

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ
ТЕХНОЛОГИИ**

ФИЛИП БОГДАНОВ АНДОНОВ

**МЕТОДИ ЗА ГРУПОВО РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧИ НА
МНОГОКРИТЕРИАЛНИЯ АНАЛИЗ**

**ДИСЕРТАЦИЯ
ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНАТА И НАУЧНА СТЕПЕН
“ДОКТОР”**

ПО НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ 01.01.12 ИНФОРМАТИКА

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

проф. Васил Василев

СОФИЯ

2012

СЪДЪРЖАНИЕ

Увод	3
Глава 1. Задачи на многокритериалния анализ	9
1.1. Постановка на задачата на многокритериалния анализ	9
1.2. Анализ на съществуващите методи за индивидуално решаване на задачи на многокритериалния анализ	12
1.2.1. Тегловни методи	17
1.2.2. Аутранкиращи методи	20
1.2.3. Интерактивни методи	27
1.3. Анализ на съществуващите методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ	28
1.3.1. Априорни методи	32
1.3.2. Апостериорни методи	34
1.4. Софтуерни системи за моделиране и решаване на задачи на многокритериалния анализ	44
1.4.1. Системи за подпомагане вземането на индивидуални решения	45
1.4.2. Системи за подпомагане вземането на групови решения	49
1.4.3. Обобщаване на основни характеристики на СПВР	55
1.5. Изводи	57
1.6. Цели и задачи на дисертационната работа	58
Глава 2. Интерактивни методи за подпомагане вземането на групови решения	60
2.1. Въведение	60
2.2. Разширен до групов класификационно-ориентиран интерактивен метод GECBIM	60
2.2.1. Дефиниции	62
2.2.2. Описание на метода	63
2.2.3. Схематично представяне на метода	67
2.2.4. Основни стъпки в алгоритъма	68
2.2.5. Забележки	69
2.2.6. Обобщение	70
2.3. Интерактивен метод за подпомагане груповото вземане на решения GCBIM	70
2.3.1. Въведение	70
2.3.2. Означения	71
2.3.3. Основни стъпки на алгоритъма	71
2.3.4. Пример	72
2.3.5. Обобщение	73
2.4. Биологично инспириран метод за групи без лидер BIMBee 1	74
2.4.1. Въведение	74
2.4.2. Означения	75
2.4.3. Основни стъпки на алгоритъма	76
2.4.4. Пример	76

2.4.5. Обобщение	79
2.5. Биологично инспириран метод за групи без лидер BIMBee 2	80
2.5.1. Въведение	80
2.5.2. Означения	81
2.5.3. Основни стъпки на алгоритъма	82
2.5.4. Пример	83
2.5.5. Обобщение	83
2.6. Идентифициращ фокуса на разногласие метод GCBIM-NN	85
2.6.1. Въведение	85
2.6.2. Дефиниции	86
2.6.3. Означения	86
2.6.4. Основни стъпки на алгоритъма	86
2.6.5. Пример	87
2.6.6. Обобщение	92
2.7. Изводи	93
Глава 3. Система за подпомагане вземането на решения в групова среда	95
3.1. Предназначение на системата Group Multichoice	95
3.2. Обща структура на системата Group Multichoice	97
3.2.1. Потребителски интерфейс	97
3.2.2. Системна структура	106
3.2.3. Сървър Group Multichoice	109
3.2.4. Протокол	111
3.3. Изводи	114
Глава 4. Експериментални тестове и оценка	115
4.1. Въведение	115
4.2. Дизайн на експериментите	115
4.2.1. Цел на експериментите	115
4.2.2. Организация на експериментите	116
4.3. Провеждане на експерименти	117
4.3.1. Експеримент 1 – Избор на държава за строеж на електроцентрала	117
4.3.2. Експеримент 2 – Задача за набиране и подбор на нов член на персонала	122
4.3.3. Експеримент 3 – Избор на технология за екологичното строителство	138
4.4. Анализ на резултатите от експериментите	144
Заключение и резюме на получените резултати	146
Публикации по дисертационния труд	148
Цитирания и реферирания	149
Научна новост и практическа полезност	150
Декларация за оригиналност на резултатите	151
Библиография	154

Увод

Мениджмънтът или управлението (или ръководството в най-общ смисъл) е процес, при който предварително определени цели се постигат чрез използване на известни ресурси, обобщени в следните типове категории: материали, машини и енергия; работна сила, информация и данни, пари. Тези ресурси се разглеждат като входни параметри, а целите - като изходни параметри на процеса на управление. Степента на успеха от работата на мениджърите се измерва с различни критерии. Най-често един такъв критерий е отношението между входните и изходните параметри на процеса на управление. Това отношение е показателно за производителността на дадена организация. Нивото на производителност или успехът на процеса на управление зависи от изпълнението на известни управленски функции като планиране, организиране, направляване и контролиране. За изпълнението на тези функции мениджърите са ангажирани в един непрекъснат процес на вземане на решения. В този смисъл, мениджърът може да се отъждестви с лице, вземащо решение (ЛВР) (от англ. Decision Maker). Счита се, че всяка организация се състои от следните три нива: стратегическо, тактическо и оперативно, както и от следните основни функционални области: продажби и маркетинг, производство, финанси, счетоводство и човешки ресурси. Всяко ниво се обслужва от определени типове информационни системи, които доставят определени услуги, като с тях работят лица, вземащи решения.

Дълги години мениджърите са споделяли мнението, че вземането на решения представлява изкуство или талант, придобиван и изграждан през дълъг период от време на основата на експерименти (т. нар. обучение чрез проби и грешки). Процесът на управление е разглеждан като множество от индивидуални стилове (или начини), които са използвани за успешното решаване на едни и същи управленски задачи в различни бизнес практики. Тези стилове по-скоро са се основавали на качества като творчество, проникателност и интуиция, отколкото на използването на математически методи (количествени, оптимизационни и др.).

С течение на времето, бизнесът и неговата обкръжаваща среда стават все по-динамични, а процесът на вземане на решения се усложнява поради различни причини. Една от тях е, че броят на възможните алтернативи става все по-голям, поради появата на нови информационни и комуникационни технологии. Друга причина е, че поради все по-нарастващата непредвидимост на обкръжаващата бизнес среда, е все по-трудно да се предвидят бъдещите последици от взетите решения. Трета причина е, че цената на едно грешно взето решение може да бъде много голяма, поради нарастващата сложност на операциите, включени в процеса на управление и верижната реакция, която една грешка може да предизвика в различни дейности на съответната организация.

Ето защо понастоящем не е достатъчно да се вземат решения само на основата на опита и на подходи от типа “проба и грешка”. Съвременният мениджър трябва да познава и да използва новите методи, техники и инструментални средства, които се разработват в областта на Вземането на решения. Процесът на вземане на решения е предмет на изследване от различни научни дисциплини като Наука за управлението (Management Science), Изследване на операциите (Operations Research), Компютърни науки (Computer Science) и Психология.

От друга страна, в бизнеса се използват различни типове информация, детайлизирана или обобщена по различни признаци. В тази връзка е особено важно да се знае как протича вземането на решения от натоварените с тази задача хора, които преследват определени организационни цели. Ефективното генериране на решения помага на дадена организация да постигне целите, които си е набилязала. Процесът на вземане на решения е най-критичната от нейните дейности. Най-разпространеният модел на процеса по вземане на решения се състои от четири етапа (Дефиниция на [Simon and Newell, 1960]):

1. Проучване
2. Анализ
3. Избор на алтернатива
4. Реализация

За да се разбере начинът, по който организациите вземат решения, както и влиянието на информационните системи върху този процес, е особено важно да се имат предвид трите нива на управленска активност: стратегически, тактически и оперативен мениджмънт, както и основни функционални области: продажби и маркетинг, производство, финанси, счетоводство и човешки ресурси. Анализът на извършваните във всяко ниво дейности спомага за правилното определяне на информационните нужди на отделните категории мениджъри. Научната дисциплина “Изследване на операциите” възприема схващането, че в своята дейност мениджърите трябва да следват значително систематизиран процес за вземане на решения. Този процес се състои от следните основни стъпки:

1. Дефиниране на задачата (ситуацията за вземане на решение).
2. Класификация на задачата в някоя от стандартните категории.
3. Построяване на математико-икономически модел, който описва до голяма степен реалната ситуация.
4. Намиране на потенциални решения (алтернативи) на модела и тяхната оценка.
5. Избор на крайно решение (алтернатива) на задачата.

През последните тридесет години индустрията и академичните среди си партнират при изследвания и разработване на софтуерни системи, подпомагащи вземането на решения (СПВР). В наши дни формализирането и структурирането на дейността на стопанските организации се развива активно, поради което разработването на специфични методи, подпомагащи вземането на решения и реализирането им в подходящи системи, е особено актуална задача. СПВР обслужват тактическото ниво на организацията. Те стават все по-популярни като средство за намаляване на несигурността и рисковете, традиционно свързани с вземането на решения. СПВР представляват интерактивни системи, които осигуряват модели, информация и средства за обработване на данни, подпомагащи вземането на полуструктурирани и неструктурирани решения (видовете СПВР са разгледани в детайли в раздел 4 на първа глава). Подобни

решения обикновено са уникални за всяка ситуация, за тях няма ясна процедура, променят се бързо, факторите за оценката им не могат да се определят лесно предварително и се вземат сравнително рядко. СПВР се разработват, за да подпомагат аналитичната работа на мениджърите в ситуации, в които няма ясно формулирани критерии за успех. Те поддържат интерактивен процес на вземане на решения като позволяват на потребителите им да решат доколко да използват предоставените им заключения.

Голям брой задачи за вземане на решения се формализират в термините на многокритериалното вземане на решения (МКВР) и системите, подпомагащи тяхното решаване придобиват все по-голяма популярност. В съвременните условия решенията на тези задачи се вземат предимно в групова среда, поради което с развитието на информационните и комуникационни технологии става възможно изграждането на системи с подходящ интерфейс и функционалност, позволяващи групово решаване на многокритериални задачи. Тези задачи от своя страна в зависимост от постановката биват дискретни или непрекъснати и съответно се наричат задачи на многокритериална оптимизация (МКО) или многокритериален анализ (МКА) (подробна класификация на задачите за вземане на решение, техните постановки, разпространените методи за решаване им и обхватът на действие на тези методи са разгледани в раздели от 1 до 4 на първа глава).

