

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE

FAKULTA INFORMATIKY A STATISTIKY



Název bakalářské práce:

**Super Decisions – software pro rozhodování na
základě metody ANP**

Autor: **Alena Chylíková**

Katedra: **Katedra ekonometrie**

Obor: **Matematické metody v ekonomii**

Vedoucí práce: **Mgr. Jana Kalčevová, Ph.D.**

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Super Decisions – software pro rozhodování na základě metody ANP“ zpracovala samostatně. Veškerou použitou literaturu a další podkladové materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 6. května 2011

.....

Alena Chylíková

Poděkování:

Ráda bych poděkovala Mgr. Janě Kalčevové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a za návrhy, které tuto práci obohatily.

Abstrakt

Název práce: Super Decisions – software pro rozhodování na základě metody ANP

Autor: Alena Chylíková

Katedra: Katedra ekonometrie

Vedoucí práce: Mgr. Jana Kalčevová, Ph.D.

Tato bakalářská práce se zabývá především popisem práce s programem Super Decisions při řešení rozhodovacích problémů na základě ANP (Analytic Network Process) metody. Tato metoda představuje síťové zobecnění hierarchické metody AHP (Analytic Hierarchy Process) a její výhoda spočívá hlavně v možnosti zahrnout do modelu všechny existující vazby (včetně zpětných). V první části práce je představeno teoretické pozadí problematiky, uvedena stupnice párového srovnání důležitá pro ohodnocení vazeb a sestaven obecný postup vytváření ANP modelu. Ve druhé, stěžejní, části je vytvořen stručný tutoriál k programu Super Decisions pro řešení jednovrstvého ANP a vícevrstvého BOCR modelu, obsahující kromě naformulování modelů také část týkající se analýzy výsledků. Uvedené postupy jsou vždy vysvětlovány na konkrétních příkladech.

Klíčová slova: vícekritériální rozhodování, Super Decisions, ANP model, BOCR model

Abstract

Title: The Super Decisions – Software application for multicriteria decision making based on ANP method

Author: Alena Chylíková

Department: Department of Econometrics

Supervisor: Mgr. Jana Kalčevová, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the overview of Super Decisions, which provides wide palette of tools for multicriteria decision-making based on ANP (Analytical Network Process) method. This method is more general form of hierarchical AHP (Analytic Hierarchy Process) method. Advantages of the ANP lie in opportunity to use all known dependency relations (including feedback dependence). First, theoretical background is overviewed and the fundamental scale of pairwise comparison is introduced. Also the general outline of steps for building ANP models is involved. The second part of this thesis offers brief tutorial for constructing of both simple network model and multilayer BOCR model that includes also the sensitivity analysis. Explanation based on practical examples follows.

Keywords: multicriteria decision-making, Super Decisions, ANP model, BOCR model

Obsah

ÚVOD	1
1 METODA ANP	2
1.1 STRUKTURA ANP MODELU	2
1.2 POSTUP PŘI TVORBĚ ANP MODELU	4
2 O PROGRAMU	7
2.1 INSTALACE	7
2.2 LICENČNÍ UJEDNÁNÍ	7
2.3 ZÁKLADNÍ INFORMACE	7
3 JEDNOVRSTVÝ ANP MODEL	9
3.1 VYTVOŘENÍ KLASTRŮ	9
3.2 VYTVOŘENÍ PRVKŮ.....	10
3.3 VYTVOŘENÍ VAZEB.....	11
3.4 OHODNOCENÍ VAZEB MEZI KLASTRY.....	14
3.5 OHODNOCENÍ VAZEB MEZI PRVKY	16
3.6 INKONZISTENCE.....	18
3.7 SUPERMATICE.....	19
3.8 ŘEŠENÍ JEDNOVRSTVÉHO ANP MODELU	20
4 BOCR MODEL	22
4.1 VYTVOŘENÍ MODELU.....	23
4.2 OHODNOCENÍ VAZEB	25
4.3 SUPERMATICE.....	25
4.4 ŘEŠENÍ	26
4.5 ANALÝZA CITLIVOSTI	28
ZÁVĚR	30
LITERATURA	31
PŘÍLOHY	32

Úvod

Velmi často nastává situace, kdy k naplnění cíle vede více možností a je nutno na základě několika kritérií rozhodnout o volbě nejvhodnější varianty. Každý člověk je konfrontován s těmito rozhodovacími problémy několikrát denně, v běžném životě je ale většinou řeší pouze na základě intuice. Existuje však několik sofistikovanějších metod řešení vícekritériálních rozhodovacích problémů.

Jednou z možností je použití metody ANP (Analytic Network Process). Tato metoda byla poprvé představena v roce 1980 v díle Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process napsaném panem T. L. Saaty¹. Její výhoda oproti metodě AHP (Analytic Hierarchy Process)², ze které vychází a rozšiřuje ji, spočívá v tom, že problém nemusí být hierarchicky uspořádán a umožňuje různé typy závislostí (především se liší v závislosti vyšších částí na nižších – důležitost variant je pak určena důležitostmi kritérií). Oblast využití této metody je široká, od odhadu tržních podílů až po odhad výsledků šachového turnaje³.

Tato bakalářská práce se zabývá především popisem využití programu **Super Decisions** pro řešení modelů založených na ANP metodě. Hlavním cílem je podat běžnému uživateli ucelený a názorný návod, který by mohl využít při formulaci a následném vyhodnocení reálného rozhodovacího problému zobrazeného pomocí jednovrstvého či vícevrstvého ANP modelu. Součástí je i ukázka použití tohoto softwaru na konkrétní rozhodovací situaci. Nejprve jsem na základě reálných dat vytvořila podstatně zjednodušený model zabývající se výběrem vhodné varianty vedoucí ke zvýšení výkonnosti tepelné elektrárny, poté jsem sestavila ilustrační příklad týkající se výběru regionu při rozšiřování výroby (tyto modely jsou uloženy na příloženém CD).

Práce se skládá ze dvou celků, první část vychází ze základních znalostí pojmů operačního výzkumu⁴ a nachází se v ní krátký popis metody ANP s důrazem na postup tvorby modelu. Tohoto postupu je pak využito ve druhé, stěžejní, části týkající se využití výše zmíněného softwaru.

¹ Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Decision Making with the Analytic Network process* [8], s. V (úvod).

² Více o této metodě např. v Jablonský, J. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování* [4], s. 282 a dále.

³ Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Decision Making with the Analytic Network process* [8], s. 5.

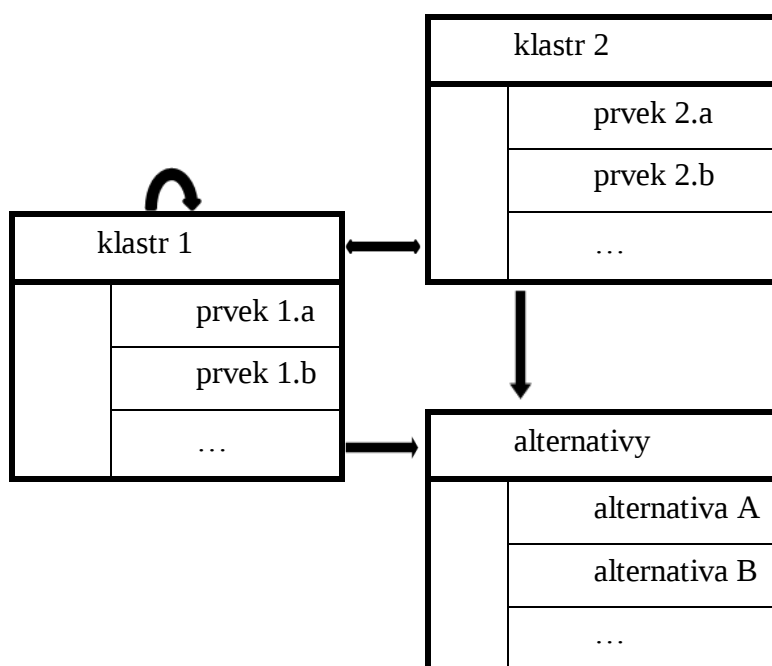
⁴ Tyto pojmy si lze doplnit např. z Fiala, P., Dlouhý, M. *Základy kvantitativní ekonomie a ekonomické analýzy* [1].

1 Metoda ANP

Metoda ANP vznikla síťovým zobecněním metody AHP. Její výhoda spočívá v možnosti zahrnout do modelu všechny existující vazby (včetně zpětných).

1.1 Struktura ANP modelu

Základním pojmem v ANP modelu je síť. Nejmenší jednotkou sítě je uzel (určitá varianta nebo kritérium, dále použito slovo prvek), prvky se společnou vlastností pak tvoří klastr. V rámci sítě se musí nacházet alespoň jeden klastr obsahující alternativy (varianty, o jejichž výběru se rozhoduje). Součástí sítě jsou dále jednotlivé vazby a smyčky. Všechny části sítě musí být navzájem propojeny. Na obrázku 1-1 je uveden jednoduchý příklad takové sítě.



Obrázek 1-1: Jednoduchý příklad sítě. Vnitřní závislost prvků uvnitř klastru 1, vzájemná závislost mezi prvky klastru 1 a 2, prvky klastru 1 a klastru 2 mají vliv na jednotlivé alternativy.

Na rozdíl od AHP modelu není ANP model hierarchicky uspořádán, ale je to systém několika prvků propojených určitými vazbami. Naopak stejným rysem AHP i ANP metod je ohodnocení vazeb pomocí párového srovnání.

1.1.1 Párové srovnání

Pro srovnání jednotlivých dvojic se používá následující stupnice (tabulka 1-2) s čísly od 1 do 9. Pokud se ale za jednotku považuje důležitější kritérium, pak bude ohodnocení méně důležitého kritéria vyjádřeno jako převrácená hodnota. Například pokud je důležitost kritéria A vůči kritériu B na hodnotě 5, pak důležitost kritéria B vůči kritériu A je 1/5.

Důležitost	Definice	Vysvětlení
1	Stejný význam	Obě kritéria jsou stejně důležitá pro daný cíl.
2	Slabá důležitost	
3	Mírná (slabě) důležitost	Jedno kritérium je na základě předchozích zkušeností a odhadu mírně preferováno.
4	Mírná (silně) důležitost	
5	Silná důležitost	Jedno kritérium je na základě předchozích zkušeností a odhadu silně preferováno.
6	Více silná důležitost	
7	Velmi silná, nebo prokázaná důležitost	Kritérium je velmi silně preferováno oproti jinému, nebo lze prokázat jeho dominanci.
8	Velmi silně silná důležitost	
9	Extrémní důležitost	Upřednostňování jednoho kritéria oproti jinému je na nejvyšší možné míře.

Tabulka 1-2: Stupnice pro párové srovnání.⁵

Na základě párového srovnání je možno vytvořit Saatyho matici, která se značí symbolem **S**, $S = (s_{ij})$, $i, j = 1, 2, \dots, k$. Jednotlivé prvky s_{ij} vyjadřují podíly vah i -tého a j -tého kritéria a platí pro ně uvedené vztahy⁶

$$s_{ii} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, k$$

$$s_{ji} = 1/s_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, k.$$

Pro odhad vah lze použít vlastní vektor, jenž odpovídá největšímu vlastnímu číslu matice **A**, nebo například geometrický průměr řádku matice **S**.⁷

Saatyho matice má využití především v metodě AHP, při postupu pomocí metody ANP se využívá pojem supermatice.

⁵ Upraveno podle Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Decision Making with the Analytic Network process* [8], s. 3.

⁶ Fiala, P. *Modely a metody rozhodování* [2], s. 53.

⁷ Fiala, P. *Modely a metody rozhodování* [2], s. 54.

