 1	6 4, 5 (1) : 1
2 5, 4 (1) : 1	4 5, 5 (1) : 1	6 5, 6 (1) : 1
2 6, 4 (1) : 1	4 6, 5 (1) : 1	6 6, 6 (1) : 1

Příloha 2 - PRODUCT.fis

```
[System]
Name='Product'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=36
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='PRODUCTtrend'
Range=[0 40]
NumMFs=6
MF1='KP':'trimf',[-8 0 8]
MF2='VVP':'trimf',[0 8 16]
MF3='VP':'trimf',[8 16 24]
MF4='P':'trimf',[16 24 32]
MF5='S':'trimf',[24 32 40]
MF6='R':'trimf',[32 40 48]

[Input2]
Name='SHOPtrend'
Range=[0 20]
NumMFs=6
MF1='VVP':'trimf',[-4 0 4]
MF2='VP':'trimf',[2 6 10]
MF3='P':'trimf',[8 12 16]
MF4='S':'trimf',[12 16 20]
MF5='R':'trimf',[14 18 22]
MF6='VR':'trimf',[16 20 24]

[Output1]
Name='PRODUCT'
Range=[0 60]
NumMFs=6
MF1='KP':'trimf',[-12 0 12]
MF2='VVP':'trimf',[0 12 24]
MF3='VP':'trimf',[12 24 36]
MF4='P':'trimf',[24 36 48]
MF5='S':'trimf',[36 48 60]
MF6='R':'trimf',[48 60 72]

[Rules]
1 1, 1 (1) : 1          3 1, 2 (1) : 1          5 1, 4 (1) : 1
1 2, 1 (1) : 1          3 2, 3 (1) : 1          5 2, 4 (1) : 1
1 3, 2 (1) : 1          3 3, 3 (1) : 1          5 3, 5 (1) : 1
1 4, 2 (1) : 1          3 4, 4 (1) : 1          5 4, 5 (1) : 1
1 5, 2 (1) : 1          3 5, 4 (1) : 1          5 5, 5 (1) : 1
1 6, 3 (1) : 1          3 6, 4 (1) : 1          5 6, 5 (1) : 1
2 1, 2 (1) : 1          4 1, 3 (1) : 1          6 1, 4 (1) : 1
```

2 2, 2 (1) : 1	4 2, 3 (1) : 1	6 2, 5 (1) : 1
2 3, 3 (1) : 1	4 3, 4 (1) : 1	6 3, 5 (1) : 1
2 4, 3 (1) : 1	4 4, 4 (1) : 1	6 4, 6 (1) : 1
2 5, 3 (1) : 1	4 5, 4 (1) : 1	6 5, 6 (1) : 1
2 6, 3 (1) : 1	4 6, 5 (1) : 1	6 6, 6 (1) : 1

Příloha 3 - RELATIONSHIP.fis

```
[System]
Name='Relationship'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=125
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='AB'
Range=[0 20]
NumMFs=5
MF1='AZ': 'trimf', [-4 0 4]
MF2='VW': 'trimf', [-1 3 7]
MF3='W': 'trimf', [3 7 11]
MF4='QS': 'trimf', [8 13 18]
MF5='S': 'trimf', [16 20 24]

[Input2]
Name='AC'
Range=[0 10]
NumMFs=5
MF1='AZ': 'trimf', [-2 0 2]
MF2='W': 'trimf', [1.5 3.5 5.5]
MF3='VW': 'trimf', [-0.5 1.5 3.5]
MF4='QS': 'trimf', [4 6.5 9]
MF5='S': 'trimf', [8 10 12]

[Input3]
Name='AD'
Range=[0 10]
NumMFs=5
MF1='AZ': 'trimf', [-2 0 2]
MF2='VW': 'trimf', [-0.5 1.5 3.5]
MF3='W': 'trimf', [1.5 3.5 5.5]
MF4='QS': 'trimf', [4 6.5 9]
MF5='S': 'trimf', [8 10 12]

[Output1]
Name='Relationship'
Range=[0 40]
NumMFs=5
MF1='AZ': 'trimf', [-10 0 10]
MF2='VW': 'trimf', [0 10 20]
MF3='W': 'trimf', [10 20 30]
MF4='QS': 'trimf', [20 30 40]
MF5='S': 'trimf', [30 40 50]
```

[Rules]

