



Program pro multikriteriální rozhodovací analýzu

Obsah

Obsah	1
1 Program MCA7	2
1.1 Úvod	2
1.1.1 Komu je následující text určen?	2
1.1.2 K čemu program MCA7 slouží?	2
1.2 Instalace	3
1.2.1 Požadavky na hardware a software	3
1.2.2 Instalace	3
1.3 Výpočet metodami MCA - zadávání, výpočet, uložení	4
1.3.1 Vstupní data pro výpočet metodami MCA	4
1.3.2 Vzorový příklad - zadání	4
1.3.3 Vytvoření vstupního souboru	4
1.3.4 Pravidla pro tvorbu vstupního souboru	5
1.3.5 Maximalizační a minimalizační kritéria	7
1.3.6 Váhy kritérií	7
1.3.7 Uložení vstupních dat	7
1.3.8 Provedení rozhodovacího výpočtu programem MCA7	7
1.3.9 Uložení seřazených variant do souboru	9
1.4 Určování vah kritérií - zadávání, výpočet, uložení	10
1.4.1 Vstupní soubor pro výpočet vah kritérií	10
1.4.2 Otevření vstupního souboru pro výpočet vah kritérií	10
1.4.3 Určování vah kritérií programem MCA7	11
1.4.4 Metoda Fullerova trojúhelníku	11
1.4.5 Uložení určených vah	12
1.4.6 Úprava dat zadaných při Fullerově metodě	13
1.4.7 Saatyho metoda	13
1.4.8 Konzistence matice	14
1.4.9 Metoda geometrického průměru řádků	15
1.5 Statistické zpracování vah kritérií	16
1.5.1 Vstupní soubor pro statistické zpracování	16
1.5.2 Otevření souboru a výpočet	17
1.5.3 Výstupní soubor	18
1.6 Matematické postupy programu MCA7	20
1.6.1 Výpočet vlastních čísel matice - Saatyho metoda	20
1.6.2 Statistické zpracování souboru dat - váhy kritérií	22
1.6.3 Z-souřadnice	22
1.6.4 Mediánová souřadnice	22
1.7 Jazykové verze programu	24
1.8 Nápověda	24
1.9 Teoretické základy multikriteriální analýzy	24
1.10 Odinstalace programu MCA7	24
Literatura	25

1 Program MCA7

1.1 Úvod

1.1.1 Komu je následující text určen?

Na následujících stránkách se nachází podrobný popis programu MCA7, především způsob jeho používání, včetně instalace a odstranění z počítače.

1.1.2 K čemu program MCA7 slouží?

Název programu MCA7 je složeninou z písmen anglických slov Multicriterion Analysis, což v českém překladu znamená "Multikriteriální analýza". Důvodem pro vznik programu MCA7 byla především snaha o usnadnění zpracování značného množství vstupních dat některou z metod vícekriteriálního hodnocení variant.

1.2 Instalace

1.2.1 Požadavky na hardware a software

Program MCA7 byl napsán v programovacím jazyce MS Visual Basic 6.0 Professional Edition a k jeho provozu je zapotřebí operační systém MS Windows 95 nebo 98, na nichž byl úspěšně odzkoušen. Dalším nezbytným produktem je nainstalovaný program MS Excel 97 případně 2000. K této volbě bylo přistoupeno z několika důvodů: většina počítačů v České republice je v současnosti vybavena operačními systémy Windows a standardně i balíkem programů MS Office, jehož součástí je již výše zmíněný MS Excel. Tyto programy pak většina uživatelů dobře zná a umí je ovládat.

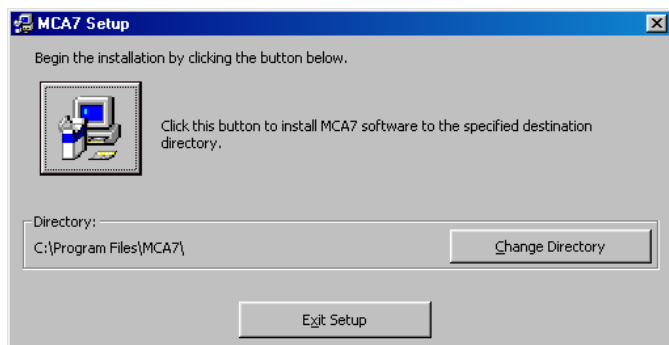
Co se týče hardware, program není příliš náročný ani na paměť ani na diskovou kapacitu. Bez větších problémů funguje i na počítači s procesorem o taktovacím kmitočtu 200 MHz a s kapacitou HDD 1,6 GB, přičemž nainstalovaný program MCA7 si nárokuje maximálně 5 MB prostoru. S trochou nadsázky lze říci, že pokud je na uvažovaném počítači provozován bez problému operační systém MS Windows a tabulkový procesor MS Excel, pak zde bude zcela určitě funkční i program MCA7.

1.2.2 Instalace

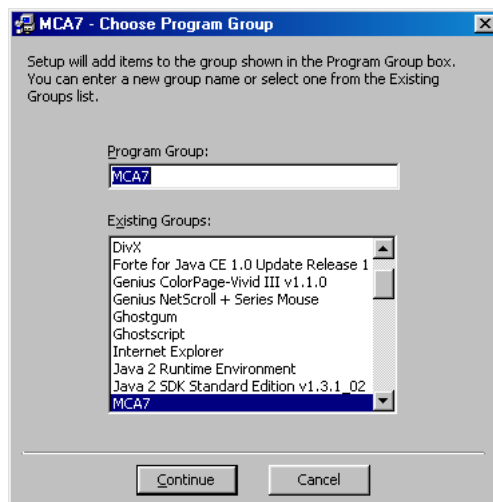
Instalace programu MCA7 je dodávána v jediném souboru s příponou EXE, který lze jednoduše spustit například v *Průzkumníku* nebo *Windows Commander-u*. Další průběh instalace je odvislý od pokynů instalačního programu.



Obrázek 1: Spuštění instalace



Obrázek 2: Volba cílového adresáře



Obrázek 3: Volba skupiny

1.3 Výpočet metodami MCA - zadávání, výpočet, uložení

Tato kapitola podrobně popisuje vzorový příklad počínaje spuštěním programu MCA7, přes vytvoření vstupního souboru programem MS Excel, výpočet rozhodovacími metodami až po uložení, opět programem MS Excel.

1.3.1 Vstupní data pro výpočet metodami MCA

Multikriteriální rozhodování je rozsáhlá vědní disciplína a program MCA7 si rozhodně neklade za cíl postihnout množinu všech úloh a řešících metod, kterými se zabývá. MCA7 je schopen provádět výpočty prostřednictvím několika konkrétních metod s tzv. "kardinální informací o kritériích" [4]. To mimo jiné znamená, že pro použití těchto metod je nutné znát:

- *kritéria*, podle nichž se bude provádět rozhodování
 - počet kritérií
 - výstižné názvy kritérií (pro přehlednost v programu MCA7)
 - váhy kritérií
 - rozlišení, jedná-li se o maximalizační nebo minimalizační kritérium (viz. dále)
- *varianty*, resp. alternativy, mezi nimiž se rozhoduje a které jsou řazeny od nejlepší po nejhorší pomocí některé z multikriteriálních metod
 - počet variant
 - výstižné názvy variant (pro přehlednost v programu MCA7)
 - hodnoty všech kritérií pro danou variantu

1.3.2 Vzorový příklad - zadání

Nejsnáze budou výše uvedené pojmy vysvětleny na příkladu. Předpokládejme, že máme za úkol vybrat vhodnou lokalitu pro výstavbu vodní elektrárny a k dispozici je šest různých variant: *lokalita 1*, *lokalita 2*, ..., *lokalita 6*, které se hodnotí podle šesti kritérií:

- počet pracovních sil (min),
- výkon v MW (max),
- investiční náklady v mld. Kč (min),
- provozní náklady v mil. Kč (min),
- počet evakuovaných obcí při výstavbě (min),
- stupeň spolehlivosti provozu v bodové stupnici (max).

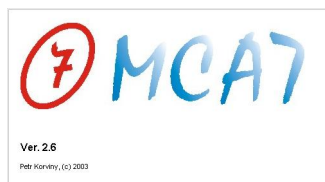
1.3.3 Vytvoření vstupního souboru

Chceme-li pro řešení multikriteriálního problému využít program MCA7, musíme nejprve vytvořit soubor se vstupními daty. Tento vstupní soubor vytvoříme pomocí programu MS Excel, jehož znalost se předpokládá. Existují zde dvě možnosti, jak vytvořit soubor vstupních dat:

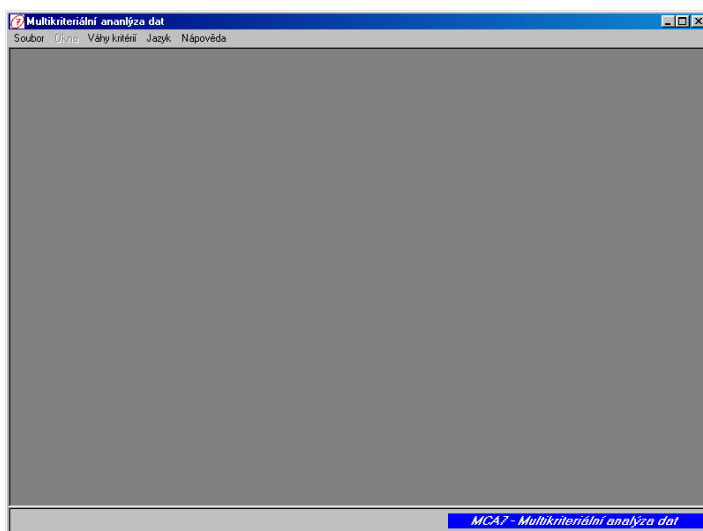
1. spustíme přímo program MS Excel a vyplníme vstupní data podle vzoru uvedeného níže

- spustíme program MCA7 a několikrát kliknutím myši necháme program otevřít tabulkový procesor MS Excel a vytvořit šablonu vstupního datového souboru, kterou jenom vyplníme našimi hodnotami

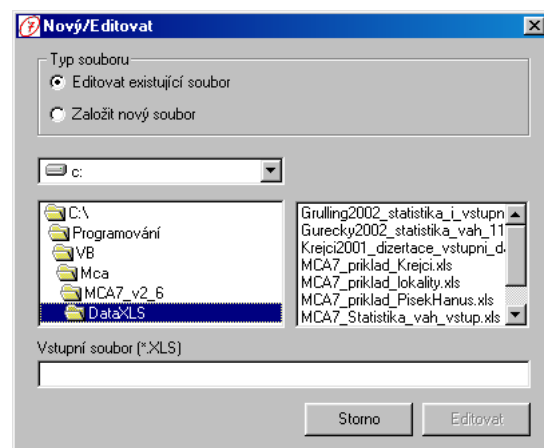
V následujícím bude popsán druhý jmenovaný způsob. Než však aktivujete program MCA7, ujistěte se, že není tabulkový procesor MS Excel spuštěn, pokud je, ukončete jej. Po startu MCA7 se nejprve na monitoru objeví úvodní obrazovka, tzv. "splash screen" (viz. obrázek 4), která po dvou vteřinách zmizí a místo ní uvidíte na monitoru zhruba to co na obrázku 5.