Supermatice (obrázek 1-2) je matice, která zobrazuje vliv jednotlivých prvků na ostatní (obsahem matice jsou váhy spočtené na základě párového srovnání). Jednotlivé klastry v síti je možno označit jako C_h , $h = 1, 2, \dots, m$. Za předpokladu, že v modelu je n_h prvků, je možno tyto prvky označit jako $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{h n_h}$. Jednotlivé matice (označeny W_{ij}) supermatice W pak porovnávají všechny prvky jednoho klastru se všemi prvky jiného klastru. „Tyto matice, pokud jsou nenulové (zachycují vliv prvků jednoho klastru na prvky jiného klastru), jsou sloupcově stochastické, tj. součet prvků ve sloupci je roven jedné. Součet prvků ve sloupci supermatice je roven počtu porovnávaných klastrů.“⁸

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \\ e_{N1}e_{N2}\dots e_{Nn_N} & e_{N1}e_{N2}\dots e_{Nn_N} & \dots & e_{N1}e_{N2}\dots e_{Nn_N} \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{matrix} e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \vdots \\ e_{2n_2} \\ \vdots \\ e_{N1} \\ e_{N1} \\ \vdots \\ e_{Nn_N} \end{matrix} \end{matrix} \left[\begin{array}{cccc} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{array} \right]$$

Obrázek 1-2: Supermatice.⁹

1.2 Postup při tvorbě ANP modelu

Výše uvedené poznatky by se daly shrnout do několika bodů, pomocí nichž se dá postupovat při tvorbě ANP modelu.

1. Detailní popis rozhodovacího problému – definice cíle, kritérií, případných variant. Základní představa o souvislostech v síti.
2. Uspořádání prvků do klastrů.
3. Určení vztahů mezi prvky. Vazba se naznačuje šipkou, pokud vede šipka z klastru 1 do klastru 2, pak prvky 1. klastru ovlivňují prvky 2. klastru. Tímto je již vytvořena síť.
4. Párové srovnání prvků. Prvky jsou porovnávány uvnitř klastru (vnitřní závislost) a s prvky jiného klastru. Nabízí se dva typy otázek, z nichž je nutné vybrat

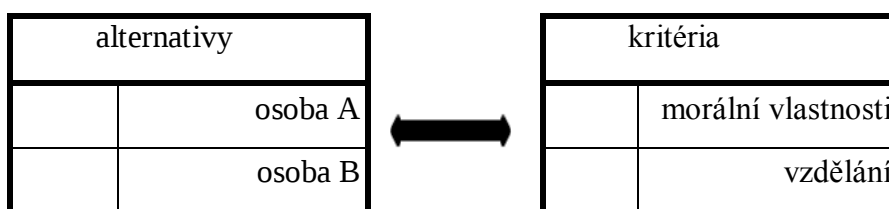
⁸ Fiala, P. *Výběr dodavatelů v síťové ekonomice* [3], s. 3.

⁹ Přejato z Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Decision Making with the Analytic Network process* [8], s. 10.

pouze jednu, která bude použita během celé práce (jinak nebudou výsledky párového srovnání smysluplné):¹⁰

- a. Je dán nadřazený prvek, jehož podmnožinami jsou prvky A a B. Který z těchto dvou prvků má větší vliv na nadřazený prvek?
 - b. Je dán nadřazený prvek, jehož podmnožinami jsou prvky A a B. Který z těchto dvou prvků je více ovlivněn nadřazeným prvkem?
5. Vazby mezi klastry jsou ohodnoceny opět pomocí párového srovnání, čímž jsou získány váhy klastrů (pokud vazba mezi některými klastry neexistuje, je ohodnocena nulou).
 6. Sestavení supermatice.
 7. Vynásobením jednotlivých matic W_{ij} supermatice vektorem vah (klastrů) vznikne vážená supermatice.
 8. Postupným umocňováním vážené supermatice dojde k vytvoření limitní supermatice. V případě acyklické sítě jsou řádky matice stejné a vyjadřují relativní priority jednotlivých prvků. Z této supermatice se také určí výsledné řešení rozhodovacího problému.
 9. Výsledné řešení je možno podrobit analýze citlivosti.

Výše uvedený postup se pokusím přiblížit na krátkém příkladu. Pro tuto práci jsem sestavila ukázkový problém výběru nového zaměstnance ze dvou kandidátů (osoba A a osoba B). Jedno z kritérií zahrnuje soubor morálních vlastností, druhé se týká dosaženého vzdělání. Struktura modelu je zobrazena na obrázku 1-3. Vzájemná závislost mezi jednotlivými prvky je zde použita proto, že uchazeči budou porovnáváni z hlediska každého kritéria a dále budou srovnána jednotlivá kritéria u každé osoby.



Obrázek 1-3: Struktura modelu.

Tento rozhodovací problém by se dal charakterizovat několika informacemi, na jejichž základě budou vytvořena párová srovnání a spočteny jednotlivé váhy (obrázek 1-4). Z hlediska kvality morálních vlastností silně převažuje osoba A nad osobou B, naopak vzdělání má mírně lepší kandidát B. U uchazeče A středně silně dominují morální vlastnosti nad jeho vzděláním, u uchazeče B je silně preferováno vzdělání vůči souboru morálních vlastností.

¹⁰ Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 85.

osoba A				váhy	osoba B				váhy
	morál. v.	vzd.				morál. v.	vzd.		
morál. v.	1	5		0,83	morál. v.	1	1/6		0,14
vzd.	1/5	1		0,17	vzd.	6	1		0,86

morální v.				váhy	vzdělání				váhy
	osoba A	osoba B				osoba A	osoba B		
osoba A	1	7		0,88	osoba A	1	1/3		0,25
osoba B	1/7	1		0,12	osoba B	3	1		0,75

Obrázek 1-4: Párová srovnání a váhy (spočteno na základě geometrického průměru). Například v první tabulce (záhlaví osoba A) porovnávám u uchazeče A jeho morální vlastnosti vzhledem ke vzdělání – tento kandidát je ceněn především díky jeho výjimečným morálním vlastnostem (proto je zde hodnota pět). Ostatní tabulky vyplněny stejným způsobem podle výše uvedených informací.

Ze spočtených vah je možno sestavit supermatici (obrázek 1-5) vyjadřující vztahy mezi všemi prvky modelu.

		alternativy		kritéria	
		osoba A	osoba B	morální v.	vzdělání
alternativy	osoba A	0	0	0,88	0,25
	osoba B	0	0	0,12	0,75
kritéria	morální v.	0,83	0,14	0	0
	vzdělání	0,17	0,86	0	0

Obrázek 1-5: Supermatice ukázkového příkladu.

Jelikož jsou v mém příkladu pouze dva klastry a nelze tedy určit jejich váhy, je vážená supermatice stejná jako výše uvedená supermatice. Postupným umocňováním této supermatice je možno získat limitní supermatici (obrázek 1-6). Z té vyplývá, že lepší variantou je výběr osoby A, která sice nemá tak kvalitní vzdělání, ale oplývá výjimečnými morálními vlastnostmi.

		alternativy		kritéria	
		osoba A	osoba B	morální v.	vzdělání
alternativy	osoba A	0,29843	0,29843	0,29843	0,29843
	osoba B	0,20157	0,20157	0,20157	0,20157
kritéria	morální v.	0,27749	0,27749	0,27749	0,27749
	vzdělání	0,22251	0,22251	0,22251	0,22251

Obrázek 1-6: Limitní supermatice daného příkladu.

2 O programu

2.1 Instalace

Program¹¹ lze získat jednoduše ze stránek **www.superdecisions.com**, které kromě samotného odkazu na stažení programu obsahují především prostor pro komunikaci s tvůrci (pokud se uživatel během práce s programem setkal s nějakou chybou, má zde možnost vyplnit krátký report, na jehož základě může v budoucnu obdržet zpětnou vazbu). Dále se zde nachází rozsáhlý tutoriál v anglickém jazyce od Rozann W. Saatyové.

Je nutné se zaregistrovat (stačí vyplnit pouze emailovou adresu a heslo), na základě registrace je uživateli vygenerován licenční klíč, který je potřeba zadat během instalace. Ta nevyžaduje žádné speciální hardwarové nároky a zabere pouze pár sekund. Já jsem tento program používala v operačním systému Windows Vista, podle informací na výše uvedené internetové stránce je tento software optimalizován pro většinu operačních systémů, včetně Linuxu, Solarisu a dalších.

V této práci je popisována verze 2.0.8, která byla vytvořena společností Creative Decisions Foundation dne 6.1.2009.

2.2 Licenční ujednání

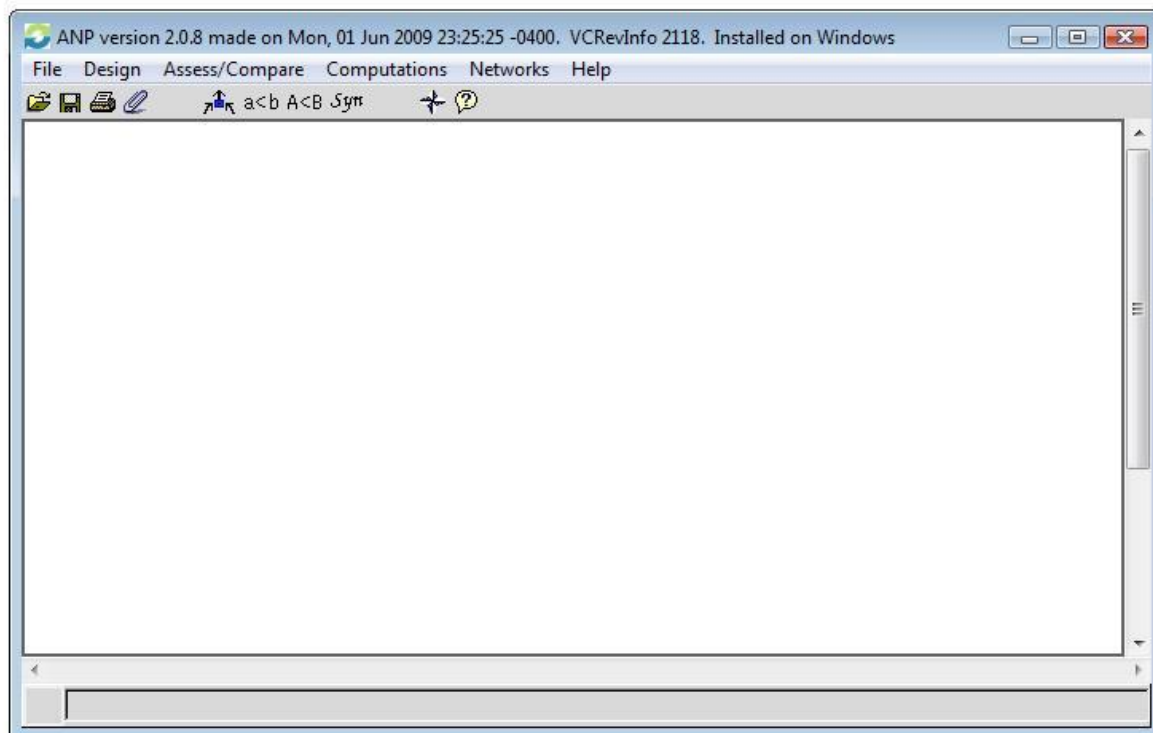
Super Decisions je k dispozici ve formě testovací verze, informace uvedené v licenční smlouvě nejsou nikterak překvapivé (veškerá rizika spojená s užíváním programu nese uživatel, uživatel nemá právo použít žádnou část kódu,...). S obsahem této smlouvy se lze seznámit ještě před instalací, a to na výše uvedených internetových stránkách pod odkazem *Licensing*.

2.3 Základní informace

Program je k dispozici pouze v anglickém jazyce, lze používat i českou diakritiku (pouze v případě tisknutí do souboru se diakritické znaky nezobrazí správně).