Фокус на дисертационния труд

Тази дисертация се фокусира върху решаване на задачи на МКА в групова среда. В литературата в тази област се наблюдават някои интересни проблеми и пропуски:

1. Съществуват много методи, чиято цел е да решават задачи на МКА. Тези методи са трудни за оценка и сравнение, тъй като те са базирани на различни предположения относно предпочитанията на лицето, вземащо решения и изискват различни видове информация за предпочитанията. Въпреки това, е установено, че някои методи са по-подходящи от други за

решаване на определен проблем за определено ЛВР. Това означава, че СПВР на МКА с висок потенциал за приложение *за предпочитане трябва да съдържа достатъчен брой методи*, така че участващите ЛВР да могат да изберат най-подходящия метод за решаване на техните проблеми.

2. Тъй като многокритериалният анализ се прилага главно в стратегическото планиране на организацията и решенията се вземат в групова среда, в литературата са представени системи, подпомагащи груповото решаване на задачи на многокритериалната оптимизация (СПГРЗМКА). Обикновено за различни видове групово вземане на решения и групови срещи са подходящи различни методи за агрегиране (обединяване) на груповото решение. СПГРЗМКА трябва да бъдат изградени така, че да *осигуряват на групата от лица, вземащи решения набор от методи за агрегиране, подходящи за различни видове групи/организационни структури и да агрегират решения на всички членове на групата*. Методологична база за агрегиране на групово решение е много полезна за: (I) поддържане на широка гама от ситуации на групово вземане на решение, (II) разделянето на задачите от МКА, (III) намиране на най-подходящия метод за решаване на всяка конкретна задача и (IV) представяне на окончателно компромисно решение чрез множество методи.

След извършените обзор и анализ в първа глава на проблемите и съществуващите нужди в областта на груповото вземане на решения, в раздел 5 на същата глава са определени подробно целите и задачите на настоящата дисертация.

Структура на дисертационния труд

Съдържанието на дисертацията е оформено в увод, четири глави изложение, заключение, две приложения и списък с цитирана литература.

В **Глава 1** е направен обзор и анализ на съществуващите методи за индивидуално и групово решаване на задачи на многокритериалния анализ, системите, реализиращи тези методи и са направени съответни изводи. Въз

основа на направените изводи са формулирани целите и задачите на настоящия дисертационен труд.

Глава 2 съдържа предложени нови интерактивни методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ

Глава 3 е посветена на описанието на създадената от автора система Group Multichoice, реализираща описаните в **Глава 2** методи.

Глава 4 разглежда три примерни проблема, решени с помощта на системата Group Multichoice.

Заключението съдържа приносите на дисертацията и бъдещите насоки за работа.

Глава 1. Задачи на многокритериалния анализ

1.1. Постановка на задачата на многокритериалния анализ

Задачите на МКО и МКА, които са дял от научната дисциплина “Вземане на решения” [Steuer, 1986], са задачи за вземане на решения при наличието на много критерии, когато броят на алтернативите е неограничен, но множеството на алтернативите е определено от краен брой ограничения. Основната им характеристика е, че при тях се оптимизират едновременно повече от един противоречиви и несъизмерими критерия (целеви функции) върху някаква непразна допустима област на изменение на променливите.

При тези задачи в общия случай се оказва, че поради противоречивост на критериите или целевите функции е невъзможно да се намери едно решение, което би било оптимално за всички критерии едновременно. В този смисъл, задачите на МКО принадлежат към класа на т. нар. лошо (зле) дефинирани математически задачи. Оказва се обаче, че съществуват множество от допустими стойности на критериите (респективно, множество от допустими стойности на променливите), за които е изпълнено следното важно условие: не е възможно подобряването на допустимите стойности на някой критерий без да се влоши допустимата стойност на друг. Това множество за пръв път е било описано от италианския математик-икономист Вилфредо Парето (Vilfredo Pareto) и поради това е наречено на негово име - множество на Парето. Вместо концепцията за оптималност, която се използва при еднокритериалната оптимизация, при многокритериалната се говори за концепция за оптималност по Парето. На основата на такава концепция може да бъде определено множество от оптимални (крайни) решения на задачата на многокритериалната оптимизация, а не единствено решение. От математическа гледна точка елементите на множеството на Парето са равностойни (еднакви), т.е. те са еднакво добри да бъдат оптимално решение на задачата на МКО. Но за практиката е необходимо да бъде избрано само едно крайно решение на задачата. Критериите и ограниченията на многокритериалната задача не съдържат информация за определянето на едно решение. Тази информация трябва да бъде зададена допълнително от лицето или

група от хора със сходни разбирания, които решават задачата, в съответствие с техните разбирания и предпочитания. Тези лица се наричат **лица вземащи решение** (ЛВР). Поради необходимостта от тази допълнителна неформализируема информация от ЛВР, той се явява не просто потребител, а част от алгоритъма.

Задачата на многокритериалния анализ може да бъде описана чрез матрицата на алтернативите.

Матрицата на алтернативите A се определя от множество от n алтернативи и множество от k критерия (атрибути). Всеки елемент a_{ij} на матрицата A означава оценка на стойността на i -тата алтернатива по отношение на j -тия критерий. Оценката на i -тата алтернатива по отношение на всички критерии е дадена чрез вектор ред $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$. Оценката на всички алтернативи по отношение на j -тия критерий е дадена чрез вектор стълб $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})^T$.

Матрицата A има следният общ вид:

	K_1	K_2	K_3	...	K_k
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1k}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2k}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3k}
...	...	...	...	...	...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nk}

където с:

- a_i се означава алтернатива с индекс $i, i=1, \dots, n$;
- k_j (.) или f_j (.) се означава критерий с индекс $j, j=1, \dots, k$.

Множеството от индексите на алтернативите се означава с I , а индексното множество на критериите - с J .

Оценката на i -тата алтернатива по отношение на всички критерии се задава с вектора-ред $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$.

Оценката на всички алтернативи по отношение на j -тия критерий се задава с вектора-стълб $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})^T$.

Три основни типа задачи могат да бъдат формулирани на базата на

матрицата на алтернативите A .

Задача 1. Избор на най-добра алтернатива от ЛВР в съответствие с неговите предпочитания (задача за многокритериален избор).

Задача 2. Подреждане на всички алтернативи в низходящ или възходящ ред (задача за многокритериална наредба, рейтингиране, ранкиране и др.).

Задача 3. Разделяне на алтернативите на групи (задача за многокритериална класификация или многокритериално сортиране).

За по-голяма яснота на изложението ще бъдат въведени няколко дефиниции, свързани с вида на решенията на задачата на многокритериалния анализ.

Дефиниция 1. Допустимата алтернатива с индекс i' се нарича Парето оптимална алтернатива, ако не съществува друга алтернатива с индекс i , за която да е изпълнено условието:

$$a_{ij} \geq a_{i'j}, j = 1, \dots, k$$

и поне за един индекс $j=s$ да бъде изпълнено условието:

$$a_{is} > a_{i's}.$$

Дефиниция 2. Допустимата алтернатива с индекс i се нарича удовлетворителна алтернатива, ако е изпълнено условието:

$$a_{ij} \geq \bar{a}_j, j = 1, \dots, k,$$

където $\bar{a}_j$ е аспирационното ниво на критерия с индекс $j, j = 1, \dots, k$.

Дефиниция 3. Алтернативата I^* се нарича идеална алтернатива, ако е изпълнено условието:

$$I^* = (a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*), \text{ където } a_j^* = \max_{1 \leq i \leq n} a_{ij}.$$

В общия случай идеалната алтернатива не съществува.

Дефиниция 4. Парето оптимална алтернатива се нарича най-предпочитана алтернатива, ако тя най-добре отразява предпочитанията на ЛВР.

1.2. Анализ на съществуващите методи за индивидуално решаване на задачи на многокритериалния анализ

Както бе споменато по-горе, при решаване на задачи на многокритериалния анализ основна роля играе ЛВР. Неговите глобални и локални предпочитания определят крайното (най-предпочитаното) решение на съответната многокритериална задача.

Методите за решаване на задачи на многокритериалния анализ се класифицират в зависимост от начина на получаване и обработка на информацията за предпочитанията на ЛВР и от това дали се счита, че съществува ограничение във възможностите на ЛВР за сравнение между алтернативите. Според [Vincke, 1992] методите се разделят на три отделни класа :

1. Методи, в които глобалните предпочитания на ЛВР се обобщават в резултат на синтеза на един обобщен критерий (*подход на многоатрибутната теория за полезност*);
2. Методи, в които глобалните предпочитания на ЛВР се обобщават в резултат на синтеза на едно или няколко обобщени отношения (релации) на предпочитания между алтернативите (*аутранкиращ подход*);
3. Методи, в които локалните предпочитания на ЛВР се натрупват итеративно посредством директни или индиректни сравнения между две или повече алтернативи (*интерактивен подход*).

Първият клас методи [Dyer, 2007] включва методите на теорията на многоатрибутната полезност (директния тегловен метод [Von Winterfeldt and Edwards, 1986], метод на компромиса [Keeney and Raiffa, 1993], тегловните методи АНР [Saaty, 1994], [Ngai and Chan, 2005] метод UTA [Beuthe and Scannella, 2001], метод MACBETH [Bana e Costa, De Corte and Vansnick, 2005] и др.). В този клас методи могат да се отделят два подкласа, които се различават по начина на обобщаване на глобалните предпочитания на ЛВР. Разликата между тях е, че при първия подклас директно се синтезира обобщен функционален критерий, докато при втория подклас

(тегловните методи) такъв критерий (адитивна форма) се синтезира индиректно. Въпреки различията в начините за получаване на глобалните предпочитания на ЛВР, и при двата подкласа методи се допуска, че не съществува ограничение във възможностите на ЛВР за сравнение между алтернативите. За изразяване на предпочитанията на ЛВР при сравняването на две алтернативи се използва бинарна релация на силно предпочитание P (нерефлексивна, асиметрична и транзитивна) и бинарна релация на неразличимост I (рефлексивна, симетрична и транзитивна). В последно време в тегловните методи се използва теорията на размитите множества [Meyer and Roubens, 2005], [Bottani and Rizzi, 2006], [Peneva and Popchev, 2006], [Peneva and Popchev, 2008].