Obrázek 4: Úvodní obrazovka - splash screen



Obrázek 5: Stav po spuštění programu MCA7



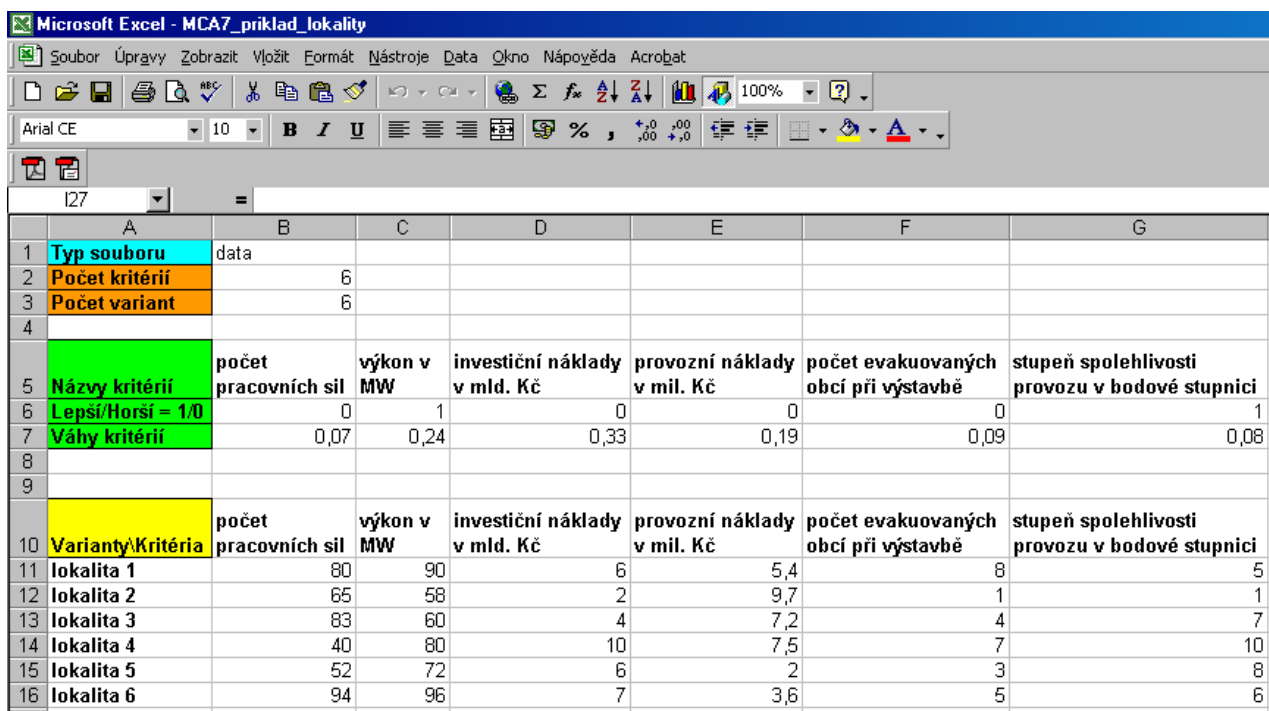
Obrázek 6: Vytvořit vstupní soubor

Poté klikněte myší postupně na nabídky menu *Soubor/Nový*, stejného účinku dosáhnete současným stisknutím kláves **CTRL+N**. Objeví se okno jako na obrázku 6.

Pokud si vyberete položku *Editovat existující soubor*, pak musíte najít nějaký soubor s příponou XLS, který bude otevřen v programu MS Excel a jenž lze upravovat. My však nejprve zvolíme položku *Založit nový soubor* a stiskneme tlačítko *Nový*. Spustí se program MS Excel a vytvoří se šablona, kterou následně vyplníme příslušnými vstupními daty. V našem příkladě bude vstupní soubor vypadat asi jako na obrázku 7.

1.3.4 Pravidla pro tvorbu vstupního souboru

Pro soubor vstupních dat platí, že:



	A	B	C	D	E	F	G
1	Typ souboru	data					
2	Počet kritérií	6					
3	Počet variant	6					
4							
5	Názvy kritérií	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč	provozní náklady v mil. Kč	počet evakuovaných obcí při výstavbě	stupeň spolehlivosti provozu v bodové stupnici
6	Lepší/Horší = 1/0	0	1	0	0	0	1
7	Váhy kritérií	0,07	0,24	0,33	0,19	0,09	0,08
8							
9							
10	Varianty/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč	provozní náklady v mil. Kč	počet evakuovaných obcí při výstavbě	stupeň spolehlivosti provozu v bodové stupnici
11	lokalita 1	80	90	6	5,4	8	5
12	lokalita 2	65	58	2	9,7	1	1
13	lokalita 3	83	60	4	7,2	4	7
14	lokalita 4	40	80	10	7,5	7	10
15	lokalita 5	52	72	6	2	3	8
16	lokalita 6	94	96	7	3,6	5	6

Obrázek 7: Vyplněný vstupní soubor

- do buňky B1 není třeba zadávat žádnou hodnotu, pouze informačně lze uvést o jaký druh vstupního souboru se vlastně jedná, jestli je to soubor se vstupními daty (kriteriální matice), nebo soubor určený pro výpočet vah kritérií (váhový vektor), nebo soubor se vstupními údaji potřebnými pro statistické výpočty prováděné programem MCA7.
- do buňky B2 zadáváme počet kritérií, buňka musí obsahovat celočíselnou kladnou hodnotu (od 1 do 230) a nesmí být prázdná
- do buňky B3 zadáváme počet variant, buňka musí obsahovat celočíselnou kladnou hodnotu (od 1 do 65 000) a nesmí být prázdná
- buňky B5, C5, D5, ... atd. musí obsahovat nějaký text, pokud možno takový, který by výstižně charakterizoval jednotlivá kritéria¹; buňky se zaplňují okamžitě od sloupce B a zaplněných je přesně tolik sloupců, kolik je uvedeno v B2 a naopak; totéž platí i pro řádek 10 vstupního souboru; oba řádky 5 i 10 by měly být od sloupce B shodné²
- v řádku 6 musí být pro jednotlivá kritéria určeno, zda-li se jedná o maximalizační (ziskové) kritérium, pak do daného sloupce zapíšeme číslo 1, nebo o minimalizační (ztrátové) kritérium, pak píšeme 0
- ve sloupci A od řádku 11 směrem dolů zapisujeme názvy variant, které chceme seřadit pomocí MCA7, opět v našem případě by místo nic neříkajících zkratk měla být uvedena jména jednotlivých lokalit; počet variant musí odpovídat hodnotě v buňce B3
- do řádku 7 se napíšou tzv. "váhy kritérií", které určují procentně vyjádřenou důležitost každého kritéria [4]

¹pokud uvádíme zkratky, musíme znát jejich význam

²nejjednodušší je zkopírovat řádek 5 od sloupce B do řádku 10 od téhož sloupce

8. zbývající část vstupního souboru je vyplněna hodnotami jednotlivých kritérií pro danou variantu (kriteriální maticí)

Výše uvedený přehled stručně shrnuje pravidla pro správné vytvoření vstupního souboru dat. Pro naši úlohu to znamená, že máme 6 kritérií a 6 variant, tedy buňky B2 a B3 obsahují číslo 6, do sloupců B až G v řádcích 5 a 10 vložíme názvy kritérií (nebo jejich zkratky). Ve sloupci A od řádku 11 do řádku 16 zapíšeme názvy jednotlivých lokalit (variant). (viz. obrázek 7)

1.3.5 Maximalizační a minimalizační kritéria

Do řádku 6 vkládáme jedničky nebo nuly, podle toho, zda-li se jedná o maximalizační nebo minimalizační kritérium. Na straně 4, kde je seznam kritérií našeho příkladu, je za každým z nich v závorce uvedeno, o jaké kritérium se jedná. Například kritérium *Provozní náklady v mil. Kč* je označeno jako minimalizační, což je logické, pokud si uvědomíme, že výsledkem multikriteriální analýzy mají být naše varianty seřazené od nejhodnější lokality pro stavbu vodní elektrárny po tu nejméně vhodnou. Čím vyšší provozní náklady daná varianta má (čím vyšší je číslo ve sloupci E daného kritéria), tím horší je příslušná varianta z hlediska právě tohoto kritéria. Naopak kritérium *Stupeň spolehlivosti provozu v bodové stupnici* je maximalizační, protože, čím výše je hodnocena spolehlivost elektrárny postavené v dané lokalitě, tím lepší je daná lokalita (varianta). Obdobně je to i u ostatních kritérií. Podrobnější informace o této problematice lze nalézt v [4].

1.3.6 Váhy kritérií

Řádek sedm obsahuje tzv. *váhy kritérií*. Všem kritériím dohromady je přiděleno 100 % důležitosti. Těchto sto procent se musí rozdělit mezi jednotlivá kritéria tak, jak důležitá se jeví vzhledem k problému, o němž se podle nich rozhoduje. V našem příkladu jsou kritéria zadána tak, že jejich součet je roven 1. Zde není důležité aby součet vah všech kritérií byl přesně 100 % nebo 1, podstatný je poměr jednotlivých čísel vůči sobě, protože program MCA7 si čísla z řádku 7 převede tak, aby byl poměr vah zachován, ale aby součet byl roven 1 (resp. 100 %).

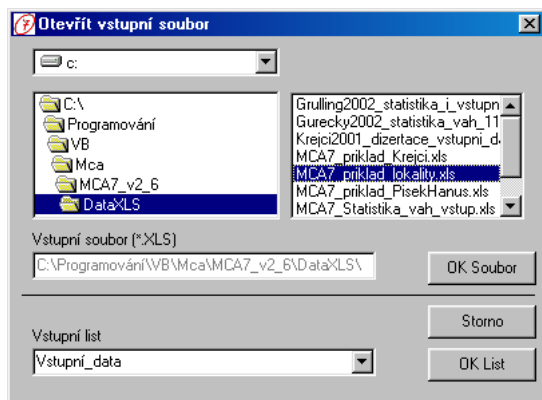
1.3.7 Uložení vstupních dat

Pokud jsme zadali všechny požadované údaje, nutné pro provedení rozhodovací analýzy některou z metod poskytovaných programem MCA7, uložíme takto vytvořený XLS soubor běžným způsobem: **CTRL+S**, *Soubor/Uložit jako...*, apod. Důležité je znát název souboru, do něhož jsme vstupní data uložili a také název listu, na kterém se nacházejí (v případě, že je v souboru těchto listů více). Po uložení souboru uzavřeme program MS Excel (**Alt+F4** nebo *Soubor/Konec*) a vrátíme se zpět do programu MCA7.