Po spuštění programu **Super Decisions** se zobrazí okno s hlavním panelem a prázdnou plochou, na které se bude postupně vytvářet síť rozhodovacího problému (obrázek 2-1).

¹¹ Super Decisions Software [9].



Obrázek 2-1: Základní okno po spuštění programu.

Pod položkou *Help* lze nalézt nápovědu a načtení některého ze vzorových příkladů (*Sample Models*), dále velmi podrobný manuál s popisem jednotlivých funkcí.

Pod polem *File* se nachází především tyto důležité operace:

- *New*: otevře nové okno, ve kterém je možno vytvořit další model.
- *Open*: možnost otevřít některý již vytvořený model.
- *Save* a *Save as*: uložení souboru (přípona *.mod).
- *Print*: vytisknutí modelu (zobrazí se html soubor a až ten je možno vytisknout).
- *Export*: umožňuje exportovat jednotlivé supermatice do Microsoft Office Excel.¹²

Zajímavou možností je přidání přílohy. Kliknutím na ikonu  na hlavním panelu a dále výběrem položky *File, Add Attachment* lze přiložit jakýkoliv soubor, což se projeví odkazem pod touto ikonou. Po kliknutí na odkaz se daná příloha otevře v pro ni standardním programu, tj. nezobrazuje v programu **Super Decisions**, zde je na ni uveden pouze odkaz

Ostatní funkce budou popsány v následujících kapitolách.

¹² S výsledkem exportu jsem nebyla příliš spokojena, docházelo k posunutí záhlaví matic, a tak byl výstup srozumitelný až po několika ručních úpravách.

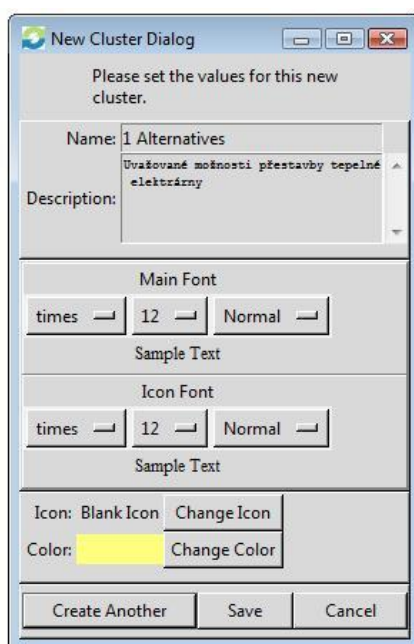
3 Jednovrstvý ANP model

Jednovrstvý model je příkladem jednoduššího rozhodovacího problému, protože obsahuje pouze jednu síť. Nicméně níže uvedený popis lze až na pár specifik použít i pro vícevrstvé ANP modely.

3.1 Vytvoření klastrů

Klastr se vytvoří kliknutím na položku *Design* v hlavním okně, dále zvolením *Cluster* a stisknutím tlačítka *New*. Po provedení tohoto procesu se zobrazí nové dialogové okno (obrázek 3-1). Druhou možností je klávesová zkratka <Shift> a <n>. V nově otevřeném dialogovém okně je možno zadat jméno klastru (pro přehledné uspořádání v supermatici je vhodné začít číslovkou, protože jinak je uspořádání abecední), popis a formát (font, velikost, barva, ikonka,...). K této nabídce je možno se kdykoliv vrátit, pokud se klikne pravým tlačítkem na klastr a zvolí se možnost *Edit cluster*. Tvorba nového klastru se potvrdí tlačítkem *Save*, kliknutím na *Create Another* je možno vložit další nový klastr (nepřejímá vlastnosti dříve vytvořeného klastru, jedná se pouze o jakousi zkratku k vytvoření kompletně nového klastru).

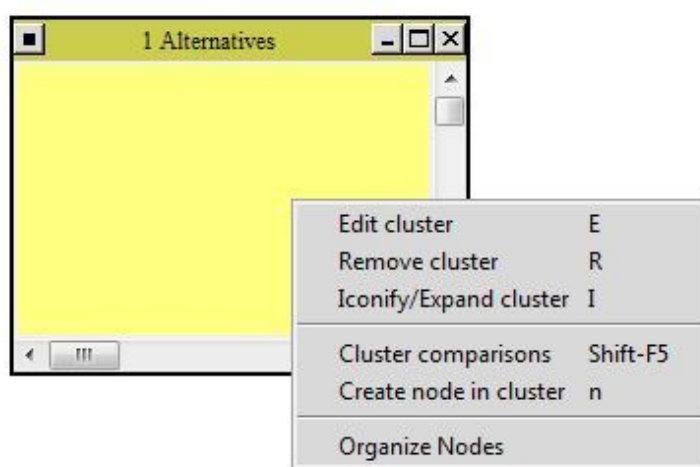
Jednotlivé klastry v rámci sítě musí mít jedinečný název. V každé síti se musí nacházet klastr pojmenovaný „Alternatives“, ani později ho nelze přejmenovat (program by nedokázal vyřešit model, protože by nedokázal rozpoznat, co je klastr alternativ, a mezi kterými variantami bude tedy rozhodováno).



Obrázek 3-1: Dialogové okno pro vytvoření nového klastru. Vyplněn název, popis, změněn formát (barva pozadí). Kliknutím na *Create Another* se uloží stávající klastr a vytvoří nový.

Pravým klikem na okno klastru se zobrazí nové okno s nabídkou (obrázek 3-2):

- *Edit cluster*: možno upravit informace o klastru (název, popis, formát).
- *Remove cluster*: odstraní klastr i všechny vazby s ním spjaté.
- *Iconify/Expand cluster*: přepínač mezi zobrazením klastru jako ikonky (zůstane zobrazen pouze název) a celým oknem se všemi prvky.
- *Cluster comparisons*: vytváření vazeb (popsáno v kapitole 3.3).
- *Create node in cluster*: vytvoření nového prvku (viz kapitolu 3.2).
- *Organize Nodes*: uspořádání prvků (viz kapitolu 3.2).



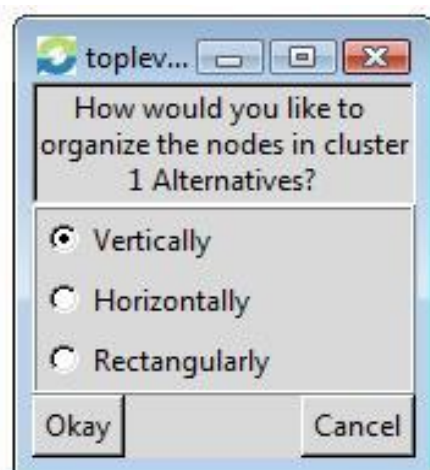
Obrázek 3-2: Po kliknutí pravým tlačítkem na klastr se objeví okno s nabídkou úpravy klastru.

3.2 Vytvoření prvků

Vytvoření prvku se provede kliknutím na tlačítko *Design*, dále vybráním *Node* a *New*. V tuto chvíli se zobrazí okno s nabídkou již existujících klastrů, z nichž je nutné vybrat ten, do jehož množiny vytvářený prvek patří. Opět se zobrazí okno pro zadání názvu, popisu a úpravu formátu.

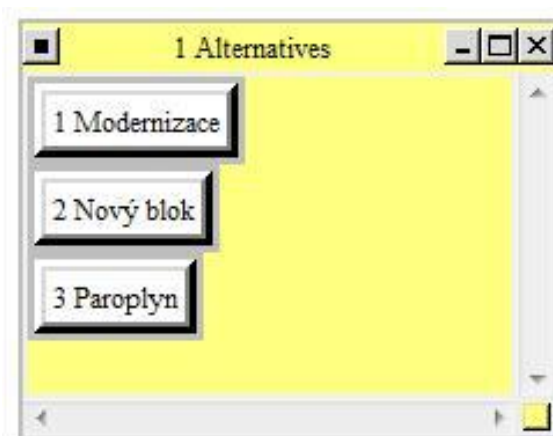
Další možností je označení klastru, pod něhož má spadat vytvářený prvek a stisknutí klávesy <n>. Prvek lze vytvořit i kliknutím pravým tlačítkem na příslušný klastr a z nabídky vybrání položky *Create node in cluster*.

Výběrem položky *Organize Nodes* je možno změnit grafické uspořádání prvků uvnitř klastru. Na výběr je vodorovné zarovnání, svislé a zarovnání do pravoúhlého útvaru (obrázek 3-3).



Obrázek 3-3: Okno s výběrem možností zarovnání prvků.

Na dalším obrázku 3-4 je možno vidět vytvořený klastř Alternativy, v němž jsou uspořádány tři prvky.



Obrázek 3-4: Tři prvky v rámci jednoho klastřu.

3.3 Vytvoření vazeb

Vazbu je možno vytvořit kliknutím na položku *Design* v hlavním panelu a vybrání tlačítka *Node connexions from*. V tuto chvíli se zobrazí dialogové okno pro výběr prvku, z něhož bude vazba vycházet. Po potvrzení volby se zobrazí další okno s možnostmi výběru prvku, do kterého vazba vstupuje.

Jinou možností je stisknutí klávesy <F2> (v tuto chvíli ale nesmí být označen žádný klastř; pokud je označen prvek, vytvoří se automaticky vazba vedoucí od tohoto označeného prvku).

Třetí možností je využití ikony  na hlavním panelu. Jakmile je kliknuto na ikonu, je nutno levým tlačítkem myši označit prvek, ze kterého bude vazba vycházet

a pravým tlačítkem prvek, do kterého bude vazba vcházet. Pakliže je při označování prvků stisknuta klávesa <Shift>, stačí kliknout na libovolný prvek v klastru a budou označeny všechny prvky tohoto klastru. Klávesa <Ctrl> pro výběr pouze některých prvků zde nefunguje.

V případě, že jsou prvky závislé mezi sebou v rámci jednoho klastru, vytvoří se vnitřní vazba (obrázek 3-5) stejným způsobem.

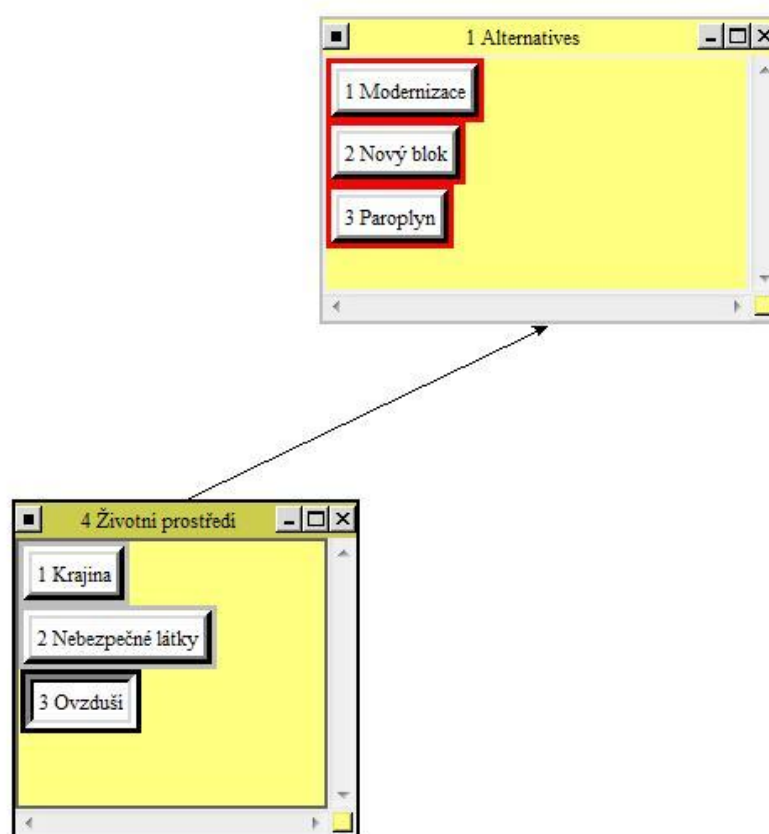


Obrázek 3-5: Závislost prvků uvnitř jednoho klastru.