Вторият клас методи са т. нар. аутранкиращи методи, обхващащи методите TACTIC [Vansnick, 1986], методи PROMETHEE [Brans and Mareschal, 2005], методи ELECTRE [Figueira, Mousseau, and Roy, 2005] и др. Те използват допускането за съществуване на ограничена сравняемост между алтернативите. При тях първоначално се построява една (или няколко) аутранкираща(и) релация(и), която отразява глобалните предпочитания на ЛВР. След това тази аутранкираща релация се използва, за да подпомогне ЛВР при решаването на задачата за вземане на решение на многокритериалния анализ. При сравняването на две алтернативи се използват четири бинарни релации:

- на неразличимост I (рефлексивна и симетрична),
- на слабо предпочитание Q (нерефлексивна и асиметрична);
- на силно предпочитание P (нерефлексивна и асиметрична);
- на несравнимост R (нерефлексивна и асиметрична).

Аутранкиращата релация “покрива” тези четири релации. В повечето аутранкиращи методи се счита, че ЛВР е неспособен или не желае да направи изрично разграничение между тези четири релации и затова той/тя предпочита да зададе по-обобщена интер- и интра-критериална информация. Интер-критериалната информация се изразява под формата на тегла и вето-прагове, а интра-критериалната – под формата на прагове на неразличимост и предпочитание.

Аутранкиращите методи и методите, основаващи се на теорията на многоатрибутната полезност, са традиционни методи за решаване на широк клас задачи на многокритериалния анализ. При решаването на задачи с голям брой критерии и сравнително малък брой алтернативи тези методи поне засега нямат конкурентна алтернатива, поради което тяхното използване и развитие продължава [Bisdorff, Meyer and Roubens, 2008].

Задачите с голям брой алтернативи и сравнително малък брой количествени критерии, в които ЛВР не е в състояние да оцени едновременно всички алтернативи, са близки до задачите на многокритериалната оптимизация. За решаване на такъв тип задачи са разработени интерактивни методи. При тях се предполага, че предпочитанията на ЛВР се променят по време на процеса на вземане на решение и тогава неуникалността на Парето-оптималните решения е предимство, а не недостатък. Необходим е само допълнителен механизъм за контролиране на селекцията на Парето-оптималните решения чрез параметри, определени от потребителя [Makowski and Wierzbicki, 2003]. Интерактивните методи са важни, както защото дават обратна връзка на ЛВР, така и защото дават възможност системите, в които са реализирани, да имат по-интуитивен и ефективен интерфейс и да разбият процеса на отделни компоненти, което осигурява обратна връзка на няколко нива [Sengupta and Te'eni, 1993].

Интерактивните методи (метод VIMDA [Korhonen, 1991], метод на аспирационните нива [Lotfi, Stewart and Zionts, 1992] метод InterQuad [Sun and Steuer, 2000], метод LBS [Jaszkiewicz and Slowinski, 1997], метод CBIM [Narula, Vassilev, Genova and Vassileva, 2003] и др.) са “оптимизационно мотивирани”.

Първите два метода използват първия тип модел на обобщаване на предпочитанията на ЛВР, който/която трябва да дефинира на всяка итерация желаните или приемливите стойности на критериите. Останалите изброени методи използват втория модел на обобщаване на предпочитанията на ЛВР, който/която на всяка итерация трябва да зададе не само желаните или приемливите стойности на критериите, но и интер- и интра-критериална информация.

С интерактивните методи, за сметка на по-активното участие и ангажираност на ЛВР, могат да бъдат преодолені някои от недостатъците на първите два класа от методи. Предизвикателствата при използването на интерактивни методи са свързани с:

- разработката на подходящи от потребителска гледна точка процедури. Тъй като ЛВР носи отговорност за получаване на крайното решение, той трябва добре да познава тези процедури и спецификата на решаваните задачи, за да има сигурност в качеството на получените решения.
- възможностите за обучение на ЛВР. Те са важни, за да може той/тя да дава адекватни оценки, като се има предвид сложността на задачата, съдържаща голям брой алтернативи. Това се отнася до относителната важност на критериите, възможността за компенсиране с евентуално по-добра стойност на друг критерий, опасността от недобра оценка при големи количествени разлики между критериите (големи амплитудни отклонения) и др.

Ефективността на даден интерактивен метод за решаване на задачи на многокритериалния анализ (независимо дали в групов среда или не) зависи до голяма степен от качеството на диалога с експертите, което се определя от:

1. **Количеството информация, която се предоставя на експертите.** Ако те работят в условия на непълна информация по отношение на проблема, текущото състояние на процеса и мнението на останалите експерти, качеството на взетото решение се влошава. Ако на експертите се подава информация в такива количества, че те не могат да я обхванат в нейната цялост – например голям брой алтернативи, разглеждани наведнъж или голям брой критерии, това демотивира експертите и те губят увереност в плодотворния изход на процеса на вземане на решение.
2. **Качеството на информацията, с която работят експертите.** Колкото по-разбираема е за тях исканата информация, толкова по-реалистично те могат да изразят своите локални предпочитания.

3. **Времето, за което завършва процесът.** От своя страна, факторите, влияещи върху времето са:

- в зависимост от системата – за разлика от методите за решаване на задачи на многокритериалната оптимизация, методите за решаване на задачи на многокритериалния анализ не използват изчислителни алгоритми, които да водят до изчакване на резултата от страна на ЛВР;
- в зависимост от метода – всеки интерактивен метод може да продължи неограничено дълго време в случай, че не се достигне до задоволителен резултат. Това може да доведе до преждевременно прекъсване на итерация с незадоволително решение. Принудителното завършване при изпълнението на дадено условие, от друга страна, е прекалено ограничаващо, за да гарантира удовлетворяването на експертите.

4. **Възможностите за обучение на експертите по отношение на решаваната многокритериална задача.** Колкото по-голяма свобода има един експерт за движение в множество от алтернативи от една страна, и колкото по-често той/тя има възможност да оценява повече от едно решение, от друга, толкова по-бързо експертът ще придобие представа за стойностите на критериите.

В придобилите досега известност методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ използването на интерактивни алгоритми и класификационно-ориентирани задачи за намиране на текущо-предпочетена алтернатива от един експерт е сравнително слабо застъпено. Въпреки това тези подходи могат да осигурят по-големи възможности за подобряване на диалога с експертите както по отношение на информацията за описание на техните предпочитания, така и по отношение на обобщаването на подредбите им в единна такава.

Въпреки по-ранното създаване на не-интерактивните методи и тяхното широко разпространение в системите, подпомагащи вземането на решения (СПВР), тенденцията е към развитие на интерактивни методи [Meyer, 2009] поради гореизтъкнатите им предимства. Основното ограничение на

индивидуалните интерактивни методи — фактът, че са подходящи единствено за задачи с голям брой алтернативи, е валидно в по-малка степен за интерактивните методи, предназначени за подпомагане груповото вземане на решения. Развитието на интернет от една страна и все по-голямото навлизане на СПВР в средния и висок мениджмънт от друга, където решенията не винаги се вземат еднолично, определя все по-голямото използване на методите и системите, поддържащи групово вземане на решение.

Всичко това води до извода, че основното усилие на настоящите разработчици на подобни методи и системи, които ги реализират, трябва да бъде насочено към създаването на методи, които позволяват:

- вземането на решения да се извършва от група;
- да се поддържат различни видове организационни структури, което рефлектира и върху типа на групата;
- да бъдат интерактивни, което води до по-лесно обхващане на решавания проблем от страна на участниците процеса на вземане на решение;
- да бъдат достатъчно опростени, за да не предполагат наличието на априорни знания за самия метод от страна на участниците в процеса на вземане на решение.

Всеки един от основните класове методи за решаване на задачи на МКА, описани в предходната част, има един или два типични представители, които добре илюстрират предимствата на този клас, развиват се от съответните научни екипи, реализират се в редица изследователски и комерсиални СПВР и поради това са сред най-често използваните.

1.2.1. Тегловни методи

1.2.1.1. Метод АНР

Методът АНР [Saaty, 1990] е представител на т.нар. тегловни методи, които от своя страна могат да бъдат причислени към методите с адитивна функция на полезност. При тях се предполага наличие на теглата на критериите, определящи тяхната относителна важност спрямо главната цел — избора на най-

предпочетената алтернатива. Теглата могат да бъдат зададени директно от ЛВР или да бъдат определени с някой от разработените методи. Методът, предложен от Саати, е теглата да бъдат определяни чрез изчисляване на собствените вектори и стойности на определена матрица. Тази матрица се получава от информацията, задавана от ЛВР, получена чрез сравнение по двойки на критериите на основата на т.нар. *фундаментална скала* за оценка на критериите.

За получаване на теглата ЛВР осъществява сравнение по двойки на всеки критерий с останалите. Използва се фундаменталната скала. ЛВР трябва да извърши $\frac{k(k-1)}{2}$ на брой сравнения. Резултатите от тези сравнения по двойки образуват матрица M . Общият ѝ вид е:

$$M = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}.$$

Умножението на матрицата M с вектора $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ дава следния резултат:

$$M \cdot w = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \cdot w$$

или $(M - n \cdot I) \cdot w = 0$.

Ако ЛВР е определил матрицата M , то векторът на теглата може да е равен на собствения вектор на матрицата M , който съответства на най-голямата собствена стойност.

Стойности за w_i/w_j не се знаят и не са установени. ЛВР дава тази оценка, която може да не бъде толкова точна, за да задоволи напълно $c_{ij}=w_i/w_j$. Във всяка матрица малките отклонения в коефициентите ще доведат до отклонения в стойностите на собствения вектор. Ако дефинираме матрицата M' , съответстваща на M , и w' на w , тогава ще получим следния израз: $M' \cdot w' = \lambda_{\max} w'$, където $\lambda_{\max}$ е най-голямата стойност на собствения вектор на M' . w' са изменени тегла и се получават чрез решаването на система линейни уравнения.

Параметрите S_i , които представляват претеглени суми на стойностите на критериите за всяка алтернатива: $S_i = \sum_{j=1}^k w_j \cdot a_{ij}$, където $w_j, j=1, \dots, k$ е теглото на всеки критерий, а $a_{ij}, i=1, \dots, n; j=1, \dots, k$ е стойността на този критерий в алтернативата a_i , определят важността на всяка алтернатива за ЛВР. Колкото е по-голяма стойността на този параметър, толкова алтернативата с индекс i е по-добра.