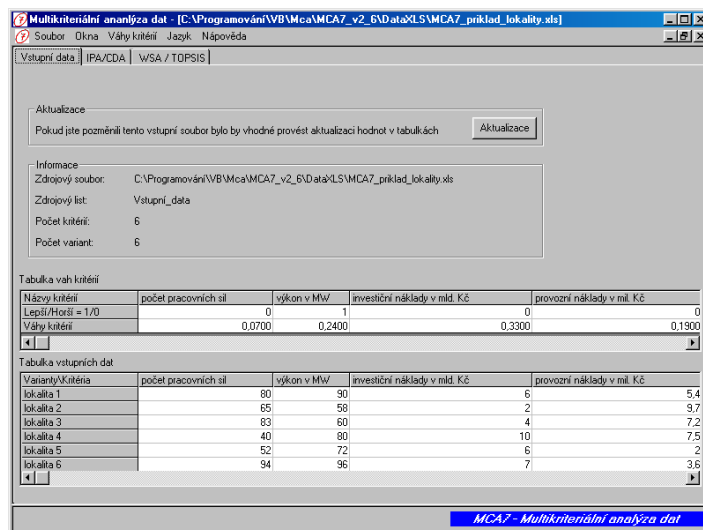
1.3.8 Provedení rozhodovacího výpočtu programem MCA7

V programu MCA7 nyní můžeme otevřít právě vytvořený vstupní datový soubor (*Soubor/Otevřít* nebo **CTRL+O**). Tím vyvoláme okno, jako na obrázku 8, v němž si vybereme nejprve požadovaný soubor ve formátu XLS a jeho volbu potvrdíme stiskem tlačítka *OK Soubor*.

Do rozbalovacího seznamu *Vstupní list* se načtou všechny listy zvoleného souboru XLS a my si vybereme ten, na němž jsou uložena naše vstupní data a stiskneme tlačítko *OK List*. Program MCA7 začne načítat a kontrolovat vstupní data, v případě nalezení chyby ve vstupních datech bude toto hlášeno a načítání se ukončí. Na uživateli pak je, aby vstupní datový soubor opravil, nebo vybral jiný. V průběhu načítání se ve spodní části obrazovky objevuje ukazatel stavu *Progress Bar* (modrý proužek). Jakmile je soubor úspěšně načten, objeví se obrazovka jako na obrázku 9.

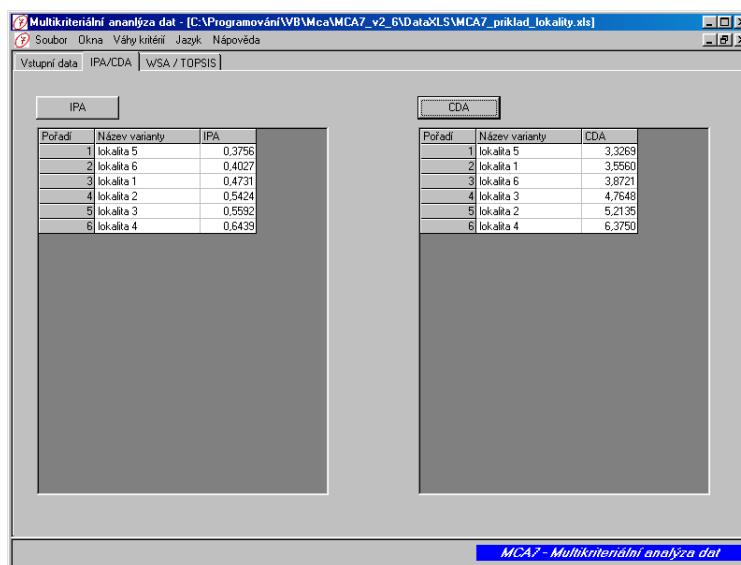


Obrázek 8: Otevřít vstupní soubor



Obrázek 9: Stav po otevření vstupního souboru

Na prvním okně (záložce) jsou uvedeny všechny podstatné informace o zpracovávaném souboru dat: počet variant, kritérií, jejich názvy, hodnoty vah, apod. Na dalších listech, na něž se lze přepnout kliknutím myši na záložku, se pak provádějí výpočty uvedenými metodami multikriteriální analýzy.



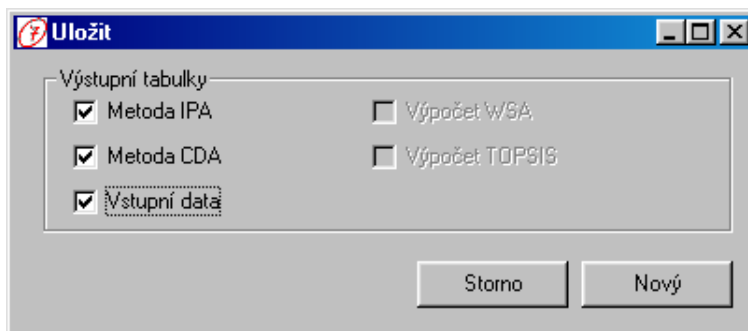
Obrázek 10: Výpočet metodami IPA a CDA

Například na obrázku 10 jsme se přepnuli na záložku *IPA/CDA*, kde lze provést výpočet metodou IPA - Ideal Point Analysis nebo CDA - Concordance Discordance Analysis, a to pouhým stiskem příslušného tlačítka. Výsledky těchto výpočtů jsou okamžitě patrné v daných tabulkách a v našem případě je vidět, že metodou IPA byla vybrána jako nejvhodnější lokalita pro stavbu vodní elektrárny, na základě daných kritérií a jejich vah, *lokalita 5*, jako druhá nejlepší pak *lokalita 6*, atd.

Výsledky dané metodou CDA jsou poněkud odlišné, přestože jako nejvhodnější byla i zde zvolena *lokalita 5*, na dalších místech dostáváme rozdílné hodnoty i pořadí. To vyplývá z různých matematických postupů používaných danými metodami. O tom, které metody a pro které úlohy jsou vhodné, se lze dočíst například v literatuře [4], [1].

1.3.9 Uložení seřazených variant do souboru

Stejně jako vstupní data, tak i výstupní jsou ukládána do souboru ve formátu programu MS Excel. Volba menu *Soubor/Uložit* nebo **CTRL+S** vyvolá okno jako na obrázku 11. Do zcela nového souboru programu MS Excel budou vloženy námi požadované údaje. Ve spodní části tohoto okna v rámečku *Výstupní tabulky* zvolíme tabulky, které chceme ukládat. Označit pro uložení můžeme pouze ty tabulky, které jsou k dispozici, tzn. že pokud jsme provedli výpočet metodami IPA a CDA, tak můžeme ukládat i jejich tabulky. Naopak v našem příkladu nebyly provedeny výpočty metodami WSA a TOPSIS, tak není možno jejich tabulky ukládat. Pochopitelně, že tabulku vstupních hodnot můžeme uložit vždy.



Obrázek 11: Uložit výstupní tabulky

V případě, že bychom chtěli uložit i tabulky s výpočty provedenými metodami WSA a TOPSIS, pak můžeme z tohoto okna odejít stiskem tlačítka *Storno* a provést dodatečný výpočet obdobným způsobem, jaký byl uveden výše. Následně pak znovu stiskneme klávesy **CTRL+S** a budeme mít možnost uložit i tyto tabulky.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Pořadí	Název varianty	IPA		Počet kritérií: 6		Zdrojový soubor: C:\PROGRAMOVÁNÍ\VB\MCA\MCA7-V2_3\Příklad_6_1.xls						
2	1	lokalita 5	0,3756		Počet variant: 6		Zdrojový list: MCA7 (2)						
3	2	lokalita 6	0,4027				Datum - čas uložení: 11.7.2002 - 10:54						
4	3	lokalita 1	0,4731										
5	4	lokalita 2	0,5424										
6	5	lokalita 3	0,5592										
7	6	lokalita 4	0,6439										
8													

Obrázek 12: Formát výstupního souboru

Na obrázku 12 je naznačen formát výstupního souboru s uložením tabulky obsahující seřazené varianty metodou IPA. Po volbě uložení souboru s vypočtenými hodnotami se spustí program MS Excel a postupně se vytvoří všechny požadované tabulky do zvoleného souboru. Při ukončení programu MS Excel budete požádáni o potvrzení uložení daného souboru. Pakliže zvolíte vytvoření nového souboru, budete muset zadat i jeho jméno a umístění. Program MCA7 ukončíte klasicky z menu *Soubor/Konec* nebo **CTRL+X**.

1.4 Určování vah kritérií - zadávání, výpočet, uložení

V této části bude vysvětlen postup při určování důležitosti jednotlivých kritérií. U vícekritériálních metod, jež pracují s tzv. *kardinální informací o kritériích*, se musí zadat relativní důležitost každého kritéria, jeho váha.

Dejme tomu, že si vybíráme své budoucí zaměstnání a rozhodujeme se pouze podle dvou kritérií: vzdálenost pracoviště od místa bydliště a výše platu. Nic jiného nás při rozhodování nebude zajímat. Pak ovšem máme ulehčenu situaci při rozhodování o tom, jak rozdělit 100 % důležitosti mezi tato dvě kritéria. Řekneme si, že plat má pro nás například 70 % důležitost a zbylých 30 % zbývá na vzdálenost pracoviště od našeho domova. V každém případě je toto rozhodování relativně jednoduché, i kdybychom zvolili jiné rozložení důležitosti. Ovšem ve většině případů, na které se metody multikritériální analýzy aplikují, se rozhodujeme podle většího množství kritérií. Můžeme mít 9, 10, 11 i více kritérií a rozdělit pak uvedené sto procent důležitostí, které máme k dispozici, již jednoduché není.

Pro usnadnění určování vah kritérií byly vyvinuty metody, jež se v MCA běžně používají a jejichž aplikace umožňuje rozdělit 100 % váhy mezi jednotlivá kritéria bez toho, aby byl uživatel nucen posuzovat všechna kritéria současně.

Program MCA7 je schopen vypočítávat váhy kritérií následujícími metodami:

- metoda Fullerova trojúhelníku,
- metoda kvantitativního párového srovnání kritérií, někdy také Saatyho metoda,
- určení vah kritérií z geometrického průměru řádku Saatyho matice párových porovnání.