Vzájemná vazba se vytvoří automaticky, jakmile je zadáno, že některý prvek klastru A ovlivňuje jakýkoliv prvek klastru B a libovolný prvek klastru B ovlivňuje kterýkoli prvek klastru A (tedy vzájemná vazba vznikne automaticky ze dvou jednostranných vazeb opačného směru).

Graficky se vazba projeví vykreslením šipky a v případě označení prvku, ze kterého vychází nějaká vazba, i červeným orámováním prvků, do kterých daná vazba vstupuje (obrázek 3-6).

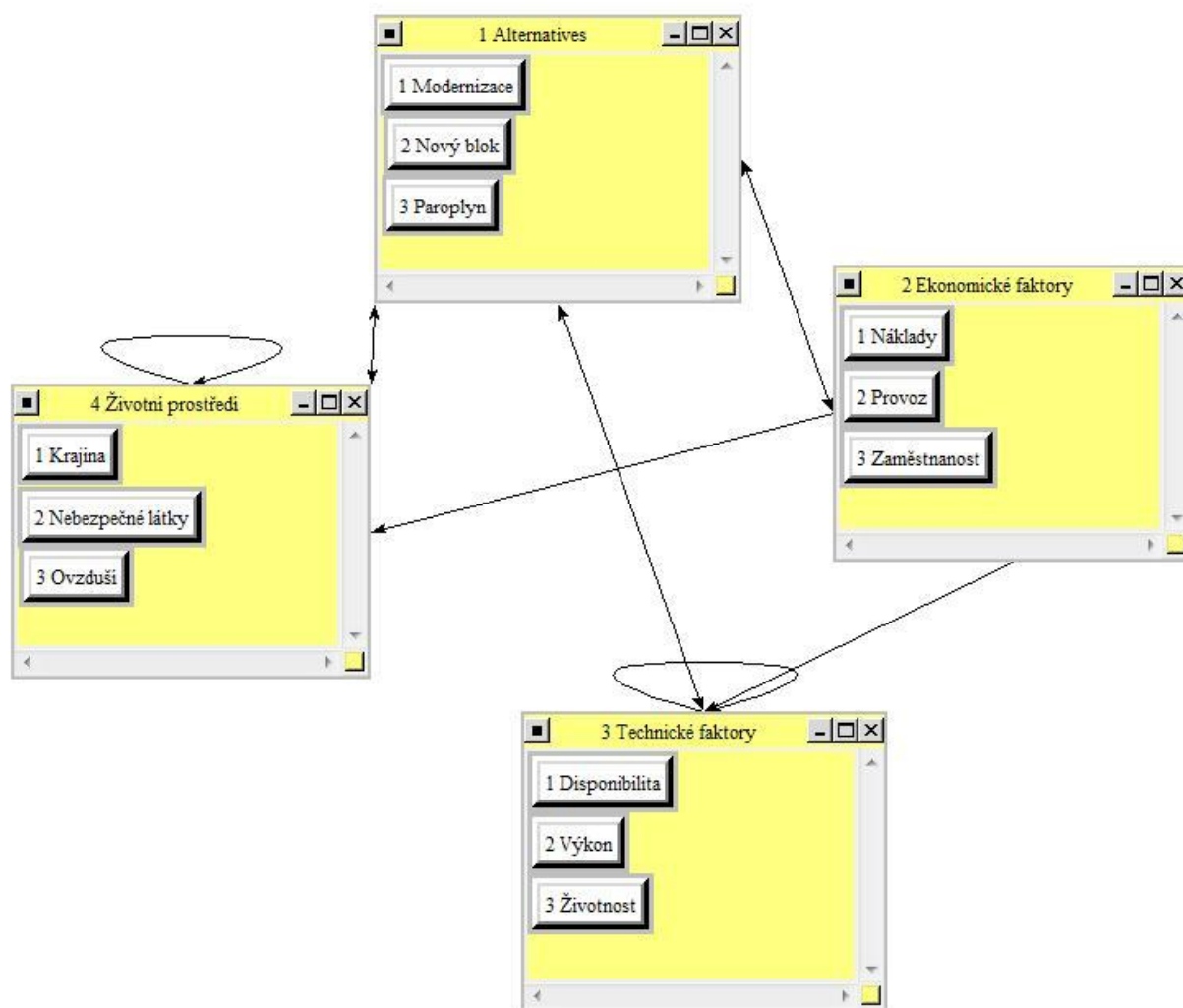
Odznačení prvků (zrušení vazby) se provádí kliknutím levým tlačítkem myši na prvek, z něhož vazba vystupuje a pravým tlačítkem myši na prvek, který má být odstraněn z vazby.



Obrázek 3-6: Příklad závislosti mezi prvky dvou klastrů. Kvalita ovzduší má vliv na výběr některé z alternativ – v tomto případě bude silně preferována varianta paroplynové elektrárny, která poškozují ovzduší nejméně.

Na obrázku 3-7 je zobrazena struktura celého ilustračního příkladu. Klastř alternativ se skládá ze tří uvažovaných možností úpravy stávající tepelné elektrárny: modernizace současného zařízení (týká se především technologických úprav), přistavení nového bloku a výstavba paroplynové elektrárny. Kritéria jsou zde reprezentována třemi klastry – technickými faktory, ekonomickými faktory a dopady na životní prostředí. Každý z těchto klastrů v sobě sdružuje několik dílčích podkritérií. Cílem je nalézt nejvhodnější variantu vzhledem k uvedeným různě důležitým faktorům.

V klastř shrnující dopady na životní prostředí je mezi prvky vnitřní závislost, jelikož uvolňované nebezpečné látky (především oxidy síry) ovlivňují okolní krajinu (množství lesů) i kvalitu ovzduší. Další vnitřní závislost v klastř technických faktorů udává, že průměrná roční disponibilita má vliv na výkon a předpokládanou životnost. Vzájemné vazby se nachází mezi každou alternativou a všemi ostatními prvky, což znamená, že je porovnávána jak důležitost jednotlivých variant vzhledem k podkritériím, tak jednotlivá podkritéria u všech alternativ. Jednostranná závislost je mezi prvkem provoz (myšlena především ekonomická náročnost používaného paliva) a prvky klastř životního prostředí (použití kvalitního paliva se projeví hlavně v čistotě ovzduší). Další vzájemná vazba značí vliv prvku nákladů (počáteční náklady při výstavbě/přestavbě elektrárny) na prvky reprezentující průměrnou roční disponibilitu, předpokládaný výkon a uvažovanou životnost.



Obrázek 3-7: Struktura celého modelu. Podrobné informace o tomto problému (zobrazení jednotlivých vazeb, hodnoty párových srovnání) jsou uvedeny na přiloženém CD v souboru elektrarna.mod.

3.4 Ohodnocení vazeb mezi klastry

Ve chvíli, kdy je model kompletně vytvořen (včetně jednotlivých propojení), je nutno přistoupit k ohodnocení jednotlivých vazeb (v modelu musí existovat více než dva klastry, jinak nelze samozřejmě vazby ohodnotit). Pro přistoupení k vložení ohodnocení existuje několik způsobů:

- V hlavním menu celého programu vybrání *Assess/Compare* (ohodnotit) a dále *Cluster Comparisons* (porovnání klastrů).
- Využití ikony $A < B$ v hlavním menu.

Po vybrání jedné z výše uvedených možností se objeví dialogové okno (obrázek 3-8), ve kterém je nutno zvolit klastř, vzhledem k němuž budou ostatní klastry porovnávány.



Obrázek 3-8: Dialogové okno pro výběr klastru, kliknutím na zelené šipky se vybere předchozí/další klastr v pořadí. Není zde automatická kontrola, která by zajišťovala, že uživatel ohodnotil všechny vazby.

Kliknutím na tlačítko *Do Comparison* se již objeví okno pro vložení ohodnocení na základě párového srovnání. Důležitost má uživatel možnost vyjádřit prostřednictvím 4 možností:

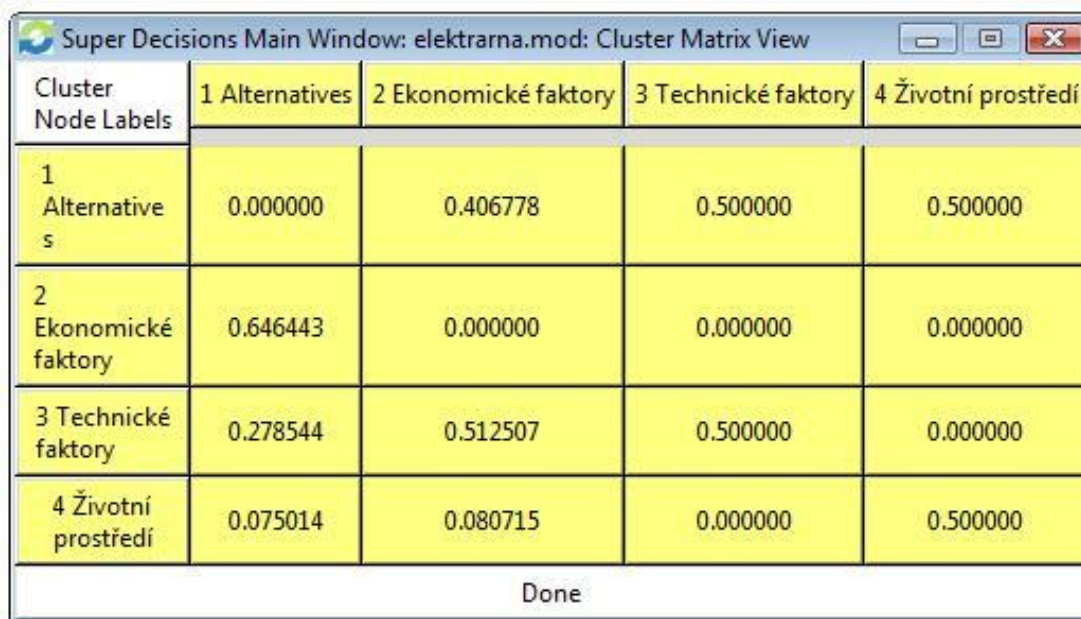
- Graficky označením odpovídající výseče (karta *Graphic*).
- Vynesením na stupnici se slovním ohodnocením (karta *Verbal*).
- Vložením odpovídajícího čísla do matice (karta *Matrix*).
- Vybráním vhodného čísla ve formuláři (karta *Questionnaire*). Tato možnost je zobrazena na obrázku 3-9. Vybrané číslo pět v prvním řádku udává, že vzhledem ke klastru alternativ (viz záhlaví okna) jsou technické faktory silně preferovány oproti ekonomickým faktorům.

Obrázek 3-9: Vložení ohodnocení vazeb prostřednictvím formuláře, řádka nad formulářem slovně vyjadřuje vložené ohodnocení.

V případě nemožnosti dostatečně správně ohodnotit vazbu je možno kliknout na tlačítko *No comp.*, v tom případě pak bude u daných klastrů automaticky nastavena váha $1/n$ (kde n je počet klastrů).

Jakmile jsou všechna párová srovnání hotova, pokračuje se v okně *Cluster comparisons* (obrázek 3-9) kliknutím na *File* a *Done* (tímto procesem dojde k uložení zadaných hodnot).

Výsledek párového srovnání klastrů (tedy matici klastrových srovnání) je možno zobrazit v základním okně pod položkou *Computations, Cluster Matrix* (obrázek 3-10).