Стойността a_{ij} може аналогично като w_j да бъде интерпретирана като важност (принос, стойност, приоритет) на алтернативата a_i за критерия k_j , т.е. a_{ij} може да бъде интерпретирано като тегло на a_i за критерия k_j .

Ако използваме трансформацията (векторна нормализация) $\sum_{i=1}^n a_{ij}=1, j=1, \dots, k$, то тогава е възможно критериите и алтернативите да се разглеждат като нива на един йерархичен процес за вземане на решение.

Методът на Saaty реализира описаната по-горе идея.

В този метод, наричан още аналитичен йерархичен процес (Analytic Hierarchical Process) – АНР, задачата за МКА се свежда до задача за намиране на теглата на елементите на всяко ниво по отношение на всеки елемент от по-горното ниво.

В началото се построява йерархичната структура. Първото ниво съдържа

един елемент, т.е. главната цел. Второто ниво съдържа целите, на които се разбива главната цел и които в общия случай покриват главната цел. Възможно е някои от тези цели да бъдат разделени на подцели. Последното ниво съдържа алтернативите като цели. Основните идеи на този йерархичен процес са две:

1. Разбиване на целите на подцели, които са по-разбираеми за ЛВР и той/тя може чрез сравнение по двойки да изрази своите предпочитания при определяне на техните приоритети.
2. Целите и алтернативите да бъдат третираны еднакво от математическа гледна точка.

Основното предимство на този метод е неговата леснота. ЛВР не се нуждае от априорна информация за да може да ползва метода и единствената допълнителна информация, която трябва да въведе са теглата на критериите и то под формата на сравнение по двойки с фиксирана скала, което го прави интуитивен и дружелюбен. Недостатъците на АНР са два:

- Неговата опростеност води до липса на гъвкавост при задаването на предпочитанията на ЛВР
- Тъй като теглата на критериите се определят от сравнение по двойки, то при нарастване на броя на критериите нараства експоненциално и броят на двойките, които трябва да се сравняват, което прави метода неподходящ за задачи с десетки и повече критерии.

1.2.2. Аутранкиращи методи

1.2.2.1. Метод PROMETHEE II

Методът PROMETHEE II е от типа на аутранкиращите методи. Главната цел на тези методи е на основата на различен тип интер- и интра-критериална информация (задавана от ЛВР) да се построи обобщена релация, с помощта на която да се избира най-добрата алтернатива или алтернативите да се подредят в низходящ или възходящ ред. В метода PROMETHEE II това се реализира в три

обобщени стъпки.

Стъпка 1: Въвеждане на обобщени критерии

За да се разшири списъка на предпочитанията се въвежда *функция на предпочитанието* $P_j(a, b)$. Тя представя нивото на предпочитание на алтернативата a пред алтернативата b по отношение на критерия $f_j(\cdot)$. Задава се като функция на разликата d_j между стойностите на този критерий във двете алтернативи:

$$d_j = f_j(a) - f_j(b)$$

В метода PROMETHEE на всеки критерий $f_j(x)$ където $j = 1, 2, \dots, k$ се съпоставя един обобщен критерий, който представлява функция на отношението d_j или може да се зададе като следната двойка;

$$(f_j(x), P(a, b)).$$

В зависимост от избрания тип критерий се въвежда допълнителна информация съответно за един или два параметъра. Използват се следните параметри:

q - праг на неразличимост, определящ липсата на предпочитание;

r - праг на предпочитание, определящ силно предпочитание;

s - Гаусов праг, стойността на s трябва да бъде зададена в интервала между q и r .

Стъпка 2. Определяне на индексите на предпочитание

Обогатяване на доминиращите връзки се осъществява като се построява аутранкираща релация на базата на всички критерии по следния начин. За всяка двойка алтернативи, принадлежащи към множеството на алтернативите I получаваме степента на цялостно предпочитание на едната алтернатива спрямо другата:

$$\forall a, b \in I, \forall j = 1, 2, \dots, k, \{f_j(a), f_j(b), d_j = f_j(a) - f_j(b), P(a, b)\}$$

За целта се изчисляват индексите на предпочитание по всички критерии, както и аутранкиращите потоци.

Чрез индекса на предпочитание по всички критерии $\pi(a, b)$ се измерва до

каква степен алтернативата a е предпочитана пред алтернативата b като се вземат предвид всички критерии. Тези индекси се изчисляват за всеки два критерия от I , и то двупосочно, т.е. изчисляват се $\pi(a, b)$ и $\pi(b, a)$

Стъпка 3. Изчисляване на аутранкиращи потоци и обобщени релации

Обобщените релации в метода PROMETHEE се определят на основата на т.нар. аутранкиращи потоци. Аутранкиращите потоци се означават с $\Phi^+(a)$, $\Phi^-(a)$ и $\Phi(a)$. Всеки от тях се асоциира с фиксирана алтернатива a_i и в изчислението им участват всички останали. Тези потоци се наричат съответно положителен и отрицателен аутранкиращи потоци.

Положителният аутранкиращ поток $\Phi^+(a)$ показва как алтернативата a стои пред всички други алтернативи. Колкото по-голяма е стойността на $\Phi^+(a)$, толкова алтернативата a е по-добра спрямо останалите алтернативи.

Отрицателният аутранкиращ поток $\Phi^-(a)$ изразява как алтернативата a е предпочетена спрямо другите алтернативи взети заедно. Колкото по-малка е $\Phi^-(a)$, толкова по-добра е алтернативата a спрямо останалите.

С помощта на тези аутранкиращи потоци може да се дефинират трите отношения на предпочитание P , I и R , означаващи съответно строго предпочитание, еднаквост и несравнимост. За всеки две алтернативи $a, b \in I$ е изпълнено точно едно от следните условия:

aPb , ако:

$$\Phi^+(a) > \Phi^+(b) \wedge \Phi^-(a) \leq \Phi^-(b)$$

$$\Phi^+(a) \geq \Phi^+(b) \wedge \Phi^-(a) < \Phi^-(b)$$

aIb , ако:

$$\Phi^+(a) = \Phi^+(b) \wedge \Phi^-(a) = \Phi^-(b)$$

aRb , в останалите случаи.

За да се изчисли и получи пълната наредба на алтернативите, се използва чистия аутранкиращ поток $\Phi(a)$, който се изчислява по следния начин:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

С помощта на $\Phi(a)$ се дефинират отношенията на предпочитания и еднаквост P и I по следния начин:

aPb, ако $\Phi(a) > \Phi(b)$

aIb, ако $\Phi(a) = \Phi(b)$

Използвайки тези релации, множеството от алтернативи е напълно подредено и така получаваме *подреден набор алтернативи*.

Основното достоинство на този метод е, че той предоставя възможност на ЛВР за фина настройка при изразяване на предпочитанията му. Наличието на обобщени критерии позволява на ЛВР да въвежда прагове на безразличие и на силно предпочитание, което в голяма степен увеличава гъвкавостта му при задаване на предпочитанията си. Въпреки че при PROMETHEE отново има тегла на критериите, повечето реализации на метода предоставят интерфейс за директното им въвеждане, за разлика от АНР, което затруднява до известен степен ЛВР, но за сметка на това отпада ограничението за броя на критериите. Като недостатък на методите от фамилията PROMETHEE може да се отбележи необходимостта ЛВР да има предварителни знания за същността на метода и да разбира обобщените критерии и техния обхват на приложение, за да може да зададе адекватни стойности на праговете.

1.2.2.2. Методи ELECTRE

Фамилията от методи ELECTRE е разработена от [Figueira, Mousseau, and Roy, 2005]. Тя е една от най-често използваните в рамките на т. нар. “Анализ на съгласието”. Анализът на съгласието е некомпенсаторен модел за вземане на решение при много критерии. Това означава, че много лоша стойност за един от критериите не може да бъде компенсирана с добри стойности, получени за другите критерии. Използват се множество математически функции за индикация на степента на доминираност на една алтернатива или група от алтернативи, като моделът позволява и несравнимост между алтернативите.

Методите ELECTRE се основават на концепцията за съществуването на т.нар. “аутранкираща” релация, която е отношение извън традиционното доминиране. Според тази концепция, дори когато две алтернативи са несравними или недоминирани, ЛВР е в състояние да поеме риска, че едната алтернатива е почти сигурно по-добра от другата. Следователно от математическа гледна точка

двете алтернативи са недоминирани, но от гледна точка на ЛВР едната доминира другата. Методите ELECTRE съдържат сравнение по двойки на алтернативите, а не сравнение по двойки на критериите, както е при тегловните методи. Сравнението се основава на степента, с която оценките на алтернативите и теглата на критериите потвърждават или отхвърлят отношенията на доминираност между отделните двойки алтернативи. Проверява се както степента, с която теглата на критериите са в съгласие с резултата от сравнението, така и степента, с която те не са в съгласие. Тези оценки са основани на определянето на две множества:

- множество на съгласие;
- множество на несъгласие.

ЛВР не извършва директно сравняване на всеки две алтернативи (което несъмнено би ставало все по-трудно при увеличаване на критериите), а задава два типа информация:

- Интеркритериална информация – съдържа теглата на критериите и т.нар. “вето праг”, който представлява забраняваща теглова стойност;
- Интракритериална информация – съдържа прагове за всеки критерий поотделно, определящи степента на различимост на стойностите на критериите за ЛВР.

До момента съществуват шест основни версии на ELECTRE – I, IS, II, III, IV и Tri.

В задачите на многокритериалния анализ се използват четири типа критерии:

- истински критерии;
- полу-критерии;
- интервални критерии;
- псевдо-критерии.

От тях в методите ELECTRE се използват само истинските и псевдо-критериите.

Истински критерии. Използват се във версиите ELECTRE I и ELECTRE II. Това е най-простата форма критерии, използвани в т. нар. “традиционна структура на предпочитание”, в която не съществуват прагове и разликите между стойностите на критериите се използват за определяне на това коя алтернатива е предпочетена. Ранкиращата структура, която се получава е известна като “непълна наредба”. В нея всички алтернативи могат да бъдат подредени от най-добрата към най-лошата, като може да съществува връзка между алтернативи с еднаква позиция в подредбата. Всяко предпочитание или аутранкираща структура може да бъде напълно характеризирано с аутранкираща релация S , дефинираща условията, необходими за една алтернатива a да превъзхожда друга алтернатива b . Тук алтернатива a превъзхожда алтернатива b , ако ЛВР я предпочита пред b или двете алтернативи са неразличими за него.