1.4.1 Vstupní soubor pro výpočet vah kritérií

Pro výpočet vah kritérií některou z výše uvedených tří metod postačuje programu MCA7 znát jejich názvy a počet. Tvar vstupního souboru XLS je hodně podobný vstupnímu souboru pro data určená k výpočtu metodami MCA.

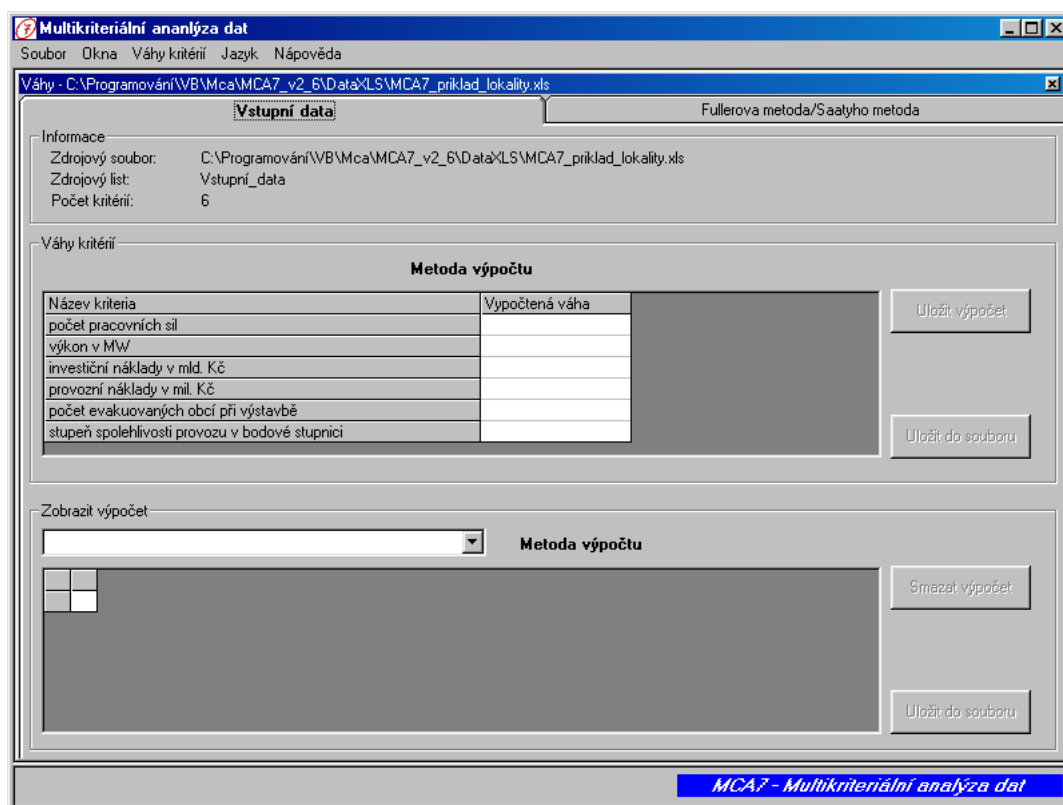
Pokud se podíváme na obrázek 7, pak úplně stejný tvar bude mít i vstupní soubor pro výpočet vah kritérií s tím, že stačí mít vyplněny buňky B2, kde je uveden počet kritérií a buňky v řádku 5, kde jsou uvedeny názvy kritérií. Je nutné dodržet pravidla platná pro tyto buňky a jejich obsah, která jsou popsána na straně 6. Ostatní políčka nejsou pro určování vah kritérií programem MCA7 nezbytná.

1.4.2 Otevření vstupního souboru pro výpočet vah kritérií

Vrátíme se k námi již vytvořenému souboru se vstupními daty, který můžeme použít i pro určování vah kritérií. Spustíme program MCA7 a prostřednictvím menu *Váhy kritérií/Návrh vah/Otevřít* vyvoláme okno podobné tomu na obrázku 6, zvolíme si soubor a příslušný list. Výsledkem bude otevření okna jako na obrázku 13.

Na tomto obrázku je patrné, že úvodní list tohoto okna obsahuje podstatné informace o otevřeném zdrojovém souboru a v tabulce pak seznam kritérií, jejichž váhy je možné určovat a které budou vloženy do příslušného, zatím prázdného sloupce této tabulky.

Po provedení každého výpočtu jsou výsledné hodnoty vah zobrazeny v tabulce *Váhy kritérií*. Tyto "mezivýpočty" je možno vždy uložit pomocí tlačítka *Uložit výpočet* a v druhé tabulce *Zobrazit výpočet* je pak možno tyto mezivýpočty zobrazovat výběrem ze seznamu uložených a pojmenovaných mezivýpočtů.



Obrázek 13: Stav po otevření souboru pro návrh vah kritérií

1.4.3 Určování vah kritérií programem MCA7

Po kliknutí na záložku *Fullerova metoda/Saatyho metoda* se přepneme do dalšího listu, kde můžeme provádět určování vah výše zmíněnými metodami. Pro zadávání dat při určování vah kritérií metodou Fullerova trojúhelníku stiskneme tlačítko *Fullerova metoda* a aktivujeme tak příslušný rámeček na tomto listu.

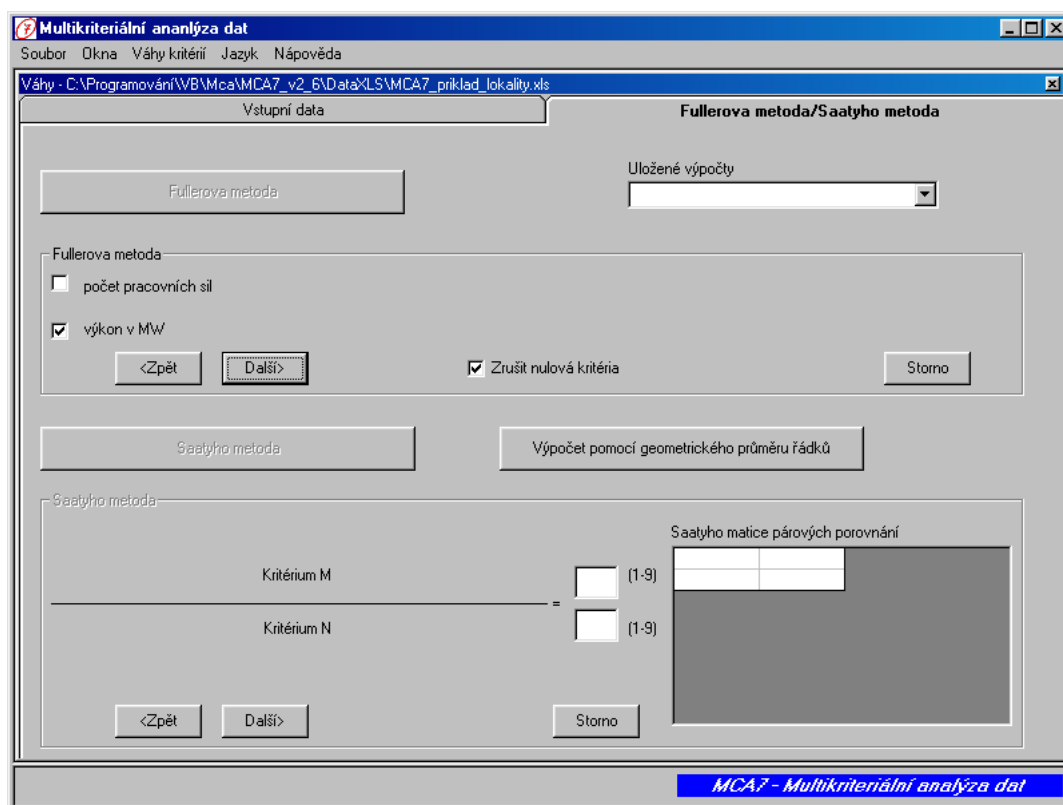
Obdobně pro použití Saatyho metody stiskneme zase tlačítko *Saatyho metoda*. Nakonec je zde také možnost počítat váhy pomocí geometrického průměru řádků matice párových porovnání. Posledně jmenované dvě metody využívají stejného vstupního rámečku a stejné matice párových porovnání, pouze způsob výpočtu vah je rozdílný.

Současně je možno provádět výpočet pouze jednou ze zvolených metod, až je tento výpočet a zadávání hodnot ukončeno, je možné zvolit výpočet další metodou.

1.4.4 Metoda Fullerova trojúhelníku

Princip této metody spočívá v postupném porovnávání každého kritéria s každým po dvojicích, viz. obrázek 14. U každé z porovnávaných dvojic určíme zatržením to kritérium, které je významnější. Pokud se obě kritéria jeví jako stejně významná, označíme každé z nich.

Dojde-li k situaci, že v porovnávané množině jsou i kritéria, jež se nám jeví jako bezvýznamná a podle našeho názoru by ani neměla být uváděna (jedná se o autorovu praktickou zkušenost), pak tato metoda přesto vyžaduje, abychom i u "bezvýznamného" kritéria postupovali v souladu s předchozím textem. Tedy srovnáváme-li kritérium s určitou významností s kritériem "bezvýznamným", první označíme a druhé nikoliv. U dvojice "bezvýznamných" kritérií označíme obě.



Obrázek 14: Určování vah metodou Fullerova trojúhelníku

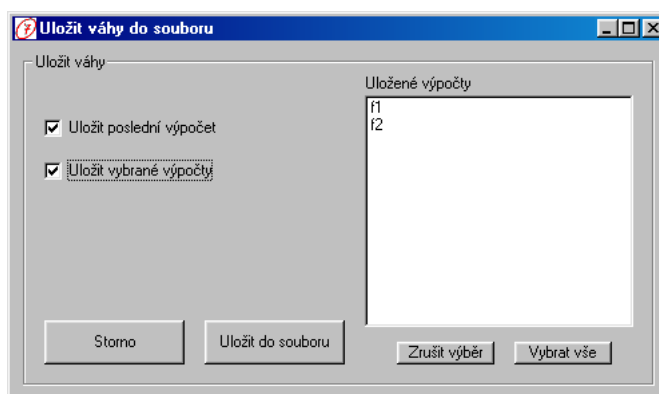
Po označení první dvojice kritérií se k další dvojici přesuneme stiskem tlačítka *Další>*, postupně tak budou nabízeny programem ke srovnání všechny dvojice kritérií. Stiskem tlačítka *<Zpět* máme možnost vrátit se a případně změnit předchozí zadání. Jakmile dojde k porovnávání poslední dvojice kritérií, změní se tlačítko *Další>* na *Konec* a po jeho stisknutí se provede výpočet zadaných hodnot a na úvodním listu budou u příslušných kritérií v tabulce *Váhy kritérií* i jejich váhy vypočtené metodou Fullerova trojúhelníka.