Cluster Node Labels	1 Alternatives	2 Ekonomické faktory	3 Technické faktory	4 Životní prostředí
1 Alternatives	0.000000	0.406778	0.500000	0.500000
2 Ekonomické faktory	0.646443	0.000000	0.000000	0.000000
3 Technické faktory	0.278544	0.512507	0.500000	0.000000
4 Životní prostředí	0.075014	0.080715	0.000000	0.500000
Done				

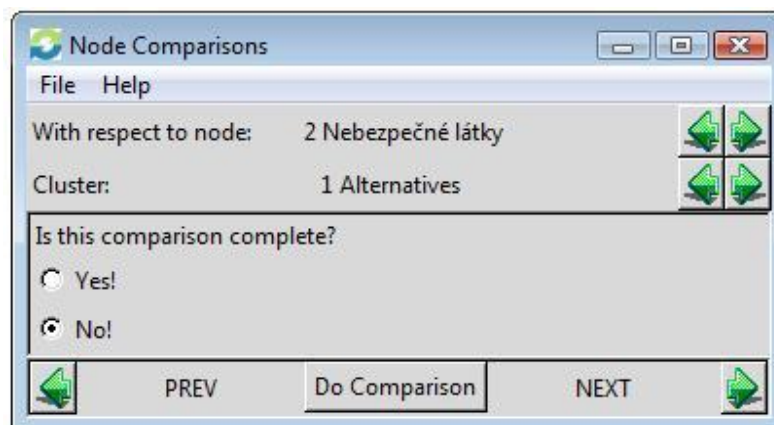
Obrázek 3-10: Matice klastrových srovnání. Kliknutím na spodní řádek (*Done*) se zavře okno (tedy stejná akce jako při označení červeného políčka s křížkem v pravém horním rohu).

3.5 Ohodnocení vazeb mezi prvky

Stejně jako byly ohodnoceny vazby mezi klastry, je třeba párově srovnat i prvky, mezi kterými je vazba. Možností je opět více:

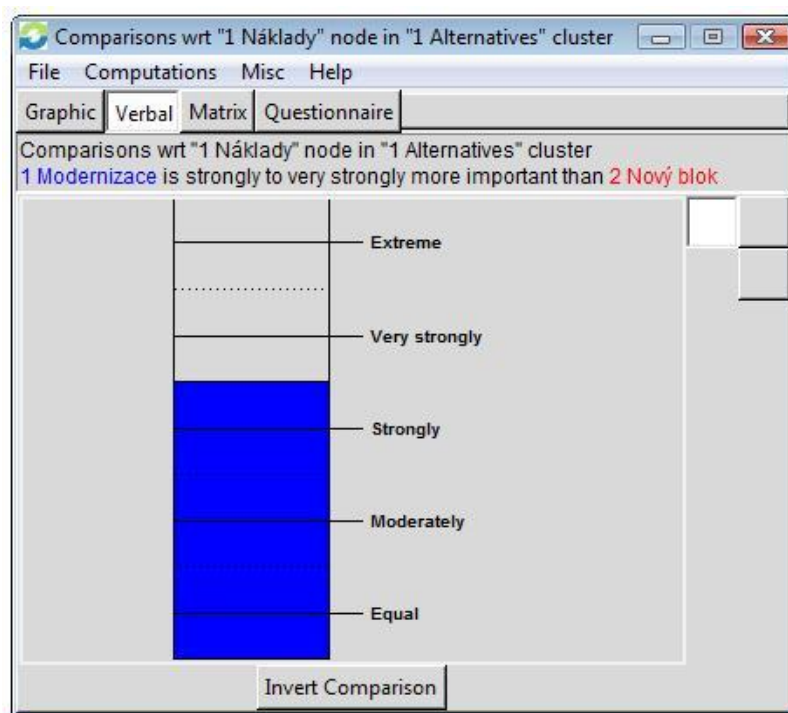
- V hlavním menu celého programu vybrání *Assess/Compare* (ohodnotit) a dále *Node Comparisons* (porovnání prvků).
- Využití ikony $a < b$ (pro porovnání prvků).
- Stisknutí klávesy <F5>.

Po zvolení jednoho ze způsobů se zobrazí dialogové okno (obrázek 3-11). Na prvním řádku (*With respect to node*) je uveden prvek, vzhledem ke kterému má být další prvek porovnán. Na druhém řádku (*Cluster*) se nachází jméno klastru, ve kterém mají být prvky porovnány. V tomto případě tedy budou párově srovnány jednotlivé alternativy vzhledem k množství nebezpečných látek.



Obrázek 3-11: Dialogové okno, ve kterém je možno vybrat klastr a prvek pro ohodnocení.

Označením políčka *Do Comparison* se již objeví okno pro vložení hodnot párového srovnání. Na obrázku 3-12 je zobrazena možnost tohoto vložení prostřednictvím vynesení na stupnici (stejně jako u ohodnocení vazeb u klastrů i zde existují čtyři možnosti). Konkrétně zde vyznačená hodnota udává, že možnost modernizace je velmi silně preferována vůči možnosti výstavby nového bloku, tedy že výstavba nového bloku je sedmkrát dražší než modernizace¹³.



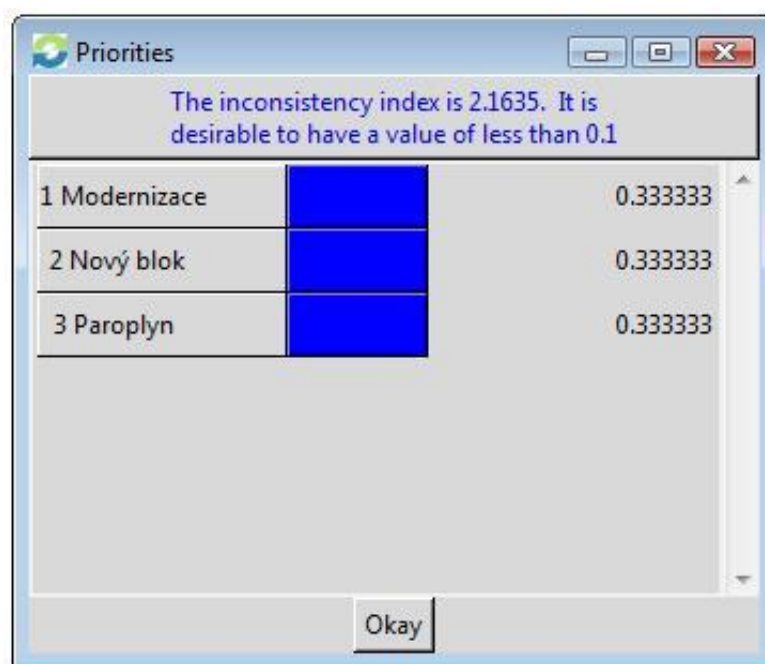
Obrázek 3-12: Dialogové okno pro vložení hodnot párového srovnání prvků, v tomto případě graficky prostřednictvím vyznačení na stupnici.

¹³ Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., Voulgaridou, D. *Supplier selection in pharmaceutical industry* [5], s. 505.

Ohodnocení se opět potvrdí kliknutím na položku *File* a dále *Save and Close*. V dalším okně (viz obrázek 3-11) se vybere možnost *Yes!* a pokračuje se srovnáním dalších prvků dokud nejsou všechny vazby ohodnoceny (tedy do chvíle než je u všech zatržena položka *Yes!*). Podobně jako u ohodnocování vazeb mezi klastry, ani zde není žádná automatická kontrola nebo přehled, zda uživatel vložil ohodnocení všech vazeb, což lze považovat za značnou nevýhodu.

3.6 Inkonzistence

Tento program umožňuje u každé matice zjistit hodnotu indexu inkonzistence, který může poukazovat na možné chyby v úsudku při párovém srovnání. Například pokud je prvek A důležitější než prvek B a prvek B je důležitější než prvek C, pak prvek C nemůže být důležitější než prvek A¹⁴. Obecně by měl být tento index inkonzistence nižší než 0,1¹⁵. Přesnou hodnotu je možno zjistit při ohodnocování vazeb mezi klastry nebo prvky a to kliknutím na položku *Computations* a dále *Show new priorities*, čímž se zobrazí dialogové okno s údajem o indexu inkonzistence (obrázek 3-13). V této tabulce jsou také zobrazeny váhy spočtené na základě párového srovnání (na základě těchto čísel a grafického zobrazení má uživatel možnost zkontrolovat si, že správně ohodnotil všechny vazby).

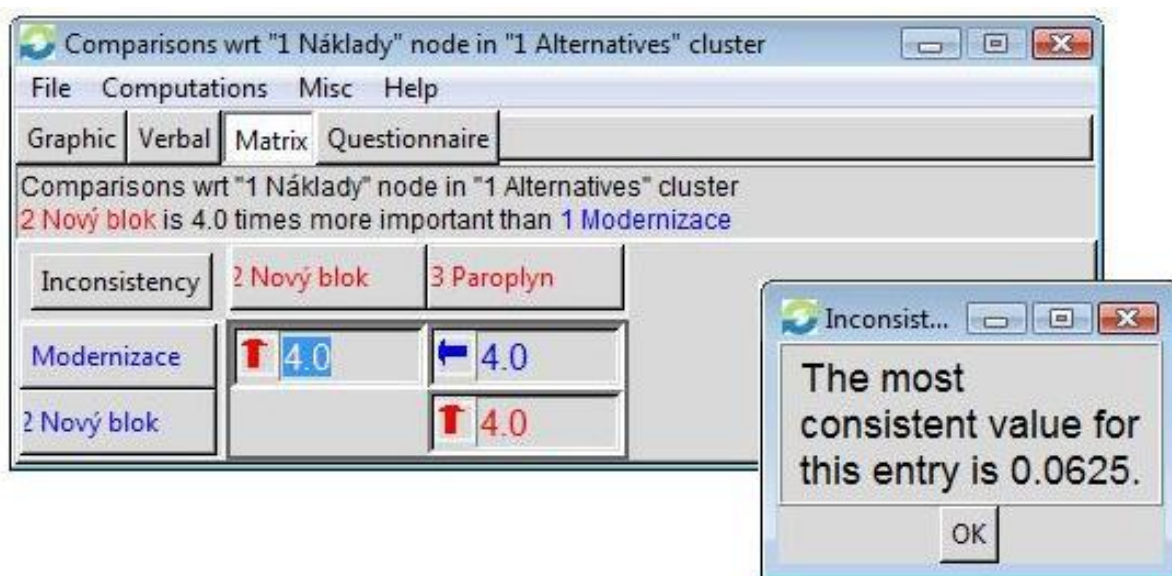


Obrázek 3-13: Hodnota indexu inkonzistence.

¹⁴ Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., Voulgaridou, D. *Supplier selection in pharmaceutical industry* [5], s. 505.

¹⁵ Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 63.

Pokud tento index vychází větší než 0,1, je zde možnost upravení již vložených ohodnocení tak, aby byl výsledek více konzistentní. K této úpravě se lze dostat v okně při ohodnocování vazeb vybráním položky *Computations* a dále *Most inconsistent*. V nově zobrazené matici se zabarví nejvíce nekonzistentní položka. Kliknutím na tlačítko *Show best value* se zobrazí hodnota, která by vedla k největšímu zlepšení konzistence (obrázek 3-14).