Псевдо-критерии. Използват се в ELECTRE –IS, III, IV и Tri. Псевдо-критериите обхващат двуредов прагов подход. Примери от реалния живот демонстрират, че често съществува междинна зона, в която информацията на ЛВР е противоречива или неясна. Това е довело до модел на предпочитанията, в който са включени две различни прагови стойности: праг на неразличимост q , под който ЛВР показва ясна неразличимост на алтернативите по даден критерий и праг на предпочитание p , над който ЛВР е уверен в силно предпочитание.

Основна концепция на ELECTRE

Най-общо в задачата за многокритериален анализ се казва, че алтернатива a превъзхожда алтернатива b , когато съществуват достатъчно аргументи в подкрепа на твърдението, че алтернатива a е поне толкова добра, колкото алтернатива b и няма достатъчно силни аргументи за обратното. При това са дадени и нивото на познание относно предпочитанията на ЛВР, и качеството на информацията за всички съответни критерии за всяка алтернатива.

За да се конструира аутранкираща релация, е необходимо тази дефиниция да се обогати по такъв начин, че да улесни решаването на задачата за вземане на решение. Методите ELECTRE правят това обогатяване в два отделни етапа:

1. Построяване на аутранкиращата релация;

2. Използване на данните от тази релация.

Всяка от двете фази може да бъде разглеждана по различни начини, в зависимост от формулировката на задачата и конкретната версия на ELECTRE. Именно различните типове на задачата за вземане на решение са довели и до обособяването на различните версии на метода. Така ELECTRE I е предназначена за решаването на задачи за избор, ELECTRE Tri – за задачи за отношения (или разпределяне), а ELECTRE II, III и IV – за задачи за подредба.

Последната група методи включва класифицираща процедура, чийто резултат е подредбата на всички алтернативи, разглеждани в релация една с друга. Това предлага най-задоволителното цялостно разрешение на конфликти между алтернативите, които съществуват на нивото на индивидуалните критерии. Това позволява някои алтернативи да останат несравними в крайния резултат от подредбата (частична пренаредба), а също така прави процедурата чувствителна към съществуването на “клонинги”, т.е. множество от алтернативи много близки една до друга и представящи се по почти идентичен начин по отношение на всички останали алтернативи. В рамките на тази група методи, ELECTRE II е стара версия, работеща с истински критерии, ELECTRE III и IV работят с псевдо-критерии, като ELECTRE III се използва, когато е възможно и желателно да се определи количествено относителната важност на критериите, а ELECTRE IV – когато това не може да бъде направено.

В обобщение, силните страни на този метод са сходни с тези на PROMETHEE, тъй като и двата са от групата на аутранкиращите методи – предоставя на ЛВР по-голяма гъвкавост при въвеждане на неговите/нейните предпочитания, полученият модел се приближава до реалността в по-голяма степен, благодарение на факта, че две алтернативи могат да бъдат несравними и няма ограничението на АНР за броя критерии. Слабите страни на методите ELECTRE също са валидни и за останалите методи от този тип – гъвкавостта идва на определена цена. Необходимо е ЛВР да има познания, касаещи самия метод и смисъла на параметрите му.

1.2.3. Интерактивни методи

1.2.3.1. Метод CBIM

Интерактивният метод CBIM [Narula, Vassilev, Genova and Vassileva, 2003] е предназначен за решаване на задачи с голям брой алтернативи и малък брой критерии.

За получаване на множеството на подредените алтернативи се използва скаларизираща задача, която се основава на информацията, дадена от ЛВР за желаните промени, желаните посоки на промяна и желаните интервали на изменение на стойностите на някой или на всички критерии в текущо предпочитаната алтернатива. По този начин на ЛВР се предоставя възможност да зададе своите предпочитания с по-голяма сигурност и точност. Ако ЛВР желае, той/тя може да предостави допълнителна локална информация на предпочитание, съответно: информация за сравнение по двойки на критериите или интер- и интра-критериалната информация.

Предимството на този метод (и на интерактивните методи изобщо) е свързано с предоставянето на възможност на ЛВР да контролира процеса на търсене на най-предпочитаната алтернатива чрез избор от множеството на текущо подредените алтернативи. Основното преимущество на метода е намаленото натоварване върху ЛВР, касаещо необходимостта да се сравняват директно две или повече алтернативи по едно и също време на всяка итерация. Друго преимущество е възможността за решаване на задачи с десетки и стотици алтернативи, като интерактивността, т.е. разбиването на процеса на решаване на задачата на стъпки, намалява натоварването както върху ЛВР, така и върху системата, с която се решава задачата.

1.3. Анализ на съществуващите методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ

В много случаи решаването на дадена задача на многокритериалния анализ е отговорност на повече от едно лице, т.е. налице е екип от лица, вземащи решение, наричани експерти. Всеки един от тях има собствени глобални и локални предпочитания, но за да се получи едно решение на многокритериалната задача, тези отделни решения трябва да се обобщават в едно крайно решение на задачата. Въз основа на извършения анализ на съществуващите методи и вземайки предвид спецификата на вземането на решение в групова среда, авторът предлага следната функционална класификация на методите, подпомагащи груповото вземане на решения (МПГВР) в зависимост от етапа, на който се обобщават данните от различните участници в екипа:

- Априорни – при тях след дефиниране на условието на задачата данните се обобщават и след прилагането на някой метод се получава краен обобщен резултат;
- Апостериорни - след дефинирането на задачата всеки ЛВР я решава сам за себе си и крайният резултат се обобщава, за да се получи единно решение;
- Интерактивни - данните се обобщават неколkokратно. При някои видове групи това се отразява върху методите, които се използват в тези случаи и не всички експерти са равнопоставени - съществува експерт с повече права, т.е. лидер, който се нарича ГЛВР – Главно Лице, Вземащо Решение.

Независимо от типа, методите следва да се разглеждат като посреднически инструмент за намиране на взаимно изгодни предложения за договореност при преговори с няколко участника. Крайната цел е да се намери Парето-оптимално решение [Kettunen, 1999].

Най-общо груповите решения могат да се разделят на следните 4 класа:

1. **Един ЛВР в групова среда.** ЛВР използва знанието на експерти или

съветници по време на процеса. Всички членове на групата участват в процеса, но само един е отговорен за направеното решение.

2. Йерархично или бюрократично вземане на решение. Съществуват два случая:

- **Централизиран** – предполага се, че има множество от цели, представящи ЛВР-то на най-високо ниво, и че той има пълен контрол над членовете на групата от по-долни нива
- **Децентрализиран** – всеки участник независимо контролира подмножество от променливи и цели и е отговорен за неговото решение, което служи за вход на по-високото ниво.

3. Групово вземане на решения (една група)

Всеки член на групата участва в процеса и е частично отговорен за крайното решение. Обикновено е налице обща цел, която е приета от всички участници, но те се различават по мнението си как трябва да се постигне тази цел. Решението на проблема може да бъде решено от един участник, но групата притежава повече ресурси от всеки от членовете си и потенциалът за достигане на ефективно решение е по-голям.

4. Вземане на решение от няколко групи или преговаряне

Един ЛВР представя една група и е отговорен за решението пред тази група и пред никоя друга. Налице е конфликт на интереси, защото групите имат различни, противоречащи цели и имат различни нужди, които да задоволяват.

Друго разделение – по-детайлно, но не толкова структурирано – е това на [Scholl and Fathi el Nadi, 2009], което се основава на типа на групата и ролите, които различните участници в нея заемат:

1. Автократичен стил на решаване на проблем (АСРП)

Лидерът дефинира проблема, диагностицира проблема, генерира, оценява и избира измежду алтернативни решения.

2. Автократичен с входна информация от група (АВИГ)

Лидерът дефинира проблема. Въпреки, че лидерът диагностицира

проблема, той може да ползва групата като източник на информация в получаването на данни за определяне на казуса.

3. Автократичен с отзиви от групата и обратна връзка (АОГОВ)

Лидерът дефинира проблема, диагностицира проблема и избира решение. Тогава лидерът представя своя план на групата за запознаване, преглед и обратна връзка.

4. Индивидуален консултативен стил (ИКС)

Лидерът дефинира проблема и споделя своето мнение с отделни членове на работната група. Лидерът отстоява идеите си относно проблема и потенциалните решения. Лидерът може също така да използва индивидуалните експертизи в оценяването на алтернативните решения. Веднъж сдобил се с тази информация, лидерът прави избора коя алтернатива да бъде приложена.

5. Групов консултативен стил (ГКС)

Този стил е подобен на индивидуалния такъв, с тази разлика, че лидерът споделя своята визия за проблема с цялата група.

6. Групов решателен стил (ГРС)

Лидерът споделя дефиницията си на проблема с работната група. Групата определя казуса. След това генерира, оценява и избира сред алтернативните решения.

7. Партиципативен стил (ПС)

Групата като цяло преминава през целия процес на вземане на решение. Групата дефинира проблема и изпълнява всички останали функции като група. Ролята на лидера е на фасилитатор на процеса.

8. Група без лидер (ГБЛ)

Групата няма формален лидер. Ако не е наличен заместник на лидерство на задачите или процеса, често се появява такъв. Тази личност може да се сменя с всеки следващ проблем. Групата генерира собствени дефиниции на проблема, диагностицира, генерира алтернативи и избира сред алтернативите.

Груповото вземане на решения е свързано и с процеса на преговори. При преговарянето участващите страни се опитват да постигнат споразумение относно дискутирания въпрос, т.е. да постигнат съгласие [Kersten, Michalkowski, Szpakowicz and Koperczak, 1991]. Ако се погледне абстрактно на груповото вземане на решение, то представлява процес, при който група хора работят за постигането на общо решение [Jelassi, Kersten and Zionts, 1990]. В литературата, термините „переговори“ и „групово вземане на решения“ често се използват като синоними. В настоящата работа обаче двата термина се различават по смисъл, основавайки се на по-детайлното определение на термините, създадено на базата на степента на конфликт, броя на участниците и желанието на участниците да споделят информация [Islei and Lockett, 1991]; [Jelassi and Foroughi, 1989]; [Teich, Wallenius and Wallenius, 1994]; [Zionts, 1992]. Обикновено когато целите на участниците са видно различни и те не желаят да споделят информация за целите си с другите, процесът на вземане на решение се нарича преговори.