Předtím než stiskneme tlačítko *Konec*, můžeme u této metody *Zrušit nulová kritéria*. To je funkce, která zabrání tomu, aby kritérium, které nebylo ani v jedné z porovnávaných dvojic významnější nebo alespoň stejně významné, obdrželo 0 % váhu. Další podrobnosti k tomuto problému i k Fullerově metodě jako takové lze vyhledat v [4].

1.4.5 Uložení určených vah

Jakmile je proveden výpočet vah některou ze zvolených metod, tak se program MCA7 přepne na první list tohoto okna (obrázek 13) a my máme možnost vypočtené váhy uložit díky tlačítku *Uložit do souboru*. Tato nabídka je přístupná pouze v případě, že jsme předtím provedli výpočet vah kritérií.

Váhy kritérií budou uloženy do zcela nového souboru. Pokud jsme měli ještě před ukládáním vah uložené i nějaké mezivýpočty, máme možnost uložit i tyto. Na obrázku 15 je zobrazena nabídka v níž lze postupně vybírat výpočty vah kritérií, které se budou následně ukládat. Každý výpočet se uloží do zvláštního listu v souboru programu MS Excel.



Obrázek 15: Výběr vypočtených vah pro uložení

1.4.6 Úprava dat zadaných při Fullerově metodě

Pokud však uzavřeme toto okno s výpočty vah, například z menu *Váhy kritérií/Návrh vah/Zavřít*, budeme muset pro další výpočet opět otevřít soubor a projít celou výše popsanou procedurou znovu.

Okamžitě po provedení výpočtu Fullerovou metodou máme možnost provádět úpravu a editaci právě zadaných hodnot. Stačí pouze stisknout tlačítko *Fullerova metoda* na kartě *Fullerova metoda/Saatyho metoda*. Program si pamatuje posledně zadávané hodnoty a zeptá se uživatele, zda-li chce zachovat tyto hodnoty v paměti a pouze je upravovat, nebo jestli chce pro daný soubor kritérií zadávat srovnání od začátku.

Výpočet je možno kdykoliv přerušit tlačítkem *Storno*. Ovšem v takovém případě budou všechny právě zadané hodnoty z paměti vymazány a musí se pak jejich vkládání provádět znovu.

Pokud jsme si uložili vypočtené hodnoty do mezivýpočtu, pak máme možnost po stisku tlačítka *Fullerova metoda* vybrat si z nabídky *Uložené výpočty* a automaticky se nám načtou zadané vstupní údaje, které lze pak editovat.

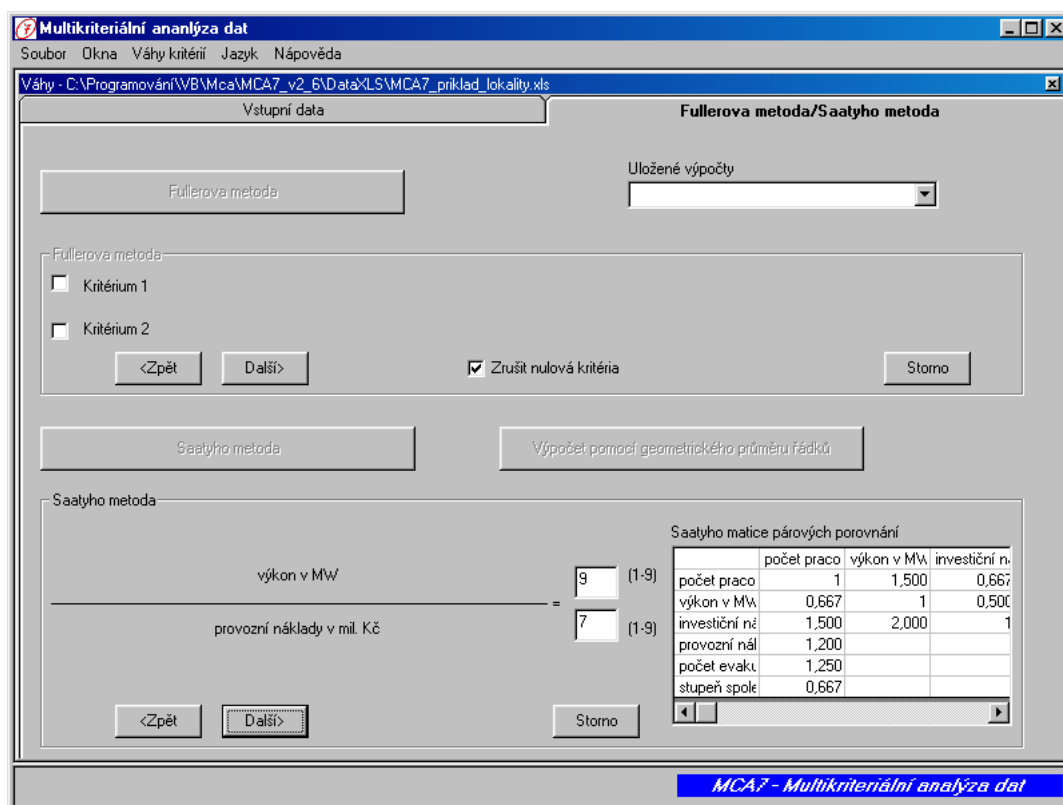
1.4.7 Saatyho metoda

Princip této metody spočívá v tom, že postupně srovnáváme dvě kritéria a číselně vyjadřujeme, jaký je dle našeho názoru jejich poměr důležitosti. Tento poměr vyjadřujeme celými čísly od 1 do 9.

Program MCA7 je napsán takovým způsobem, že při zadávání hodnot do matice párových porovnání automaticky kontroluje to, aby byla zadávána pouze celá čísla v uvedeném rozsahu a po zadání čitatele zlomku se kurzor přesune okamžitě do políčka jmenovatele. Po vložení korektní hodnoty i do něj se kurzor objeví na tlačítku *Další>*, jímž se posuneme k zadávání hodnot následující dvojice kritérií. Při zadávání tedy stačí pouze vkládat čísla a mačkat klávesu **Enter** pro posun k další dvojici srovnávaných kritérií.

S každou postupně zadávanou dvojicí čísel se vyplňuje matice párových porovnání na pravé straně, kde na její hlavní diagonále jsou samé jedničky a pod ní se ukládá reciproká hodnota hodnoty prvku symetricky umístěného nad hlavní diagonálou. Tento princip je typický pro metody kvantitativního párového srovnání kritérií jako je Saatyho metoda nebo metoda geometrického průměru řádků. Další podrobnosti lze nalézt v literatuře [4].

V matici můžeme provádět úpravy již zadaných hodnot a přesouvat se mezi srovnávanými dvojicemi pomocí tlačítek *<Zpět* a *Další>*.



Obrázek 16: Určování vah Saatyho metodou

Okamžitě po provedení výpočtu Saatyho metodou nebo metodou geometrického průměru řádků máme možnost provádět úpravu a editaci právě zadaných hodnot. Stačí pouze stisknout tlačítko pro příslušnou metodu na kartě *Fullerova metoda/Saatyho metoda*. Program si pamatuje posledně zadávané hodnoty a zeptá se uživatele, zda-li chce zachovat tyto hodnoty v paměti a pouze je upravovat, nebo jestli chce pro daný soubor kritérií zadávat poměry důležitosti kritérií od začátku.

Výpočet je možno kdykoliv přerušit tlačítkem *Storno*. Ovšem v takovém případě budou všechny právě zadané hodnoty z paměti vymazány a musí se pak provést jejich celkové opětné vložení.

Jakmile dojde k porovnávání poslední dvojice kritérií, změní se tlačítko *Další>* na *Konec* a po jeho stisknutí se provede výpočet zadaných hodnot a na úvodním listu budou u příslušných kritérií v tabulce i jejich váhy vypočtené Saatyho metodou.

Pokud jsme si uložili vypočtené hodnoty do mezivýpočtu, pak máme možnost po stisku tlačítka *Saatyho metoda* vybrat si z nabídky *Uložené výpočty* a automaticky se nám načtou zadané vstupní údaje, které lze pak editovat.

1.4.8 Konzistence matice

Při zadávání hodnot do matice párových porovnání musí být dodržena konzistentnost hodnot v matici. Zjednodušeně lze říct, že pokud například uvedeme, že poměr prvního a druhého kritéria je 1:1 a poměr prvního ku třetímu je také 1:1, pak když zadáme poměr druhého ku třetímu kritériu 5:1, zcela určitě dojde k porušení konzistence matice. Bližší vysvětlení této problematiky je uvedeno například v [4].

Při výpočtu vah kritérií Saatyho metodou se po zadání posledních hodnot a stisku tlačítka *Konec* objeví informace o tom, zda-li byla dodržena konzistence matice. Není-li právě zadaná matice dostatečně

konzistentní, pak bychom měli vložené hodnoty ještě zkontrolovat a upravit tak, aby bylo dosaženo dostatečné konzistence. Až poté je možno považovat vypočtené váhy kritérií Saatyho metodou za dostatečně přesné.

1.4.9 Metoda geometrického průměru řádků

Tato metoda rovněž vychází z matice párových porovnání, stejně jako metoda Saatyho. Zadává se obdobným způsobem a platí pro ni všechna pravidla tak, jako pro metodu výše uvedenou.

1.5 Statistické zpracování vah kritérií

Největším problémem při aplikaci metod multikriteriální analýzy je získávání vstupních dat, především pak určení vah kritérií. V předchozí části byly představeny metody určování vah, které mohou jednotlivým uživatelům pomoci vyjádřit (procentně) rozložení důležitosti mezi jednotlivá kritéria.

Je pochopitelné, že ať už použijeme některou z těchto metod, nebo vyjádříme váhy kritérií přímo procenty bez jejich pomoci, vždy se bude jednat o subjektivní názor jedné osoby. Aby výsledný vektor vah byl co nejobjektivnější, je nutné získat pokud možno co největší vzorek různých vektorů a po případných statistických úpravách tak obdržíme objektivnější vyjádření vah kritérií.

V praxi se používají různé metody, pro získávání vah kritérií:

1. Většinou jsou osloveni odborníci z oblasti, jíž se týká vícekritériální úloha, kterou řešíme. Těmto odborníkům se předloží k posouzení jednotlivá kritéria a výsledkem bude soubor vektorů vah od různých osob, který je možné statisticky zpracovat a získat tak jediný vektor vah, který lze použít jako vstup pro program MCA7.
2. Existuje i možnost vzájemné konfrontace různých odborných pracovníků, kteří po společné diskuzi navrhnou jeden vektor vah pro daná kritéria. V takovém případě se samozřejmě nemusí provádět už další statistické zpracování, protože máme pouze jeden, explicitně určený, vektor vah pro všechna kritéria.
3. Také možnost zadavatele vícekritériální úlohy, navrhnout váhy kritérií jako jediný odborník, zde existuje. Je však nutno vzít v úvahu, že odpovědnost je kladena pouze na jednu osobu, která nemusí nutně postihnout všechny aspekty řešeného problému, nebo se může jednoduše mýlit.