Obrázek 3-14: Modře zabarvená nejvíce nekonzistentní hodnota, v malém okně zobrazen návrh vedoucí k největšímu zlepšení. V případě kliknutí na tlačítko *OK* se nic nestane, nové ohodnocení (tedy změnu hodnoty párového srovnání) je třeba vložit ručně – v tomto případě tedy přepsat modře zbarvené číslo čtyři.¹⁶

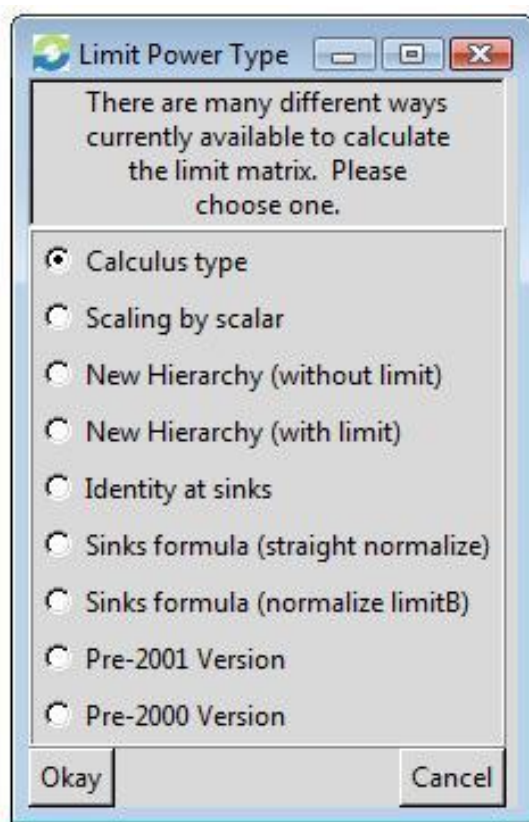
3.7 Supermatice

Jak již bylo v teoretické části napsáno, s každým modelem jsou spojeny tři supermatice: nevážená, vážená a limitní supermatice. V programu **Super Decisions** jsou v každé supermatici jednotlivé klastry řazeny dle abecedy (popř. číselného označení) a pod každým klastrem jsou opět abecedně seřazeny prvky. V případě potřeby jiného řazení je možno přejmenovat dané prvky/klastry, změna názvu nijak neovlivní již sestavený a ohodnocený model.

Neváženou supermatici je možno vyobrazit po označení položek v hlavním menu celého modelu *Computation* a dále *Unweighted Super Matrix*. Na výběr je možnost grafického (vyobrazení supermatice stejným způsobem jako u matice klastrů na obrázku 3-10), nebo textového zobrazení (v tomto případě se neobjevují názvy klastrů, což může být při velkém počtu prvků nepřehledné). Váženou supermatici je možno zobrazit téměř stejným způsobem jako neváženou, rozdílem je zvolením položky *Weighted Super Matrix*. Stejným způsobem akorát pod položkou *Limit Matrix* se nachází zobrazení limitní supermatice, ze

¹⁶ Hodnota v malém okně vede k největšímu snížení hodnoty indexu inkonzistence, ale ve většině případů způsobí požadované snížení i ne tak radikální změna.

které lze zjistit řešení rozhodovacího problému. Pod položkou *Limit Matrix Options* je možnost výběru algoritmu výpočtu¹⁷ (např. umocňování ne celé matice ale jednotlivých vektorů), toto dialogové okno je zobrazeno na obrázku 3-16.



Obrázek 3-16: Jednotlivé možnosti algoritmu výpočtu limitní supermatice. Standardně je označena první možnost, která je také ve většině případů nejvhodnější (u složitějších modelů mohou být u různých přístupů různé výsledky).¹⁸

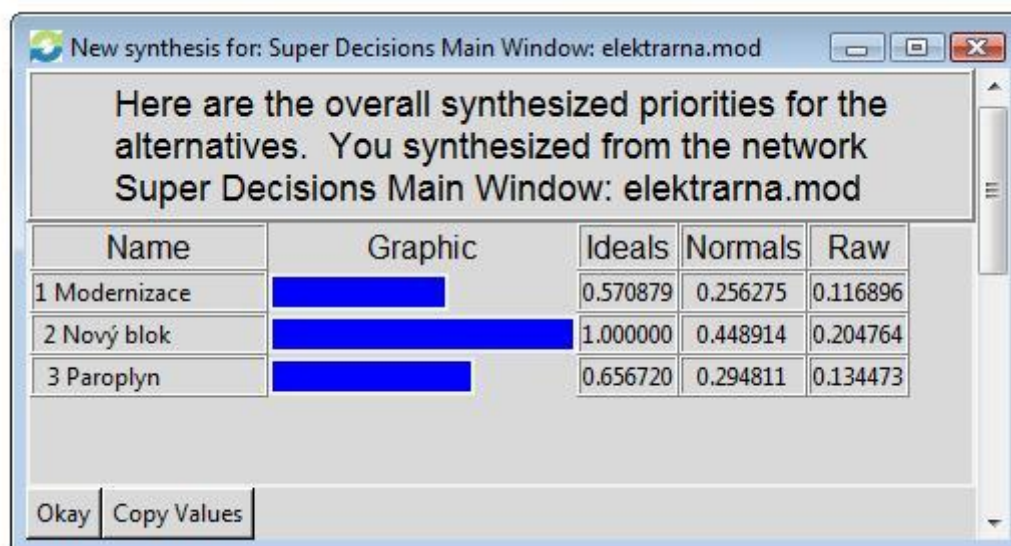
3.8 Řešení jednovrstvého ANP modelu

Řešení modelu (obrázek 3-17) je možno zobrazit několika způsoby:

- V základním okně výběrem položky *Computations* a dále *Synthesize*.
- Označením ikony  na hlavním panelu.
- Použitím klávesové zkratky <Ctrl> a <y>.

¹⁷ Více o těchto algoritmech v Saaty T. L., Saaty R. W. *Super Decisions Software Guide* [7], s. 26.

¹⁸ Saaty T. L., Saaty R. W. *Super Decisions Software Guide* [7], s. 26.



Obrázek 3-17: Řešení modelu.

Hodnoty ve sloupci *Ideals* vznikly vydělením každého čísla ze sloupce *Normals* číslem odpovídajícím nejvhodnější alternativě a daly by se interpretovat způsobem, že možnost modernizace dosahuje 57 % užitku výstavby nového bloku (první řádek) a varianta výstavby paroplynové elektrárny mírně přesahuje 65 % užitku výstavby nového bloku (třetí řádek). Čísla ve sloupci *Raw* pochází z limitní supermatice a vyjadřují váhy jednotlivých variant před normalizováním¹⁹, výsledné normalizované váhy (tak, aby jejich součet byl jedna) pro dané alternativy se nachází ve sloupci *Normals*. Jako nejvhodnější varianta byla spočtena možnost výstavby nového bloku elektrárny.

¹⁹ Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 70.

4 BOCR model

BOCR model je již příkladem složitějšího ANP modelu, jelikož je jeho struktura tvořena více vrstvami (vrchní vrstva je hierarchická a vnitřní vrstva je ANP síť tvořená podsítěmi). Název pochází z počátečních písmen slov Benefits – Opportunities – Costs – Risks, která symbolizují jednotlivá kritéria. Mezi výhody (benefits) se řadí pozitivní vlastnosti, které nastanou v případě určitého rozhodnutí. Příležitosti (opportunities) obsahují pozitivní vlastnosti, které mohou nastat (oproti výhodám jsou to vlastnosti, které by přijaté rozhodnutí mohlo v budoucnu s jistou pravděpodobností přinést). Náklady (costs) jsou výdaje spojené s přijatým rozhodnutím a rizika (risks) označují nebezpečí, jež mohou někdy v budoucnu nastat.²⁰

Vytvoření BOCR modelu probíhá téměř stejně jako u jednovrstvého modelu – nejdříve je třeba definovat jednotlivé prvky a ty pak zařadit do klastrů. Klastry se poté seskupují do podsítí, kde každá podsíť obsahuje klastr (jeden nebo více) spadající pod jedno z kritérií a klastr alternativ. Výpočet probíhá opět na základě párového srovnání, nejdříve jsou získány váhy alternativ v jednotlivých podsítích a pak spočteny výsledné priority celého modelu. Tyto výsledné priority lze získat na základě několika rovnic, z nichž nejčastější je aditivní (4.1) nebo multiplikativní (4.2) rovnice. Jak je již z uvedených vzorců možno poznat, v případě použití aditivní rovnice je třeba u nákladů a rizik převrátit priority při párovém srovnání a to tak, aby více nákladná nebo více riziková varianta měla nižší prioritu. Nicméně **Super Decisions** sám při výběru výpočtu aditivní rovnicí převrátí priority (u podsítí „Costs“ a „Risks“), takže se při ohodnocování vazeb není potřeba zabývat touto otázkou.²¹

$$B + O + 1 / C + 1 / R \quad (4.1)$$

$$(B \cdot O) / (C \cdot R) \quad (4.2)$$

Využití programu **Super Decisions** pro řešení BOCR modelu demonstrují na hypotetickém příkladu české obchodní společnosti rozhodující se o expanzi do některého ze tří regionů světa (Jihovýchodní Asie, Jižní Amerika, Východní Evropa). S expanzí jsou spojeny určité výhody (proniknutí na zahraniční trh, rozšíření výroby, získání nových zákazníků), příležitosti (v budoucnu by mohlo dojít k diferenciaci výroby, udělení investiční pobídky místní vládou, vybudování sítě nových obchodních kontaktů), náklady (počáteční fixní náklady, mzdy zaměstnancům, náklady spojené s reorganizací firmy) a rizika (v nově uvažovaných regionech může být silnější konkurence, nedostatek kvalifikovaných pracovníků, nejasný a často se měnící právní řád). Cílem je nalézt nejvýhodnější region k expanzi vzhledem k výše uvedeným kritériím. Celá, z důvodu existence podsítí trochu komplikovanější, struktura problému (včetně uvažovaných vazeb a ohodnocení) je uvedena na příloženém CD v souboru expanze.mod.

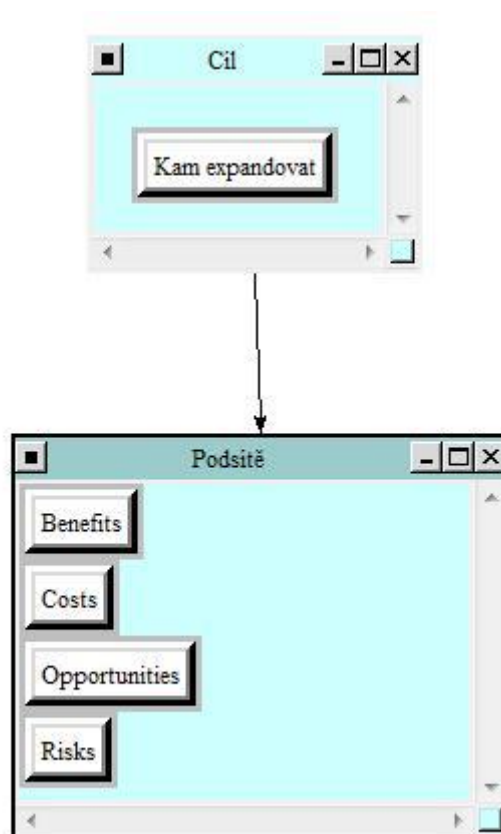
²⁰ Saaty, T. L., Vargas, L. G. *Decision Making with the Analytic Network process* [8], s. 13.

²¹ Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 108, 109.

Jelikož většina procedur (vytvoření prvků, vytvoření klastrů, ohodnocení vazeb,...) probíhá stejně jako u jednovrstvého ANP modelu, uvedu na následujících stránkách pouze odlišnosti týkající se BOCR modelu.