Анализът на преговорите произлиза от анализа на решения и теорията на игрите [Sebenius, 1992]. Анализът на решения моделира задачите за вземане на решения от гледна точка на едно ЛВР и се базира на принципа за максимизиране на полезността. Теорията на игрите анализира интерактивните процеси измежду множество играчи, когато няма конфликт между участниците и дава описателни модели за предвиждане на балансиран изход от игрите. Анализът на преговорите е близък до тези две дисциплини и особено до теорията на игрите, която задава рамката за анализ на преговорите. Още повече, че анализът на преговорите цели поддържането на процеса на преговаряне, а не само създаване на описателен анализ на преговорите. В следствие на това, една от целите на анализа на преговорите е създаването на прескриптивна теория на преговорите и полезни съвети за преговарящите страни и подпомагащите преговорите – неща, които не се вземат предвид в традиционния анализ от теорията на игрите [Sebenius, 1992]. Някои от подходите в анализа на преговорите са доста праволинейни и са лишени от особена сложност, което не ги прави по-малко ефективни. Пример за това е анализът на тактиката на отстъпките. При него, тръгвайки от техните най-

предпочитани позиции, преговарящите правят последователни отстъпки. В момента, в който всички участници предложат една и съща алтернатива, е постигната договореност.

1.3.1. Априорни методи

1.3.1.1. Разширен до групов АНР метод VАНР

При груповото вземане на решения с АНР, индивидуалните предпочитания се синтезират, за да образува групово предпочитание [Forman and Peniwati, 1996] по два начина:

- а) обобщаване на индивидуалните отсъждания (Aggregating individual judgments – AIJ); и
- б) обобщаване на индивидуалните предпочитания (Aggregating individual Preferences AIP).

При метода АНР се използва матрица A на предпочитанията с размери $n \times n$, получена от сравняването по двойки на „обекти“ (критерии или алтернативи), където елементът a_{ij} представлява относителната важност на обекта i спрямо обекта j .

При AIJ, отсъжданията на отделните участници се комбинират чрез намиране на средното геометрично и конструиране на обща матрица на предпочитанията.

Ако имаме N на брой ЛВР, елементът a_{ij} на общата матрица на предпочитанията се получава така: $a_{ij} = (a_{ij}^1 \cdot a_{ij}^2 \cdot \dots \cdot a_{ij}^N)^{1/N}$, където a_{ij}^k е въведеното от k -тия ЛВР. Групата се счита за много сплотена и се предполага, че мисли сходно, тъй че отделните участници губят своята идентичност. Следователно цялата група работи като една единица, върху една йерархия, едно множество от агрегирани отсъждания (чрез средно геометрично) и един вектор на крайното решение.

При метода AIP интерес представлява получения приоритет на алтернативите на всеки участник. Агрегирането на получените индивидуални

приоритети се изчислява използвайки средно геометрично или средно аритметично [Forman and Peniwati, 1996]. Това означава, че ако w_i^k е относителният приоритет на i -тата алтернатива на k -тия ЛВР, агрегираният приоритет w_i се получава като $w_i = (w_i^1 + w_i^2 + \dots + w_i^N)/N$ (средно аритметично) или $w_i = (w_i^1 \cdot w_i^2 \cdot \dots \cdot w_i^N)^{1/N}$ (средно геометрично).

Създателят на АНР Томас Саати счита, че предварително условие за прилагането на АНР в малки групи е групата да бъде хомогенна [Saaty, 1989]. В метода VАНР се разглеждат два вида групи – хомогенна и клъстеризирана. При него [Zahir, 1999a], [Zahir, 1999b] аналитичният йерархичен процес се дефинира във векторното пространство. Методът позволява използването на вектор с тегла, който задава различна важност на експертите в групата, което е разширение на работите на [Harsanyi, 1995], [Keeney, 1976] и [Ramanathan and Ganesh, 1994]. За клъстеризиране на векторите на агрегираните предпочитания се използва алгоритъм, основан на работата на [Lu and Fu, 1978].

1.3.1.2. Group ELECTRE

Методът е създаден от [Leyva-Lopez and Fernandez-Gonzalez, 2003] и е предназначен за задача със следните характеристики:

- Всеки участник в групата участва в процеса с информация за своите предпочитания и мнения, като по този начин допринася за вземането на окончателното решение. Обикновено съществува една цел, която се приема от всички участници, но те са на различни мнения за това как да бъде постигната тази цел.
- Всеки участник разглежда едни и същи алтернативи или възможни действия.
- Има много критерии, които обикновено са в конфликт един с друг. Всеки участник трябва да предложи подходящи критерии, които да бъдат споделени (частично или изцяло) от няколко, няколко или всички членове.
- Има специален участник (той може да е едно лице или група от

заинтересовани лица), който има власт да установя правила за консенсус и приоритет на информацията за определената група участници във вземането на решение. Този участник се нарича "лидер".

- Членовете на групата приемат окончателното решение получено при агрегирането на техните мнения според правилата и приоритетите, определени от лидера.

Разглеждайки съществуващите методи, използващи техники за подпомагане на решаване на задачи на многокритериалния анализ за агрегиране на груповите предпочитания (описани в [Belton and Pictet, 1997], авторите на метода стигат до извода, че истинско "колективно мнение" съществува само в случай на (i) единодушие или голямо мнозинство и (ii) с голямо мнозинство се приеме алтруистичното решение на лидера, който действа като "преводач" на груповото решение; това се случва при работа със съдействащи си групи. На базата на тези изводи те създават своя метод, базиран на ELECTRE, при който всеки член определя своите критерии, подходящите оценки и примерни параметри (тегла, прагове и др.). Прилага се метод за подпомагане на многокритериални решения за получаване на персонални ранкирания и след което се дефинира нова задача за лидера на групата, решението на която дава окончателната колективна подредба.

1.3.2. Апостериорни методи

При апостериорните методи за подпомагане груповото вземане на решения всеки ЛВР решава задачата, получава крайна подредба, след което всички подредби са агрегират така, че да се получи една крайна агрегирана подредба. Агрегирането се извършва чрез някой метод за гласуване.

На практика апостериорните методи са пресечната точка на многокритериалния анализ (чрез който всеки ЛВР получава своята подредба) и методите за гласуване (чрез които се извършва агрегирането на подредбите).

Едно предимство на апостериорните методи се състои в това, че те не изискват специални познания на участващите ЛВР за никакви методи за

агрегиране или гласуване. На практика груповата част е „скрита“ от ЛВР. Друго предимство е, че тези методи са независими от метода за получаване на подредбата на алтернативите, т.е. всеки ЛВР може да получи своята подредба с предпочитания от него метод. Въпреки предимствата си, апостериорните методи не са широко застъпени и повече се развиват методи, агрегиращи предпочитанията, а не подредбите [Bisdorff, 2002].

Следват някои дефиниции, на които почиват формалните описания на апостериорните методи, въведени и обсъждани в [Hwang and Lin, 1987] и други:

n – броя на лицата в групата

За всички x и y на всеки ЛВР асоциираме променлива D_i , която приема -1, 0 или 1 съответно, ако ЛВР с индекс i предпочита y пред x , x и y са му безразлични или предпочита x пред y .

По подобен начин за групата като цяло изписваме $F(D) = \{-1, 0, 1\}$ в зависимост от това дали групата предпочита y пред x , безразлична е между x и y или предпочита x пред y .

$D = \{-1, 0, 1\}^n$ е множеството на всички потенциални индивидуални предпочитания.

Елемент D , принадлежащ на D е $D = (D_1, \dots, D_n)$. Тогава функцията на избор се дефинира като $F(D) = f(D_1, \dots, D_n)$ за всички D , принадлежащи на D , т.е. $F: \{-1, 0, 1\}^n \rightarrow \{-1, 0, 1\}$

P – подредба, пермутация на A //обясни A

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ – алтернативи

$D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ – Лица, вземащи решение, експерти

a_{ki}^j - показва че алтернативата a_k отива на i -тата позиция в подредбата на j -тия ЛВР.

$\bar{a}_{ki}$ - показва, че алтернативата a_k отива на i -тата позиция в агрегираната подредба.

P_j – подредба на j -тия ЛВР

Ако $P_j = (a_{11}^j, a_{22}^j, \dots, a_{kk}^j)$, то $P_j = (a_{1k}^j, a_{2k-1}^j, \dots, a_{k1}^j)$, т.е. вотът е обърнат

$\bar{P}$ = агрегирана подредба

Апостериорните методи се разглеждат в контекста на следните свойства:

1. Определяемост (Decisiveness): $F:D \rightarrow \{1,0,-1\}$ е определима, тогава и само тогава, когато $D \neq \emptyset \rightarrow F(D) \neq 0$. Слабо определима е когато $\{D: F(D)=0\}=\{0\}$ и силно определима е когато $\{D: F(D)=0\}=\emptyset$

2. Неутралност – предпазва от вътрешно фаворизиране на някоя алтернатива, т.е. всички алтернативи се третират като равни. Ако всички ЛВР обърнат гласа си, то тогава резултатът трябва да се обърне

$$\bar{P}(-P_1, \dots, -P_n) = -\bar{P}$$

$$f(-D_1, \dots, -D_n) = -f(D_1, \dots, D_n)$$

3. Равенство – предпазва от това един ЛВР да има повече власт от друг. Всички ЛВР са с равни тегла.

$$\hat{P} = (P_1, \dots, P_n) = (P_{\sigma(1)}, \dots, P_{\sigma(n)}) \text{ , където } \sigma \text{ е пермутация на } \{1, \dots, n\}$$

$$f(D_1, \dots, D_n) = f(D_{\sigma(1)}, \dots, D_{\sigma(n)}), \text{ ако } \sigma \text{ е пермутация на } \{1, \dots, n\}$$

4. Монотонност – ако ЛВР a премести алтернативата x нагоре в своята подредба, то алтернативата x ще остане поне на толкова добра позиция в обединената подредба, колкото е била преди това.

$$\text{Ако } i' < i'' \text{ в } a_{ki'}^j \text{ и } a_{ki''}^j, \text{ то } i' < i'' \text{ и в } \bar{a}_{ki'}^j \text{ и } \bar{a}_{ki''}^j$$

5. Единодушност – означава, че x печели, ако всички предпочитат x пред y и y печели, ако всички го предпочитат пред x .

$$\text{Ако } P_1 = P_2 \dots P_n, \text{ тогава } \bar{P} = P_1 = P_2 \dots P_n$$

6. Хомогенност – $F(mD) = F(D)$ за всички положителни цели числа m

7. Слаба Парето-оптималност - Ако за всяко x и всяко y в a_{xi}^j и a_{yi}^j $i \leq i'$ за $j=1 \dots n$, то в $\bar{a}_{xi}$ и $\bar{a}_{yi}$ също така $i < i'$

8. Силна Парето-оптималност – Ако за всяко x и всяко y в a_{xi}^j и a_{yi}^j $i \leq i'$ и за някои x и y $i < i'$, тогава в $\bar{a}_{xi}$ и $\bar{a}_{yi}$ също така $i < i'$ и ако $i > i'$ в a_{xi}^j и a_{yi}^j за всяко x и y , то $i > i'$ в $\bar{a}_{xi}$ и $\bar{a}_{yi}$

Както бе отбелязано в началото на тази част, апостериорните методи произхождат от методите за гласуване, което обяснява тяхното ранно възникване,

предшестващо създаването на компютрите. Въпреки това тези методи и техните формални свойства са актуални и използвани и днес. По-долу са описани най-разпространените методи, които в настоящето са категоризират като апостериорни методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ.