V následujícím textu se budeme zabývat prvním případem z uvedeného výčtu. Za předpokladu, že máme k dispozici větší množství vyjádření o hodnotě vah kritérií, která jsme získali od různých expertů, musíme je zpracovat tak, aby výsledkem bylo co nejobjektivnější vyjádření vah kritérií z obdržených údajů.

1.5.1 Vstupní soubor pro statistické zpracování

Stejně jako v předchozích případech i zde budou vstupní data ve formě souboru programu MS Excel, jehož šablonu jednoduše vytvoříme pomocí menu *Váhy kritérií/Statistika návrhů/Vytvořit šablonu*. Spustí se program MS Excel a vytvoří šablonu dokumentu (obrázek 17), do které pouze zapíšeme příslušné údaje.

Již z této šablony je patrné, jaké hodnoty se zde budou zadávat. V buňce B2 musí být kladná celočíselná hodnota (od 1 do 230), udávající počet kritérií.

V buňce B3 bude opět číslo, jenž určuje počet variant návrhů (počet odborníků, kteří poskytli své návrhy na rozdělení vah kritérií). Mělo by se jednat o kladné celé číslo v rozsahu od 1 do 32 000.

Buňka B4 bude obsahovat buď to číslo 1 nebo číslo 0, to podle situace, zda-li jsou zadané hodnoty od odborníků uváděny přímo v procentech \Rightarrow 0, nebo odborníci pouze uvedli pořadí důležitosti jednotlivých kritérií \Rightarrow 1.

Na obrázcích 18 a 19 jsou ukázky vstupních souborů, kde odborníci vyjádřili váhy kritérií jak pomocí pořadí, tak i přímo procenty.

	A	B	C
1	Typ souboru	statistika	
2	Počet kritérií		
3	Počet variant návrhů		
4	Pořadí/Procenta = 1/0		
5			
6	Názyv kritérií		
7	Váhy kritérií		
8			
9			
10	Varianty návrhů/Kritéria		
11			
12			

Obrázek 17: Šablona vstupního souboru pro statistické zpracování vah

Pokud je uváděno pořadí jednotlivých kritérií, pak nejdůležitější kritérium je na prvním místě a odborník do příslušného sloupce zapíše číslo 1, pro druhé nejdůležitější 2, atd. Považuje-li dvě nebo více kritérií za stejně důležitá, pak je může současně zařadit všechna například na 1. místo nebo na druhé atd. Považuje-li nějaké kritérium za "bezvýznamné", přidělí mu hodnotu 0.

	A	B	C	D
1	Typ souboru	statistika		
2	Počet kritérií		3	
3	Počet variant návrhů		10	
4	Pořadí/Procenta = 1/0		1	
5				
6	Názyv kritérií	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč
7	Váhy kritérií			
8				
9				
10	Varianty návrhů/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč
11	odborník 1	3	2	1
12	odborník 2	2	3	1
13	odborník 3	1	3	2
14	odborník 4	3	2	1
15	odborník 5	3	1	2
16	odborník 6	3	2	1
17	odborník 7	2	3	1
18	odborník 8	2	1	1
19	odborník 9	3	2	1
20	odborník 10	3	2	1
21				

Obrázek 18: Váhy určené pořadím

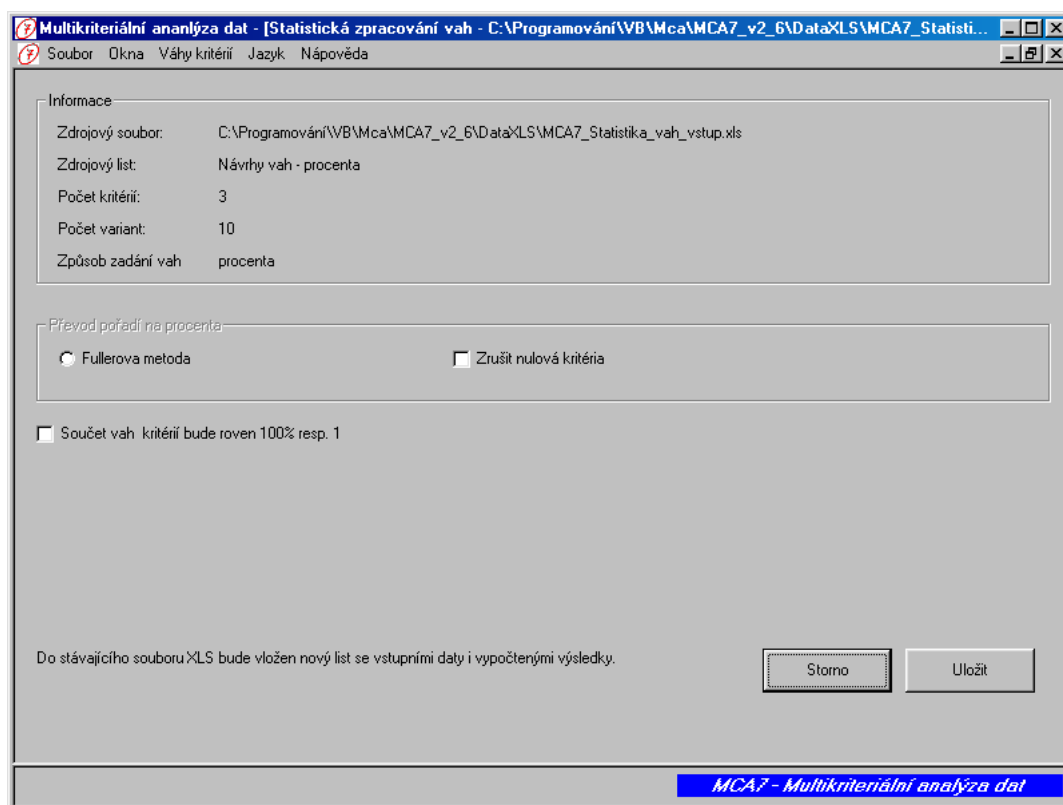
	A	B	C	D
1	Typ souboru	statistika		
2	Počet kritérií		3	
3	Počet variant návrhů		10	
4	Pořadí/Procenta = 1/0		0	
5				
6	Názyv kritérií	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč
7	Váhy kritérií			
8				
9				
10	Varianty návrhů/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld. Kč
11	odborník 1	10	20	70
12	odborník 2	35	5	60
13	odborník 3	60	10	30
14	odborník 4	10	30	60
15	odborník 5	5	50	45
16	odborník 6	5	30	65
17	odborník 7	30	20	50
18	odborník 8	20	40	40
19	odborník 9	0	30	70
20	odborník 10	15	40	45
21				

Obrázek 19: Váhy určené procenty

1.5.2 Otevření souboru a výpočet

Jakmile máme hotový vstupní soubor v MS Excel, tak jej uložíme a zavřeme Excel. V programu MCA7 zvolíme menu *Váhy kritérií/Statistika návrhů/Otevřít soubor*, otevře se nám klasické okno, podobné tomu na obrázku 8. Vybereme opět soubor a list z tohoto souboru, kde máme uložena vstupní data. Po stisknutí tlačítka *OK List* se nám otevře okno na obrázku 20.

V rámečku *Informace* tohoto okna jsou zobrazeny údaje o vstupním souboru, zdrojovém listu a počtech kritérií a variant návrhů. Rovněž je zde uvedena informace o tom, jakým způsobem jsou data v souboru zadána, zda-li jako *pořadí* důležitosti nebo jako *procenta* vah kritérií.



Obrázek 20: Statistické vyhodnocení vah kritérií

Jsou-li vstupní data ve formě pořadí důležitosti jednotlivých kritérií, pak je aktivní i rámeček *Převod pořadí na procenta*. V něm je pak označena metoda, pomocí které se provede převod zadaných dat u všech odborníků a pro všechna kritéria z pořadí na procenta.

U Fullerovy metody v rámečku *Převod pořadí na procenta* je uvedena možnost zvolit *Nenulová procenta*, která je původně zapnuta. Další informace lze nalézt na straně 12.

Jak už bylo uvedeno dříve v textu, součet vah všech kritérií jednoho váhového vektoru by měl být 100 %, resp. 1. Program MCA7 při načítání klasického vstupního souboru s daty určenými pro seřazení variant některou z metod MCA provede úpravu vah kritérií tak, aby byla tato podmínka splněna. Proto nemusíme bezpodmínečně označovat i tuto volbu, záleží to pouze na vlastním uvážení uživatele.

Samotný výpočet a jeho uložení do stávajícího souboru avšak na nový list se provádí tlačítkem *Uložit*. Průběh ukládání je zobrazován opět pomocí modrého proužku ve spodní stavové liště programu MCA7. Jakmile je výpočet a ukládání souboru ukončeno, zhasne se i aktivní okno z obrázku 20.

1.5.3 Výstupní soubor

Tvar výstupního souboru, obrázek 21, je na svém začátku shodný se souborem vstupním, obrázek 18, který byl pouze zkopírován. Nejdůležitější změna se nachází v řádce číslo 7, kde jsou nyní, narozdíl od vstupního souboru, hodnoty vah kritérií po statistické úpravě.