1 1 1, 1 (1) : 1	3 1 1, 2 (1) : 1	5 1 1, 3 (1) : 1
1 1 2, 1 (1) : 1	3 1 2, 2 (1) : 1	5 1 2, 3 (1) : 1
1 1 3, 1 (1) : 1	3 1 3, 2 (1) : 1	5 1 3, 3 (1) : 1
1 1 4, 2 (1) : 1	3 1 4, 2 (1) : 1	5 1 4, 4 (1) : 1
1 1 5, 2 (1) : 1	3 1 5, 3 (1) : 1	5 1 5, 4 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1	3 2 1, 2 (1) : 1	5 2 1, 3 (1) : 1
1 2 2, 1 (1) : 1	3 2 2, 2 (1) : 1	5 2 2, 3 (1) : 1
1 2 3, 1 (1) : 1	3 2 3, 2 (1) : 1	5 2 3, 3 (1) : 1
1 2 4, 2 (1) : 1	3 2 4, 2 (1) : 1	5 2 4, 4 (1) : 1
1 2 5, 2 (1) : 1	3 2 5, 3 (1) : 1	5 2 5, 4 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1	3 3 1, 2 (1) : 1	5 3 1, 3 (1) : 1
1 3 2, 1 (1) : 1	3 3 2, 2 (1) : 1	5 3 2, 3 (1) : 1
1 3 3, 2 (1) : 1	3 3 3, 2 (1) : 1	5 3 3, 4 (1) : 1
1 3 4, 2 (1) : 1	3 3 4, 3 (1) : 1	5 3 4, 4 (1) : 1
1 3 5, 2 (1) : 1	3 3 5, 3 (1) : 1	5 3 5, 4 (1) : 1
1 4 1, 2 (1) : 1	3 4 1, 2 (1) : 1	5 4 1, 4 (1) : 1
1 4 2, 2 (1) : 1	3 4 2, 2 (1) : 1	5 4 2, 4 (1) : 1
1 4 3, 2 (1) : 1	3 4 3, 3 (1) : 1	5 4 3, 4 (1) : 1
1 4 4, 2 (1) : 1	3 4 4, 3 (1) : 1	5 4 4, 4 (1) : 1
1 4 5, 3 (1) : 1	3 4 5, 3 (1) : 1	5 4 5, 5 (1) : 1
1 5 1, 2 (1) : 1	3 5 1, 3 (1) : 1	5 5 1, 4 (1) : 1
1 5 2, 2 (1) : 1	3 5 2, 3 (1) : 1	5 5 2, 4 (1) : 1
1 5 3, 2 (1) : 1	3 5 3, 3 (1) : 1	5 5 3, 4 (1) : 1
1 5 4, 3 (1) : 1	3 5 4, 3 (1) : 1	5 5 4, 5 (1) : 1
1 5 5, 3 (1) : 1	3 5 5, 4 (1) : 1	5 5 5, 5 (1) : 1
2 1 1, 1 (1) : 1	4 1 1, 2 (1) : 1	
2 1 2, 1 (1) : 1	4 1 2, 2 (1) : 1	
2 1 3, 2 (1) : 1	4 1 3, 3 (1) : 1	
2 1 4, 2 (1) : 1	4 1 4, 3 (1) : 1	
2 1 5, 2 (1) : 1	4 1 5, 3 (1) : 1	
2 2 1, 1 (1) : 1	4 2 1, 2 (1) : 1	
2 2 2, 2 (1) : 1	4 2 2, 3 (1) : 1	
2 2 3, 2 (1) : 1	4 2 3, 3 (1) : 1	
2 2 4, 2 (1) : 1	4 2 4, 3 (1) : 1	
2 2 5, 2 (1) : 1	4 2 5, 3 (1) : 1	
2 3 1, 2 (1) : 1	4 3 1, 3 (1) : 1	
2 3 2, 2 (1) : 1	4 3 2, 3 (1) : 1	
2 3 3, 2 (1) : 1	4 3 3, 3 (1) : 1	
2 3 4, 2 (1) : 1	4 3 4, 3 (1) : 1	
2 3 5, 3 (1) : 1	4 3 5, 4 (1) : 1	
2 4 1, 2 (1) : 1	4 4 1, 3 (1) : 1	
2 4 2, 2 (1) : 1	4 4 2, 3 (1) : 1	
2 4 3, 2 (1) : 1	4 4 3, 3 (1) : 1	
2 4 4, 3 (1) : 1	4 4 4, 4 (1) : 1	
2 4 5, 3 (1) : 1	4 4 5, 4 (1) : 1	
2 5 1, 2 (1) : 1	4 5 1, 3 (1) : 1	
2 5 2, 2 (1) : 1	4 5 2, 3 (1) : 1	
2 5 3, 3 (1) : 1	4 5 3, 4 (1) : 1	
2 5 4, 3 (1) : 1	4 5 4, 4 (1) : 1	
2 5 5, 3 (1) : 1	4 5 5, 4 (1) : 1	

Příloha 4 - RECOMMENDATION.fis

```
[System]
Name='Recommendation'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=30
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Product'
Range=[0 60]
NumMFs=6
MF1='KP':'trimf',[-12 0 12]
MF2='VVP':'trimf',[0 12 24]
MF3='VP':'trimf',[12 24 36]
MF4='P':'trimf',[24 36 48]
MF5='S':'trimf',[36 48 60]
MF6='R':'trimf',[48 60 72]

[Input2]
Name='Relationship'
Range=[0 40]
NumMFs=5
MF1='AZ':'trimf',[-10 0 10]
MF2='VW':'trimf',[0 10 20]
MF3='W':'trimf',[10 20 30]
MF4='QS':'trimf',[20 30 40]
MF5='S':'trimf',[30 40 50]

[Output1]
Name='Recommendation'
Range=[0 100]
NumMFs=5
MF1='SD':'trimf',[-10 10 30]
MF2='D':'trimf',[0 20 40]
MF3='M':'trimf',[25 45 65]
MF4='K':'trimf',[50 70 90]
MF5='SK':'trimf',[60 80 100]

[Rules]
1 1, 1 (1) : 1          3 1, 2 (1) : 1          5 1, 3 (1) : 1
1 2, 1 (1) : 1          3 2, 3 (1) : 1          5 2, 4 (1) : 1
1 3, 2 (1) : 1          3 3, 3 (1) : 1          5 3, 4 (1) : 1
1 4, 2 (1) : 1          3 4, 3 (1) : 1          5 4, 5 (1) : 1
1 5, 3 (1) : 1          3 5, 4 (1) : 1          5 5, 5 (1) : 1
2 1, 1 (1) : 1          4 1, 3 (1) : 1          6 1, 4 (1) : 1
2 2, 2 (1) : 1          4 2, 3 (1) : 1          6 2, 4 (1) : 1
2 3, 2 (1) : 1          4 3, 3 (1) : 1          6 3, 5 (1) : 1
2 4, 3 (1) : 1          4 4, 4 (1) : 1          6 4, 5 (1) : 1
```

2 5, 3 (1) : 1	4 5, 4 (1) : 1	6 5, 5 (1) : 1
----------------	----------------	----------------