Функция на Кондорсе

Парадоксът на гласуването е разработен от Маркиз дьо Кондорсе, френски филозоф, математик, икономист и социолог. Принципет на Кондорсе е да се избере кандидат, който бие всички други кандидати при обикновено мнозинство, когато съществува такъв кандидат [Young, 1998] [List and Goodin, 2001], [Conitzer and Sandholm, 2005]. Ако не съществува победител с обикновено мнозинство, освен цикличните мнозинства, Кондорсе предлага следния подход:

Функция на Кондорсе:

$$\text{Ако} \\ f_C(x) = \min_{y \in A \setminus \{x\}} \#(i: x \text{ } P_i \text{ } y)$$

и кандидатите се ранкират по ред на стойностите на f_C

$f_C(x)$ измерва най-лошата стойност, която x приема срещу всеки друг кандидат, следователно функцията на Кондорсе е максимум функция, тъй като избира тези кандидати, чийто най-лош показател сред останалите е възможно най-добър.

Бележка: Функцията на Кондорсе е хомогенна, монотонна, паретова и неутрална; очевидно е и определяща (decisive) и анонимна, тъй като всеки гласуващ е еднакво важен, защото решението му е уникално [Fishburn, 1977].

Функцията на Борда

Борда (1733-1799) е френски математик и навигатор. Прочита своя доклад “За формите на избор” пред Кралската академия на науките в Париж през 1770 година. Докладът е публикуван през 1784 година. Докладът на Борда е преведен и коментиран от [McClean and Urken 1995] и др.

Методът, който предлага Борда, е ранкиращ метод. При m кандидати в A , се присъждат оценки $m-1, m-2, \dots, 1, 0$ към първия ранкиран, втория ранкиран, ..., последния ранкиран кандидат за всеки участник, след това се определя най-високата оценка по Борда за всеки кандидат като сума от индивидуалните оценки за този кандидат. След това кандидатът с най-високата оценка по Борда се обявява за победител. Оценката по Борда на кандидатът x е равна на сумата от броя лица, които са предпочели x пред y за всеки $y \in A \setminus \{x\}$.

Функция на Борда:

Нека

$$f_B(x) = \sum_{y \in A} \#(i: x P_i y)$$

и кандидатите се ранкират по реда на стойностите на f_B .

Бележка: Функцията на Борда е хомогенна, монотонна, парето-оптимална, анонимна и неутрална.

Функция на Коупланд

Функцията на Коупланд е предложена от Коупланд през 1950 г. и разгледана в [Merlin and Saari, 1996], [Merlin and Saari, 1997] като уместен метод за определяне на социални избори.

Функция на Коупланд:

Нека

$$f_{CP}(x) = \# \{y: y \in A \text{ и } x P y\} - \# \{y: y \in A \text{ и } y P x\}$$

така че $f_{CP}(x)$ да е броят кандидати в A , над които x има определено просто мнозинство, минус броят на кандидатите в A , които имат определено просто мнозинство над x . Тогава функцията на Коупланд ранкира кандидатите според стойността на $f_{CP}(x)$.

Бележка: Функцията на Коупланд е хомогенна, монотонна, паретова, определима и анонимна [Fishburn, 1977].

Фишбърн прави сравнително проучване на функциите на Борда и Коупланд чрез компютърна симулация. При вариране на броя на гласуващите от 3 до 21 и на броя на кандидатите от 3 до 9, около 90% от 70 000 случая, генерирани

произволно от компютъра имат общ кандидат (победител) за двете функции. При другата крайност, за $m = 9$, около 73% от изброените случаи имат идентичен набор избори, а за $(n, m) = (21, 9)$ около 70% имат идентичен набор избори.

Функция на Нансън

Е. Дж. Нансън (1850 – 1936), английски математик, предлага функция на социален избор в своята статия “Методи на избор”. Тя е разгледана в [McLean, 1996].

Функцията на Нансън е елиминираща процедура на Борда. На всеки етап в последователен процес всички кандидати, които имат най-ниска оценка по Борда на този етап, отпадат, освен ако всички кандидати нямат еднаква оценка. Тези, които остават, представляват избраният набор кандидати. От дефиницията на броящата функция на Борда, f_B , следва, че кандидатът, който победи или изравни с всеки друг кандидат не може да бъде отстранен по време на процеса. Нансън също така демонстрира, че ако съществува кандидат, който има мнозинство срещу останалите, то той трябва да бъде избран, което е принципът на Кондорсе.

Функцията на Нансън:

Нека $A_i = A$, и аз всяко $j \geq 1$ нека
 $A_{j+1} = A_j \setminus \{x \in A_j : f_B(x) \leq f_B(y) \text{ за всяко } y \in A_j,$
 и $f_B(x) < f_B(y) \text{ за някои } y \in A_j\}$
 където $f_B(x) = \sum \#(i: x P_i y)$, е оценката по Борда.

Тогава

$f_N(x) = \lim_{j \rightarrow \infty} A_j$, е печелившия кандидат.

Бележка: Фишбърн [Fishburn, 1977] показва, че функцията на Нансън е хомогенна и парето-оптимална, но не монотонна, както и че очевидно е решаваща (decisive) и анонимна, ако гласуващите са еднакво важни и вземат решенията самостоятелно.

Функция на Доджсън

К. Л. Доджсън (Луис Карол) (1832 – 1898) е английски математик и логик. Функцията на Доджсън е представена в неговата теория за изборите и комитетите “Циклостилния лист” през 1877 г.

Функцията на Доджсън се основава на идеята, че кандидатите се оценяват на базата на най-малкия брой промени, които са необходими в подредбите на предпочитанията на гласуващите за получаване на победител (или негубещ) с обикновено мнозинство [Fishburn, 1977].

Бележка: Функцията на Доджсън е хомогенна и паретова, но не монотонна. [Fishburn, 1977].

Функция на Кемени

Функцията на Кемени е предложена от Дж. Г. Кемени, и е разгледана от [Young, 1995], [Young, 1997], [Conitzer, Davenport and Kalagnanam, 2006].

Функцията на Кемени цели да максимизира общото количество съгласие или подобие между консенсусните ранкирания и подредбите на предпочитанията на гласуващите за алтернативи A .

Дефиниция 1: Нека L е ранкираща матрица $L = (\zeta_{ic})$, където $i, j = 1, 2, 3, \dots, m$ и i, j е индексът на алтернативите $a_1, a_2, \dots, a_m$. Елементът от матрицата, ζ_{ic} , е

$$\zeta_{ic} = \begin{cases} 1 & \text{ако } a_i \text{ е предпочитана пред } a_j \\ 0 & \text{ако са равнопоставени} \\ -1 & \text{ако } a_j \text{ е предпочитана пред } a_i. \end{cases}$$

Дефиниция 2: Нека m_{ij} е броят на лицата, които предпочитат a_i пред a_j , m_{ji} да бъде броят на лицата, които предпочитат a_j пред a_i , и m_{ji}^* да бъде броят на лицата, които нямат предпочитания нито към a_i , нито към a_j , тогава имаме пропорционална матрица M , чиито входове представляват съотношението на гласуващите, които предпочитат една алтернатива пред друга.

$$M_{ij} = \frac{m_{ij} + m_{ij}^*}{n}, i \neq j$$

$$M_{ii} = 1/2$$

където n е общият брой лица.

Дефиниция 3: Нека E бъде преведена изборна матрица. $E + M - M^t$, където M^t е транспонираната матрица M . Въведените стойности e_{ij} на E представляват разликата между съотношението на гласуващите, които предпочитат a_i пред a_j и тези, които предпочитат a_j пред a_i .

Функция на Кемени:

Нека

$$f_k = \max \langle E, L \rangle$$

където $\langle E, L \rangle$ е обикновен вътрешен резултат на E и L , тоест $\sum (i, j) \iota_{ij} e_{ij}$ и L е възможна линейна подредба за A .

Бележка: Функцията е естествена и определима, анонимна, хомогенна, монотонна и паретова. [Fishburn, 1977]

Функцията на Кемени се основава на степента на съгласие между профилите на всички гласуващи и консенсусните линейни подредби на предпочитанията.

Функция на Кук и Сийфърд

Кук и Сайфърд [Payne and Wood, 2002], [LuisGarcia-Lapresta, 2007] изследват проблема с определянето на ранкиране на компромис или консенсус, което се съгласува най-добре с всички ранкирания на комитета. Те въвеждат функция за метрика или разстояние като мярка за съгласието или несъгласието между ранкиранията. Тогава консенсусното ранкиране се определя като ранкиране, което минимизира общото абсолютно разстояние (несъгласие). Идеята на функцията на Кук и Сайфърд е подобна на тази на функцията на Кемени, но процедурата за достигане на консенсусно ранкиране е различна.

Нека r_{ij} означава рангът, даден на алтернативата j от лицето i , където $i = 1, 2, \dots, n$ и $j = 1, 2, \dots, m$, тоест има n членове на комисията и m алтернативи. Също така нека r_j^c да е медианата или консенсусното ранкиране на алтернативите j .

Задачата е да се намери това r_j^c , $j = 1, 2, \dots, m$, което намалява общото абсолютно разстояние (несъгласие) до минималното възможно.