Do výstupního souboru byly zapsány i další tabulky, které posloužily pro výpočet a statistické vyhodnocení vstupních vah kritérií. Pokud byly váhy zadány pořadím, pak výstupní soubor obsahuje

A	B	C	D
1 Typ souboru	statistika		Aplikována podmínka p Součet výsledných ve
2 Počet kritérií		3	
3 Počet variant návrhů		10	
4 Pořadí/Procenta = 1/0		1	
6 Názvy kritérií	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld.
7 Váhy kritérií určené z poř.	0,0303	0,2879	0,5606
10 Varianty návrhů/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld.
11 odborník 1	3	2	1
12 odborník 2	2	3	1
13 odborník 3	1	3	2
14 odborník 4	3	2	1
15 odborník 5	3	1	2
16 odborník 6	3	2	1
17 odborník 7	2	3	1
18 odborník 8	2	1	1
19 odborník 9	3	2	1
20 odborník 10	3	2	1

Obrázek 21: Výstupní soubor - 1.část

A	B	C	D
24 Varianty návrhů/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld.
25 odborník 1	3,03	33,33	63,64
26 odborník 2	33,33	3,03	63,64
27 odborník 3	63,64	3,03	33,33
28 odborník 4	3,03	33,33	63,64
29 odborník 5	3,03	63,64	33,33
30 odborník 6	3,03	33,33	63,64
31 odborník 7	33,33	3,03	63,64
32 odborník 8	3,03	48,48	48,48
33 odborník 9	3,03	33,33	63,64
34 odborník 10	3,03	33,33	63,64
35 Medián	3,03	33,33	63,64
38 Varianty návrhů/Kritéria	počet pracovních sil	výkon v MW	investiční náklady v mld.
39 odborník 1	0,0000	0,0000	0,0000
40 odborník 2	30,3030	30,3030	0,0000
41 odborník 3	60,6061	30,3030	30,3030
42 odborník 4	0,0000	0,0000	0,0000
43 odborník 5	0,0000	30,3030	30,3030
44 odborník 6	0,0000	0,0000	0,0000
45 odborník 7	30,3030	30,3030	0,0000
46 odborník 8	0,0000	15,1515	15,1515
47 odborník 9	0,0000	0,0000	0,0000
48 odborník 10	0,0000	0,0000	0,0000
49 MAD	0,0000	7,5758	0,0000
50 Mediánová souřadnice	3,0303	67,0379	63,6364

Obrázek 22: Výstupní soubor - 2.část

tabulku s váhami kritérií převedenými na procenta metodou Fullerova trojúhelníku a také tabulku potřebnou pro výpočet tzv. *Mediánové souřadnice*³.

Na obrázku 22 je pak zachycen zbytek výstupního souboru, jehož úvod je na obrázku 21. Jsou zde jasně rozeznatelné dvě tabulky, které byly zmíněny v předchozím odstavci.

Za předpokladu, že vstupní údaje byly vkládány jako procenta vah kritérií, pak výstupní soubor nebude obsahovat tabulku s převodem Fullerovou metodou, ale pouze zkopírovanou tabulku vstupních dat a tabulku s odchylkami kritérií od mediánu, z níž se vypočítá mediánová souřadnice. Opět ta nejdůležitější informace, vypočtený vektor vah kritérií, je obsažena v řádce 7 výstupního listu daného souboru.

³Bližší vysvětlení v části nazvané *Matematické postupy programu MCA7*

1.6 Matematické postupy programu MCA7

Program MCA7 používá pro výpočet v některých svých částech matematické postupy, které si zaslouží bližší vysvětlení. V této části se nenachází popis metod multikriteriální analýzy nebo určování vah kritérií. Soupis literatury, jenž se zmíněnou problematikou zabývá, je uveden na konci této práce.

1.6.1 Výpočet vlastních čísel matice - Saatyho metoda

Při určování vah kritérií tzv. Saatyho metodou je nutno vypočítávat i vlastní čísla matice párových porovnání. Program MCA7 pro tuto operaci používá následující postup.

Hledáme maximální reálnou vlastní hodnotu λ_1 dané matice. Nechť α^p je p -tá mocnina matice α , definovaná jako

$$\alpha^p = \sum_{r=1}^n \lambda_r^p \cdot Z_r \quad (1)$$

kde

$$Z_r = \prod_{s \neq r} \frac{(\alpha - \lambda_s[1])}{\lambda_r - \lambda_s} \quad (2)$$

Z_r zřejmě nezávisí na p .

Předpokládejme, že n kořenů rovnice $\Delta(\lambda) = 0$ je seřazeno podle klesající absolutní hodnoty:

$$|\lambda_1| > |\lambda_2| > \dots > |\lambda_n| \quad (3)$$

Je-li p velmi velké, můžeme zanedbat $\lambda_2^p, \dots, \lambda_n^p$ vůči λ_1^p a psát

$$\alpha^p \sim \lambda_1^p \prod_{s \neq 1} \frac{(\alpha - \lambda_s[1])}{\lambda_1 - \lambda_s} \quad (4)$$

PŘÍKLAD - Máme vypočítat přibližnou hodnotu matice

$$\begin{bmatrix} 11 & -6 & 2 \\ -6 & 10 & -4 \\ 2 & -4 & 6 \end{bmatrix}^{428}$$

Kořeny charakteristické rovnice jsou:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= 18 \\ \lambda_2 &= 6 \\ \lambda_3 &= 3 \end{aligned}$$

Matice Z_1 je určena jako

$$Z_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 4 & -4 & 2 \\ -4 & 4 & -2 \\ 2 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Pak tedy platí

$$\begin{bmatrix} 11 & -6 & 2 \\ -6 & 10 & -4 \\ 2 & -4 & 6 \end{bmatrix}^{428} \sim 2 \cdot 18^{427} \begin{bmatrix} 4 & -4 & 2 \\ -4 & 4 & -2 \\ 2 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Z předchozího je patrné, že limitní tvar α^p pro p rostoucí nade všechny meze je $\lambda_1^p Z_1$. Z toho plyne, že je-li p dostatečně velké, matice α^p a α^{p+1} vyhovují vztahu

$$\alpha^{p+1} = \lambda_1 \cdot \alpha^p \quad (5)$$

Jestliže f_{ij} , resp. g_{ij} jsou dva stejnohlé prvky matice α^p resp. α^{p+1} , lze psát

$$\lambda_1 = \lim_{p \rightarrow \infty} \frac{g_{ij}}{f_{ij}} \quad (6)$$

PŘÍKLAD - Hledejme co do absolutní hodnoty nejvyšší vlastní číslo matice

$$\begin{bmatrix} 11 & -6 & 2 \\ -6 & 10 & -4 \\ 2 & -4 & 6 \end{bmatrix}$$

Vyčíslením matice α^8 dostáváme

$$[f_{ij}] = \begin{bmatrix} 4\,898\,507\,481 & -4\,897\,385\,550 & 2\,448\,135\,090 \\ -4\,897\,385\,550 & 4\,897\,949\,796 & -2\,449\,250\,460 \\ 2\,448\,135\,090 & -2\,449\,250\,460 & 1\,225\,189\,476 \end{bmatrix}.$$

Vypočteme nyní pouze prvek g_{11} matice α^9 : je to číslo 88 165 771; podíl tohoto prvku a prvku f_{11} matice α^8 dává hodnotu $\lambda_1 = 17,998$. Víme, že přesná hodnota je 18. Další podrobnosti lze nalézt v literatuře [20].

Výpočet vlastního čísla matice je v programu MCA7 důležitý v případě určování konzistence zadané matice párových porovnání, kdy se počítá tzv. index konzistence

$$C.I. = (l_{max} - k)/(k - 1) \quad (7)$$

Pokud je hodnota tohoto indexu $C.I. < 0,1$, potom lze považovat matici párových porovnání za dostatečně konzistentní. [4]

Aby byla hodnota získaného vlastního čísla matice co nejpřesnější, pracuje program s vyšším iteračním krokem, než jaký byl uveden v předchozím příkladu. Program MCA7 určuje vlastní číslo matice jako podíl stejnohlých prvků dvacáté a devatenácté mocniny Saatyho matice.

1.6.2 Statistické zpracování souboru dat - váhy kritérií

Program MCA7 nabízí jako jednu z funkcí statistické zpracování většího počtu návrhů vah kritérií, pocházejících z různých zdrojů. Těmito zdroji často bývají odborníci, kteří se pochopitelně při určování důležitosti jednotlivých kritérií ve svých názorech mohou lišit. Snahou této funkce, jíž lze vyvolat z menu programu MCA7 *Váhy kritérií/Statistika návrhů/Otevřít soubor*, je z množství různých hodnot vah pro jednotlivá kritéria extrahovat takové váhy, které budou co nejdříveji reprezentovat rozdílné názory odborníků.

Je nasnadě, že pouhý výpočet aritmetického průměru z různých hodnot udávaných pro příslušné kritérium nemůže být nejpřesnější možnou hodnotou. Předpokládejme, že máme například vzorek deseti odborníků a osm z nich nějakému kritériu přiřadilo váhu 10 % a jeden pak váhu 90 % a zbývající váhu 75 %. Aritmetický průměr je tudíž podíl $245/10 = 24,5$ % důležitosti kritéria. Ačkoli pouze dva z odborníků měli odlišný názor, aritmetický průměr jim umožnil značně ovlivnit váhu kritéria, téměř zdvojnásobit, oproti názoru všech ostatních.

Takovýmto hodnotám, které se významně liší od průměrných hodnot zpracovávaného souboru dat a tím ovlivňují jak střední hodnotu, tak i výběrový rozptyl, se říká *odlehlá pozorování* (anglicky outlier). Statistika zná různé metody, jež umožňují eliminovat vliv těchto odlehlých pozorování.

1.6.3 Z-souřadnice

Při statistickém zpracování hodnot vah kritérií udávaných odborníky, na ně může být pohlíženo jako na tzv. *náhodný výběr* s normálním rozdělením. Odlehlá pozorování jsou takové hodnoty, pro něž platí:

$$\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} > 3 \quad (8)$$

kde: x_i - zkoumaný prvek souboru,
 \bar{x} - střední hodnota výběrového rozdělení,
 σ^2 - výběrový rozptyl.

Uvedený vztah je tzv. *Z-souřadnicí*, jejíž pomocí lze odstraňovat odlehlá pozorování. Tato metoda má však určité nedostatky, které spočívají především v tom, že samotné proměnné x_i a σ jsou ovlivněny odlehlým pozorováním. Naopak její výhodou je poměrná jednoduchost.

1.6.4 Mediánová souřadnice

Jinou možností, jak zpracovat náhodný výběr a vyloučit přitom hodnoty, jež se příliš vymykají statistickému průměru, je použití tzv. *Mediánové souřadnice*. Ta je na rozdíl od *Z-souřadnice* poněkud složitější, ale není tak citlivá na odlehlá pozorování. Navíc v době výpočetní techniky je obtížnější způsob výpočtu zanedbatelným problémem a právě tuto metodu používá i program MCA7.

Pro *Mediánové souřadnice* platí:

$$\frac{x_i - med}{1,483 \cdot MAD} > 3 \quad (9)$$

kde: x_i - zkoumaný prvek souboru,
 med - medián souboru prvků,
 MAD - medián absolutních odchylek od mediánu daného souboru prvků.

V případě, že podle velikosti seřazený soubor dat obsahuje lichý počet hodnot, pak hodnota přesně uprostřed souboru je medián.

Je-li počet hodnot tohoto souboru sudý, potom je medián střed mezi nejmenší hodnotou horní poloviny dat a nejvyšší hodnotou dolní poloviny dat.

PŘÍKLAD - Zpracujme statisticky výše v této kapitole naznačený příklad s odborníky.