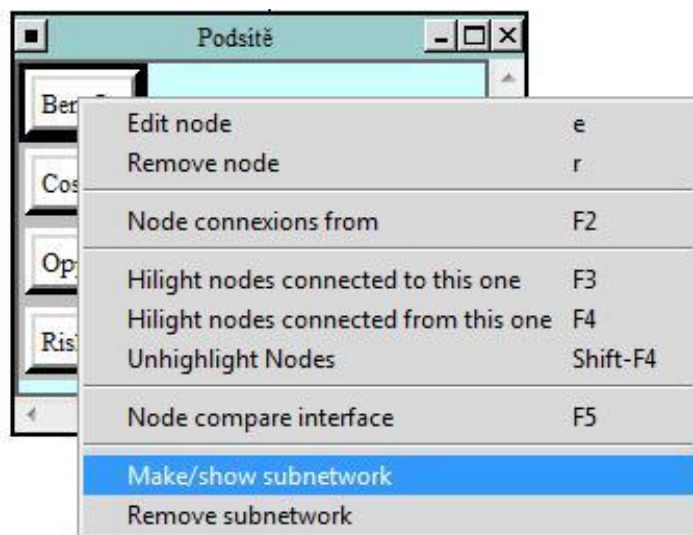
4.1 Vytvoření modelu

Nejdříve je nutno vytvořit vrchní vrstvu modelu, která je hierarchická a obsahuje klastr cíl a klastr s prvky reprezentujícími jednotlivé podsítě (obrázek 4-1). Tyto prvky by měly nést anglické názvy podsítí. V jednotlivých podsítích už se mohou klustry jmenovat libovolně (kromě klastru „Alternatives“).



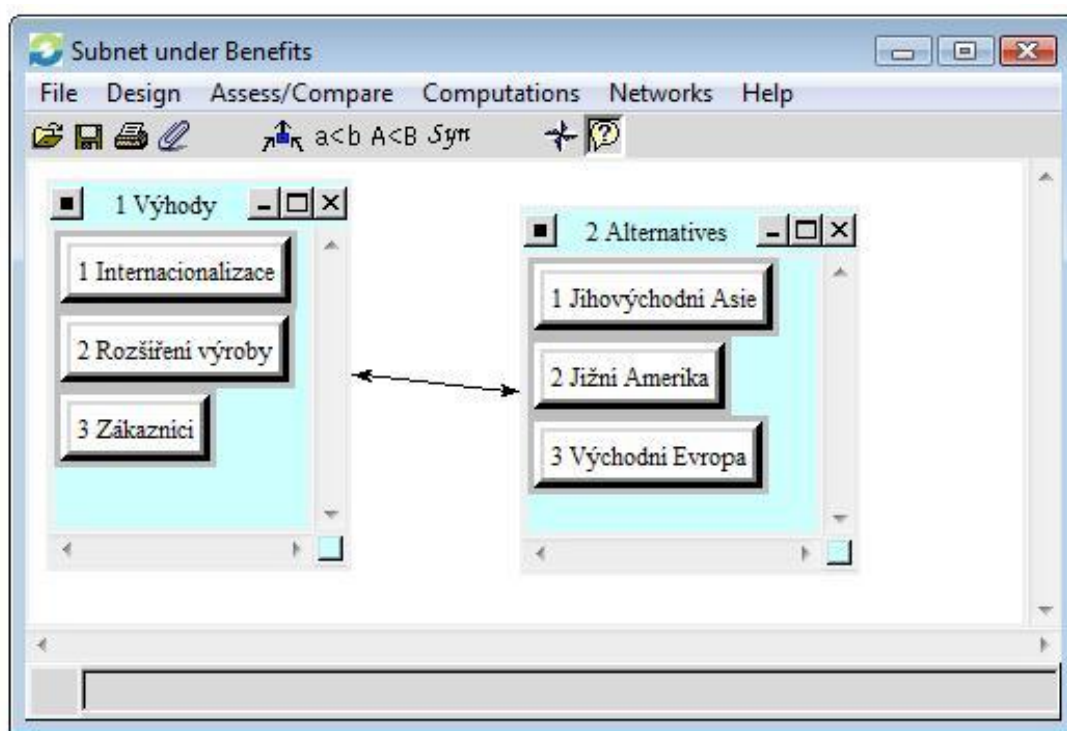
Obrázek 4-1: Vrchní vrstva modelu, cíl ovlivňuje každou z podsítí.

Podsít' se utvoří kliknutím pravým tlačítkem myši na prvek zastupující podsít' (např. *Benefits*) a v nově zobrazeném dialogovém okně výběrem položky *Make/show subnetwork* (obrázek 4-2). Stejným způsobem se i odstraňuje již vytvořená podsít' (položka *Remove subnetwork*).



Obrázek 4-2: Vytvoření podsítě.

Pro nově vytvořenou podsít' se zobrazí prázdné okno, ve kterém je již možno definovat prvky, klastry a vazby do této podsítě spadající (tato část tvorby modelu už se nijak neliší od dříve popsané tvorby jednovrstvého ANP modelu). Na obrázku 4-3 je zobrazen příklad podsítě reprezentující výhody.



Obrázek 4-3: Podsít' s výhodami (viz záhlaví okna *Subnet under Benefits*). Jak již bylo výše napsáno, kromě klastru obsahující jisté pozitivní vlastnosti, musí obsahovat též klastr alternativ.

Dokončení podsítě se nijak nepotvrzuje, při zavření okna (obrázek 4-3) se automaticky uloží. Vytvořená podsít' se projeví přidáním pole s popisem *Subnet* k prvku, který ji

reprezentuje (obrázek 4-4). Opětovné otevření podsítě (popř. její úpravy) jsou možné po dvojkliku na již zmíněný prvek reprezentující podsít' (další možností je pravý klik na tento prvek a vybrání položky *Make/show subnetwork*).



Obrázek 4-4: Vrchní vrstva modelu, ke každému prvku se přidalo pole *Subnet* odkazující na vytvořenou podsít'.

4.2 Ohodnocení vazeb

K úplnému dokončení modelu je samozřejmě potřeba také ohodnotit vazby mezi prvky v rámci každé podsítě (v případě většího počtu klastrů než dva i vazby mezi klastry). Dále je možno ohodnotit vazby mezi prvky v rámci vrchní sítě (tedy přiřadit určitou důležitost jednotlivým podsítím). Tuto část jsem já vynechala a tím určila stejnou prioritu všem kritériím.

Ohodnocení vazeb (včetně kontroly inkonzistence) probíhá stejným způsobem jako u jednovrstvého ANP modelu.

4.3 Supermatice

Pro každou podsít' lze zobrazit jednotlivé supermatice v hlavním menu dané podsítě pod položkou *Computations*. Vzhledem k tomu, že se v mém případě v každé podsíti nachází pouze dva klastry (nebylo tedy možno určit jejich priority), je vážená supermatice (*Weighted Super Matrix*) totožná s neváženou (*Unweighted Super Matrix*).

Na obrázku 4-5 je zobrazena vážená supermatice pro podsít' výhod, která byla vytvořena na základě vložených informací o vztazích mezi jednotlivými prvky. V této podsíti jsou definovány pouze vzájemné vazby mezi každou alternativou a všemi uvažovanými výhodami, přičemž každý prvek může být charakterizován několika informacemi. Kupříkladu je z této supermatice možno vyčíst, že expanze do Východní Evropy je spojena především s výhodou rozšíření výroby, naopak se u této varianty nepředpokládá získání výrazného počtu nových zákazníků (což je zřejmé, jelikož je tento trh celkem saturovaný).

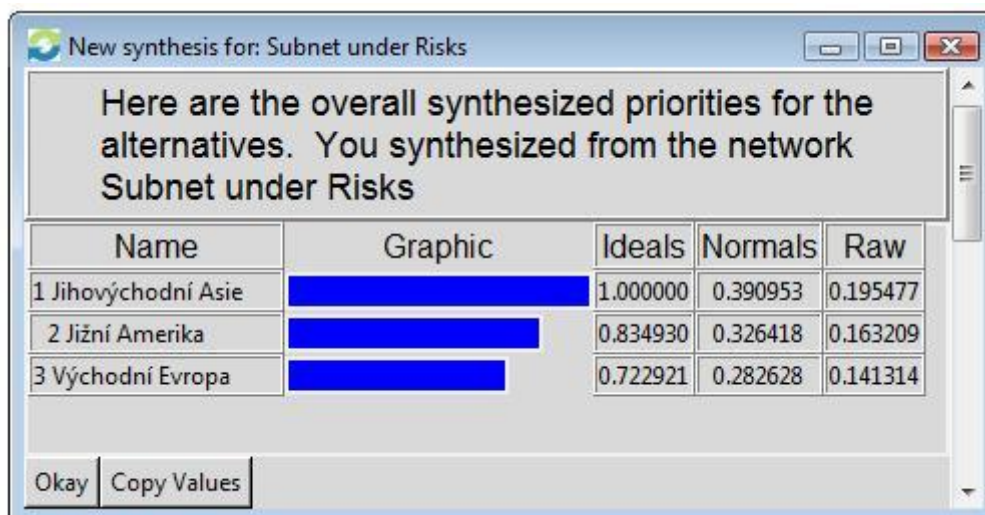
Cluster Node Labels		1 Výhody			2 Alternatives		
		1 Internacionalizace	2 Rozšíření výroby	3 Zákazníci	1 Jihovýchodní Asie	2 Jižní Amerika	3 Východní Evropa
1 Výhody	1 Internacionalizace	0.000000	0.000000	0.000000	0.217647	0.225535	0.249299
	2 Rozšíření výroby	0.000000	0.000000	0.000000	0.091412	0.673811	0.593647
	3 Zákazníci	0.000000	0.000000	0.000000	0.690941	0.100654	0.157054
2 Alternatives	1 Jihovýchodní Asie	0.658645	0.276350	0.352189	0.000000	0.000000	0.000000
	2 Jižní Amerika	0.156182	0.128271	0.559065	0.000000	0.000000	0.000000
	3 Východní Evropa	0.185173	0.595379	0.088746	0.000000	0.000000	0.000000
Done							

Obrázek 4-5: Vážená supermatice pro podsít' výhod.

4.4 Řešení

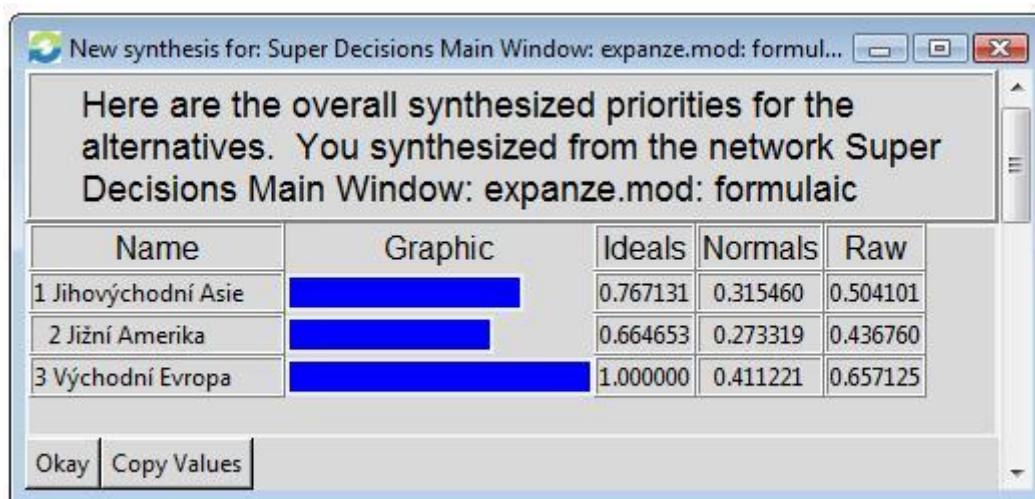
Váhy variant z hlediska jednotlivých kritérií je možno zobrazit v hlavním menu dané podsítě označením položky *Computations* a dále *Synthesize*, čímž se objeví nové dialogové okno (obrázek 4-6). Na tomto konkrétním obrázku jsou zobrazeny výsledky pro podsít' rizika, největší váha značí nejrizikovější variantu. V případě ostatních podsítí by se objevily výsledky dávající odpověď na otázky, která varianta je nejvýhodnější z pohledu výhod, která z pohledu příležitostí, a která nejrizikovější.²²

²² Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 105.