Odborníci	Váha kritéria x_i
Odborník 1	10
Odborník 2	75
Odborník 3	10
Odborník 4	10
Odborník 5	10
Odborník 6	10
Odborník 7	10
Odborník 8	10
Odborník 9	90
Odborník 10	10

Tabulka 1: Vstupní data

Odborníci	Váha kritéria x_i
Odborník 1	10
Odborník 3	10
Odborník 4	10
Odborník 5	10
Odborník 6	10
Odborník 7	10
Odborník 8	10
Odborník 10	10
Odborník 2	75
Odborník 9	90

Tabulka 2: Seřazená vstupní data

Medián vycházející z tabulky 2 je roven 10, protože když rozdělíme seřazená data na polovinu, tak nej-vyšší hodnota dolní poloviny dat je 10 a nejnižší z horní poloviny rovněž. Pak platí, že $(10+10)/2=10$, což je medián tohoto souboru.

Odborníci	Váha kritéria x_i
Odborník 1	0
Odborník 3	0
Odborník 4	0
Odborník 5	0
Odborník 6	0
Odborník 7	0
Odborník 8	0
Odborník 10	0
Odborník 2	65
Odborník 9	80
Medián = MAD	0
Mediánová souřadnice	10

Tabulka 3: Absolutní rozdíl od mediánu

V tabulce 3 je vypočítán rozdíl dané váhy a mediánu souboru v absolutní hodnotě $|x_i - med|$. Z této tabulky se pak určí opět medián, zde jej ale již označujeme jako MAD, který se rovná 0. Mediánovou souřadnici m_s získáme ze vztahu 9 úpravou jako

$$m_s = 3 \cdot 1,483 \cdot MAD + med = 3 \cdot 1,483 \cdot 0 + 10 = 10$$

Platí-li pro některou z vah vstupního datového souboru podmínka $x_i > m_s$, tedy že některá hodnota z tabulky 1 resp. 2 je větší než číslo 10, pak bude vypuštěna z tohoto souboru dat. Ze zbývajících hodnot je následně vypočten aritmetický průměr, který není ovlivněn několika málo extrémními údaji. Konečná váha tohoto jediného kritéria je pak rovna 10 %.

Odborníci	Váha kritéria x_i
Odborník 1	10
Odborník 3	10
Odborník 4	10
Odborník 5	10
Odborník 6	10
Odborník 7	10
Odborník 8	10
Odborník 10	10
Aritmetický průměr	10

Tabulka 4: Odstranění odlehlých pozorování

1.7 Jazykové verze programu

Program MCA7 je možno přepínat mezi jazykovými verzemi českou, která je nastavena jako výchozí, a anglickou. Přepínání se provádí za běhu programu a lze tak učinit prostřednictvím plošky z menu *Jazyk/Anglicky* resp. *Jazyk/Česky*. Mění se popisky menu a některých dalších názvů v programu. Pochopitelně, pokud máte například ve vstupním souboru XLS zapsány názvy kritérií česky, pak je program načte a zobrazí ve svých tabulkách rovněž česky, i kdybyste měli nastaven anglický jazyk.

1.8 Náповěda

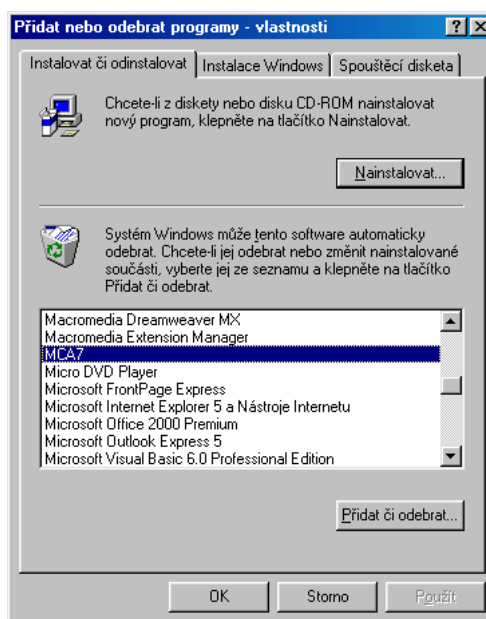
Náповěda k programu MCA7 je klasicky vyvolatelná buď to klávesou **F1** nebo prostřednictvím položky menu *Náповěda/Obsah...* Náповěda si neklade za cíl vyčerpávajícím způsobem popsat teorii multikriteriální analýzy, či detailně rozebírat fungování programu MCA7. To první můžete nalézt například v literatuře, jejíž seznam je uveden na konci tohoto dokumentu a tu druhou záležitost se snaží řešit výše popsané odstavce.

1.9 Teoretické základy multikriteriální analýzy

Pro rychlý a krátký úvod do problematiky vícekritériálního rozhodování je ve standardní instalaci programu MCA7 dodáván i soubor *Teorie.pdf*, který lze zobrazovat pomocí programu Acrobat Reader. Acrobat Reader je volně šiřitelný program a lze jej získat na internetové adrese www.adobe.com.

1.10 Odinstalace programu MCA7

V případě, že chcete odstranit program MCA7 z vašeho počítače, pak je nejsnazší cestou použít klasický postup. Nejprve klikněte na tlačítko *Start* ve vašem systém Windows, pak zvolte postupně *Nastavení/Ovládací panely*. Zde poklepejte na ikonku *Přidat nebo odebrat programy* a ze seznamu vyberte program MCA7 a následně stiskněte tlačítko *Přidat či odebrat...* (viz. obrázek ?? Potom už se řiďte pokyny deinstalačního průvodce programů.



Obrázek 23: Spuštění odinstalace programu MCA7

Reference

- [1] Gurecký J., Optimalizace řízení sítí vn dálkově ovládanými úsečníky, Ostrava 1998, Dizertační práce
- [2] Krejčí P., Řešení spolehlivosti dodávky elektrické energie v oblasti s dálkově ovládanými prvky v sítích vysokého napětí, Ostrava 2001, Dizertační práce
- [3] Jaroš Fr., Pravděpodobnost a statistika, VŠCHT Praha, 1994
- [4] Fiala P., Jablonský J., Maňas M., Vícekriteriální rozhodování, VŠE Praha, 1994
- [5] Černý M., Glückaufová D., Vícekriteriální vyhodnocování v praxi, Praha 1982
- [6] Píšek M., Hanuš F., Rozhodovací analýza, Praha 1994
- [7] Keeney R.L., Raiffa H., Decision with Multiple Objectives, John Wiley & Sons, New York, 1976 (Šachnov I.F., Prinjatje rešenij pri mnogich kriterijach, Radio i svjaz, Moskva, 1981)
- [8] Fishburn P.C., Utility theory for decision making, John Wiley & Sons, 1970
- [9] Clemen R.T., Making hard decisions: An introduction to decision analysis, Boston:PWS-Kent, 1991
- [10] Joshi B. et al., Decentralized Energy Planning Model for Optimum Resource Allocation with a Case Study of the Domestic Sector or Rurals in Nepal, in International Journal of Energy Research, 15, (P.71-78), 1991
- [11] Keeney R.L., Value focused thinking: A path to creative decisionmaking, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992
- [12] Saaty Th. L., Priority Setting in Complex Problems, in Hansen, P.(Hrg.), Essays and Surveys on Multiple Criteria Decision Making. Proceedings of the Fifth International Conference on Multiple Criteria Decision Making, Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag.(P.326-336), 1983
- [13] Saaty Th. L., Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process in Management Science, 32, No. 7, (P. 841-847), 1986
- [14] Saaty Th. L., An Exposition of AHP in Reply to The Paper "Remarks on the Analytic Hierarchy Process", in Management Science, 36. No. 3, (P. 259-268), 1990
- [15] Saaty Th. L., Vargas L. G., Wendell R. E., Assessing Attribute Weights by Rations, in Omega, The International Journal of Management Science, 2, No. 1, (P. 9-13), 1983
- [16] Rinza P., Schmitz H., Nutzwert-Kosten-Analyse - Eine Entscheidungshilfe, VDI-Verlag GmbH, 1977
- [17] Hradílek Z., Gurecký J., Zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie využitím dálkově řízených úsekových odpojovačů, Sborník příspěvků 3. mezinárodní konference "Nové směry automatizace energetických procesů '98", Zlín, 1998
- [18] Hradílek Z., Gurecký J., Rusek S., Optimisation in design of automatic control of disconnecting switches in outdoor voltage networks, IV Sympozjum MMWEE '98 "Metody matematyczne w elektroenergetyce", Zakopane, 1998

- [19] Hradílek Z., Gurecký J., Applications of methods of multicriterion analysis in the optimization of introduction the remote-controlled disconnecting switches in outdoor high-voltage networks. Sympozjum PPEE '99 "Podstawowe problemy elektroniki i elektromechaniki", Ustroń, 1999
- [20] Angot A., Užitá matematika pro elektrotechnické inženýry, SNTL, Praha, 1971
- [21] Říha J., Hodnocení vlivu investic na životní prostředí - vícekriteriální analýza a EIA, Academia, Praha, 1995
- [22] Píšková V., Vícekriteriální hodnocení I. - příručka pro uživatele, Výzkumný ústav výstavby a architektury v knižnici ministerstva hospodářství ČR, Praha, 1993
- [23] Grygarová L., Základy vícekriteriálního programování, skripta UK, Karolinum, Praha 1996
- [24] Halvorson M., MS Visual Basic 6.0, Computer Press, 1999
- [25] Pokorný J., Kvoch M., Programování ve Visual Basicu 5.0, Kopp, 1998
- [26] Pokorný J., Řešené úlohy z VB - 1. díl, Kopp, 1999
- [27] Pokorný J., Řešené úlohy z VB - 2. díl, Kopp, 1999
- [28] Pokorný J., Řešené úlohy z VB - 3. díl, Kopp, 1999
- [29] Pokorný J., Řešené úlohy z VB - 4. díl, Kopp, 1999
- [30] Pokorný J., Řešené úlohy z VB - 5. díl, Kopp, 2000
- [31] McFedries P., VBA for Microsoft Office 2000, UNIS Publishing, 2000
- [32] Tricks of the Visual Basic 4 Gurus, Sams Publishing, 1996
- [33] Craig J.C., Microsoft Visual Basic 4.0, Microsoft Press, 1996
- [34] Simon J.R., Gouker M., Barnes B.C., Win32 API, UNIS Publishing, 1997
- [35] Kocich P., Gürtler M., 1001 tipů a triků pro Visual Basic, Computer Press, 2000
- [36] Rybička J., L^AT_EX pro začátečníky, KONVOJ, Brno, 1999
- [37] Goossens N., Mittelbach F., Samarin A., The L^AT_EX Companion, Addison-Wesley, 1997
- [38] Goossens N., Mittelbach F., Samarin A., The L^AT_EX Graphics Companion, Addison-Wesley, 1998