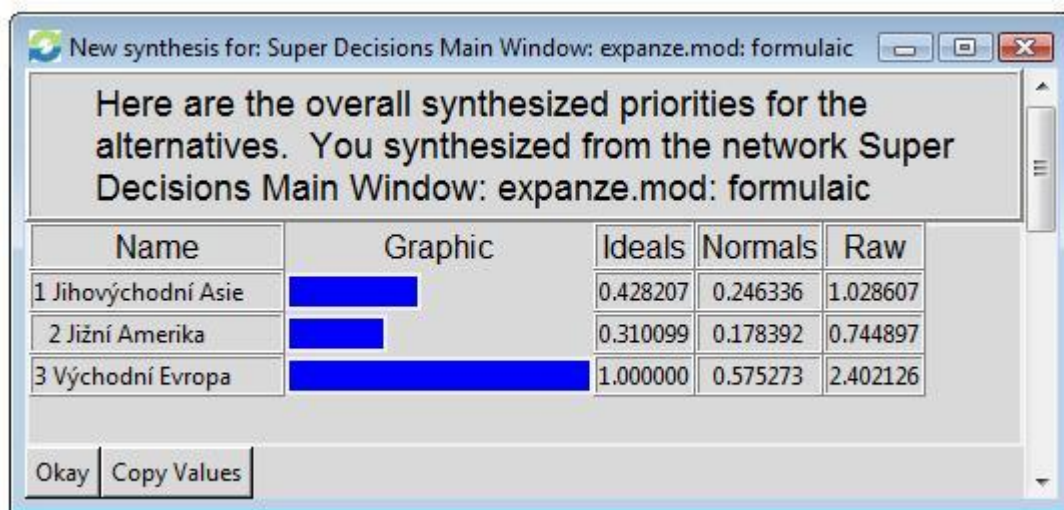
Obrázek 4-6: Nejrizikovější variantou (viz záhlaví *Subnet under Risks*) je Jihovýchodní Asie následována Jižní Amerikou.

Jak již bylo výše uvedeno, řešení celého modelu lze získat více způsoby – záleží na výběru rovnice. V případě použití aditivní rovnice (4-1) je nejprve potřeba vybrat pod položkou *Design* a dále *Standard Formulas* možnost *Additive*. Nyní je už možno zobrazit výsledné priority jednotlivých alternativ a to postupným kliknutím na *Computations* a dále *Synthesize*. Výsledky získané tímto způsobem jsou zobrazeny na obrázku 4-7.



Obrázek 4-7: Řešení modelu na základě aditivní rovnice.

V případě volby multiplikativní rovnice je nejdříve potřeba pod položkou *Design* a poté *Standard Formulas* vybrat *Multiplicative*. Výsledné priority na základě multiplikativní rovnice jsou zobrazeny na obrázku 4-8.



Obrázek 4-8: Řešení modelu na základě multiplikativní rovnice.

V obou výše uvedených případech vychází jako nejlepší možnost expanze do Východní Evropy, nicméně výsledné priority se lehce liší – v případě výpočtu pomocí aditivní rovnice tato alternativa nemá tak jasnou převahu.

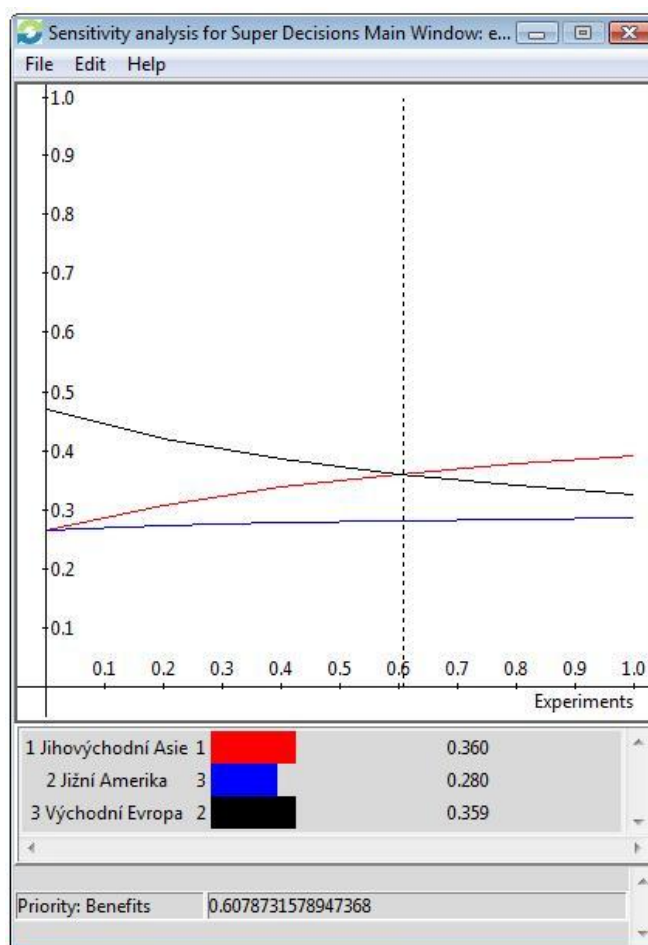
4.5 Analýza citlivosti²³

Analýza citlivosti dává odpovědi na otázku, jak moc je řešení stabilní vzhledem ke změnám vstupů (např. změna vah). Smysluplné použití má ale pouze pro řešení získané na základě aditivní rovnice (4-1), protože u výpočtu pomocí multiplikativní rovnice jsou váhy jednotlivých podsítí pro každou alternativu stejné.

Citlivost výsledků lze zobrazit stisknutím tlačítka *Computations* v hlavním menu a potom *Sensitivity*. Další možností je klávesová zkratka <Ctrl> a <u>.

Na obrázku 4-9 je příklad grafu zaznamenávajícího citlivost vzhledem ke změně váhy kritéria výhod (kolonka *PriorityCluster* ve spodním řádku). Na svislé ose jsou váhy alternativ, na vodorovné ose váhy vybraného kritéria (v tomto případě výhody). Je tedy možno vidět, že při zvýšení váhy tohoto kritéria nad hodnotu 0,6 bude jako nejvýhodnější varianta označena Jihovýchodní Asie, zatímco v případě váhy výhod nižší než 0,6 to bude možnost Východní Evropy.

²³ Tato kapitola vychází z: Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 109 a dále.



Obrázek 4-9: Analýza citlivosti výsledků vzhledem k výhodám.

Pro zobrazení grafu citlivosti řešení vzhledem k jinému kritériu je nutno v okně na obrázku 4-9 vybrat položku *Edit* a dále *Independent Variable*. V tu chvíli se objeví nové okno, ve kterém se klikne na tlačítko *New* a poté je již ve formuláři možno vybrat název jiného kritéria (obrázek 4-10). Volbu je třeba potvrdit tlačítkem *Done*.

The screenshot shows a dialog box titled "New parameter". It contains the following fields and controls:

- Parameter Type:** A dropdown menu with "Priorities" selected.
- Network:** A dropdown menu.
- Wrt Node:** A dropdown menu with "Risks" selected.
- Start:** A text field with the value "0.0001".
- End:** A text field with the value "0.9999".
- Steps:** A text field with the value "6".
- Buttons:** "Done" and "Cancel" buttons at the bottom.

Obrázek 4-10: Pod položkou *Wrt Node* je možno vybrat jiné kritérium.

Závěr

V první části jsem nejprve shrnula teoretické pozadí problematiky. Byly zde vysvětleny nejdůležitější pojmy objevující se v metodě ANP a také nastíněn postup při tvorbě ANP modelu. Vytvořeného postupu jsem se poté držela i v praktické části zabývající se řešením modelů reálných příkladů.

Hlavním cílem mé práce byl popis práce v programu **Super Decisions** při řešení rozhodovacího problému. Všechny popisované úkony jsem se pokusila vysvětlit na konkrétních, mou osobou vytvořených, příkladech. Zpočátku jsem se věnovala jednovrstvému ANP modelu, poté vícevrstvému BOCR modelu. Na základě poznatků z této druhé části již lze řešit i složité vícevrstvé modely.²⁴

Během své práce jsem se setkala s několika drobnými problémy – v první řadě nedostatek české literatury, a tak bylo někdy složité najít česká synonyma pro jednotlivé anglické termíny. Dále většina použité literatury pochází jen z jednoho zdroje (T. L. Saaty, popř. R. W. Saaty), což může být způsobeno tím, že je metoda relativně nová. Existuje sice nepřehledné množství praktických aplikací od jiných autorů, v té je ale většinou dopodrobna vyličené reálné prostředí rozhodovacího problému, vlastní vytvoření modelu a jeho řešení je většinou zmíněno velmi stručně.

Hlavní výhody tohoto programu vidím především v celkem jednoduchém a intuitivním ovládání (jedinou výjimkou je potvrzování zadaných údajů – někdy se údaje uloží automaticky při zavření okna, jindy je potřeba potvrdit jejich uložení volbou v hlavním menu). Dále bych kladně hodnotila možnost exportu matic do Excelu a přikládání příloh s jinými soubory, což může být v mnoha situacích užitečné. Mezi možné nevýhody bych řadila vytváření a ohodnocování vazeb tak, aby co nejvěrněji odpovídaly skutečnosti. Především ve složitých rozhodovacích problémech je obtížné zachytit všechny vazby a kvalifikovaně je ohodnotit. Tento problém ale nesouvisí s programem **Super Decisions**, nýbrž s celou ANP metodou. Řešením by mohlo být využití znalostí a dlouhodobých zkušeností odborníků v dané oblasti, popř. využití jiných technik pro postihnutí všech vazeb v systému.

²⁴ Více o složitějších modelech (včetně ukázek) např. v Saaty R. W. *Decision Making in Complex Environments* [6], s. 161 a dále.

Literatura

- [1] FIALA, P., DLOUHÝ, M.: *Základy kvantitativní ekonomie a ekonomické analýzy*. Praha: Nakladatelství Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1087-1.
- [2] FIALA, P.: *Modely a metody rozhodování*. Praha: Nakladatelství Oeconomica, 2008. ISBN 978-80-245-1345-4.
- [3] FIALA, P.: *Výběr dodavatelů v síťové ekonomice*. Systémová integrace [online]. 2006, 4. ISSN 1210-9479. Dostupné z www.cssi.cz/cssi/system/files/all/Fiala.pdf [cit. 2011-03-17].
- [4] JABLONSKÝ, J.: *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-23-1.
- [5] KIRYTOPOULOS, K., LEOPOULOS, V., VOULGARIDOU, D.: *Supplier selection in pharmaceutical industry: An analytic network process approach*. Benchmarking: An International Journal. Vol. 15. Emerald, 2008. s. 494-516. ISSN 1463-5771.
- [6] SAATY, R. W.: *Decision Making in Complex Environments*. 2002, dostupné z <http://www.superdecisions.com/> [cit. 2011-03-07].
- [7] SAATY, T. L., SAATY, R. W.: *Super Decisions Software Guide*. Manuál, který je součástí programu Super Decisions verze 2.0.8.
- [8] SAATY, T. L., VARGAS, L. G.: *Decision Making with the Analytic Network Process*. New York: Springer, 2006. ISBN 0-387-33987-6.

Internetové zdroje

- [9] Super Decisions Software, verze 2.0.8, dostupné z <http://www.superdecisions.com/> [cit. 2011-03-07].

Přílohy

Na přiloženém CD datové soubory s příklady použitými v kapitole 3 (elektrarna.mod) a v kapitole 4 (expanze.mod).