Несъгласието на лицата (разстоянието) от консенсусното ранкиране е

$$d_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - r_j^c|, i=1, 2, \dots, n$$

Следователно, мярката на несъгласието (разстоянието) е

$$d = \sum_{i=1}^n d_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |r_{ij} - r_j^c|$$

Забележете, че r_j^c може да бъде равно само на едно от числата, индексирани ранк, $k = 1, 2, \dots, m$. Следователно, ако $r_j^c = k$, може да се дефинира

$$d_{jk} = \sum_{i=1}^n |r_{ij} - k|$$

и да се изчисли $d = \sum_{j=1}^m d_{jk}$ за всяко $k = 1, 2, \dots, m$.

Може да се задават различни стойности на m за всяка от m алтернативите, тоест, могат да бъдат изчислени коефициентите за разстояние $m \times m$ (d_{jk} , $j, k = 1, 2, \dots, m$).

Искаме да намерим консенсусно ранкиране, което има най-малките разстояния (несъгласия). Това може да се постигне чрез решаване на така наречената задача на присвояване на нула-едно линейно програмиране:

$$\begin{aligned} & \min \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m d_{jk} x_{jk} \\ & \text{при} \quad \sum_{j=1}^m x_{jk} = 1, k=1, 2, \dots, m \\ & \quad \sum_{k=1}^m x_{jk} = 1, j=1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

където $x_{jk} = 1$, ако k е било присвоено на j и в противен случай $x_{jk} = 0$.

Бележка: Аксиоматичната структура на подхода на Кук и Сайфърд е подобна на тази на функцията на Кемени. Кук и Сайфърд показват, че техният подход е анонимен, определим и уникален. Подходът е хомогенен и монотонен, но не паретов.

Функция на Фишбърн

Функцията на Фишбърн е предложена през 1970 г. и е разгледана от [Brams, Steven and Fishburn, 2002].

Фишбърн казва, че ако всяко нещо, което побеждава x побеждава и y с обикновено мнозинство, и че ако x побеждава или е наравно с нещо, което побеждава y , тогава x е по-добро от y при сравнение с обикновено мнозинство. Това е равносилно на твърдението, че x е по-добро от y , ако x побеждава или е наравно с нещо, което побеждава y , и x побеждава всичко, което y побеждава или с което е наравно.

Функция на Фишбърн:

Нека $x P y$, ако от $a P x$ следва $a P y$ за всяко $a \in A$, и $b P y$ и не $(b P x)$ за някои $b \in A$.

$$F_F(x) = \{x \in A: y P x \text{ за никое } y \in A\}$$

Функцията на Фишбърн е предназначена да се изберат максималните елементи в A при обикновено мнозинство.

Бележка: Функцията на Фишбърн е хомогенна, монотонна, паретова, определяща и анонимна [Fishburn, 1977].

В бинарна релация, тя се нарича строго частично подреждане, ако и само ако е асиметрична и транзитивна. В противен случай при функцията на Фишбърн подредбите сред кандидатите не могат да се различат.

Въпреки съществените предимства на апостериорните методи – независимостта им от метода за получаване на подредба и това, че не изискват специални познания от участниците в процеса на вземане на решение – практичността им при решаването на големи задачи (с голям брой алтернативи) остава ограничена поради това, че участниците въпреки всичко работят с цялото множество на алтернативите и процесът завършва след една стъпка, т.е. участниците нямат възможност да коригират избора си. При разработването на СПГВР (предимно в изследователските и учебните среди, но до известна степен и в комерсиалните) с общо предназначение е важно да се улесни потребителят

при решаването на една и съща задача с различни методи, поради което апостериорните методи именно заради необвързаността си от индивидуалните методи за получаване на подредбата са за предпочитане пред априорните, чиято индивидуална и групова част са неразделно свързани.

1.4. Софтуерни системи за взимане на решения

За подпомагането и реализирането на сложния процес за вземане на решение се използват различни информационни системи или Системи за вземане на решения (СВР), които могат да бъдат категоризирани по следния начин:

Комуникационно ориентирани СВР – фокусират се върху комуникацията, сътрудничеството и технологиите за вземане на решения. Наричат се още Системи подпомагащи преговорите.

СВР, ориентирани към данни – включват управленски информационни системи и географски информационни системи. Фокусират се основно върху достъпа и манипулирането на големи масиви от данни.

СВР, ориентирани към документи – интегрират технологии за съхраняване и обработка, осигуряване на достъп до и анализ на документи.

Инструмент за търсене, който създава обобщения и прави класация на документите по отношение на тяхната релевантност, предоставя функционалност за вземане на решения, но основният им компонент е базата от документи.

СВР, ориентирани към знания – предлагат или препоръчват действия на мениджърите (мениджъра, но не само). Тези системи съдържат специализирани проблемно-ориентирани експертни знания относно дадена област, разбиране на проблемите в дадената област и „умения“ за решаването на тези проблеми.

Моделно ориентирани СВР – включват системи, съдържащи оптимизационни или други математически модели. Наричат се още системи за подпомагане вземането на решение (СПВР). В зависимост от броя на

участващите ЛВР, могат да бъдат индивидуални или групови.

1.4.1. Системи за подпомагане вземането на индивидуални решения

Системите за подпомагане вземането на решение са моделно ориентирани интерактивни СВР, предназначени за подпомагане на лицето или лицата, вземащи решение (ЛВР) при решаване на слабо формализирани или неформализирани задачи (слабо структурирани или неструктурирани задачи) [Sprague and Garson, 1982], [Bonczek, Holsapple and Whinston, 1981]. СПВР намират приложение в различни области – банково дело, корпоративни финанси [Spronk, Steuer, and Zopounidis, 2005], [Steuer, Qi and Hirschberger 2006], [Steuer, Qi and Hirschberger 2008], управление на фирми, образование, транспорт, здравеопазване и др., като броят на публикацииите, свързани с приложенията на СПВР, непрекъснато расте [Figueira, Greco and Ehrgott, 2005], [Ginevicius, 2008], [Ginevicius, Podvezko, 2008], [Ustinovichius, Zavadskas, Podvezko, 2007], [Turskis, Zavadskas, Peldschus, 2009]. Основната част от СПВР са разработени за решаване на конкретни неструктурирани или слабо структурирани приложни проблеми. В зависимост от определеността на задачата за вземане на решения методите и съответно системите за тяхното решаване се разделят на такива при определеност, в условия на риск и в условия на неопределеност. Както бе споменато по-назад, ЛВР са част от алгоритъма за решаване на многокритериалната задача. Поради това, качеството на диалога между него и СПВР е от изключителна важност и на интерфейса им се отделя голямо внимание [Bisdorff and Zam, 2011].

1.4.1.1. Многокритериални системи за подпомагане вземането на решения

Съществуват множество параметри, по които могат да се класифицират МСПВР.

В зависимост от обхвата на приложение

Най-разпространените системи за решаване на многокритериални задачи са **проблемно-ориентираните**. Често те са включени в други информационно-управляващи системи, служат за решаване на една или няколко сходни многокритериални задачи и за тях е разработен проблемно-ориентиран потребителски интерфейс, използващ термините на предметната област на задачата. В някои от тези системи са реализирани повече от един методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ, понякога от различни видове. Интересен пример за такава система е ADELAIS – за избор на ценни книжа [Zorounidis, Despotis and Kamaratou, 1998b]. Друга част от тези системи са системи с **общо предназначение**. Те са универсално ориентирани - могат да решават всякакви задачи, формулирани като многокритериални.

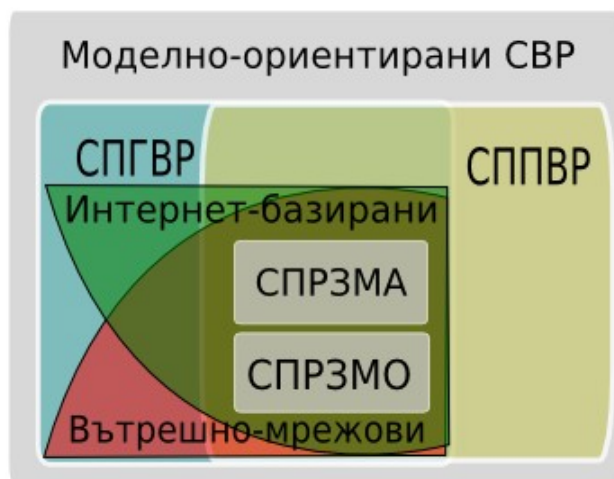
В зависимост от вида на задачата

Многокритериалните системи за подпомагане вземането на решения (МСПВР) са предназначени за решаване на многокритериални задачи за вземане на решения. В съответствие с двата основни класа на многокритериални задачи (за оптимизация и за анализ), системите за решаването им също са делят на две категории - Системи за подпомагане решаването на задачи на многокритериалната оптимизация (СПРЗМО) и Системи за подпомагане решаването на задачи на многокритериалния анализ (СПРЗМА).

В зависимост от приложението

Разработените МСПВР могат да се обособят [Weistroffer and Narula, 1997] в три групи: комерсиални, изследователски или учебни и експериментални (за тестване на нови методи). Понякога е трудно да се направи ясно разделение между тези групи. Някои експериментални МСПВР могат с успех да се използват за изследователски и учебни цели. Програмната реализация и

документацията на отделни изследователски или учебни МСПВР са направени сравнително добре, но те се предлагат свободно, а не с комерсиална цел. Във [Wiestroffer and Narula, 1997] и [Wiestroffer, Smith and Narula, 2005] са представени повечето от разработените до 2005 г. СПРЗМО системи. В последните години се създават нови експериментални системи [Vassilev, Narula, Vladimirov and Djambov, 1997] или се разработват нови версии на системи за работа в интернет среда [Miettinen and Makela, 1995].



Фиг.1.1

1.4.1.2. Примери за многокритериалните системи за подпомагане вземането на решения

Сред по-известните СПРЗМА и СПРЗМО могат да се посочат следните програмни системи с общо предназначение: (VIMDA [Korhonen, 1991], WinGDSS [Csáki, Rapcsák, Turchányi and Vermes, 1995], Expert Choice [Saaty, 1994], MACBETH [Bana e Costa and Vansnick, 2000], Decision Lab [Brans and Mareschal, 2000], VIP [Dias and Clímaco, 2000], Web-HIPRE [Mustajoki and Hämäläinen, 2000], IRIS [Dias and Mousseau, 2003], KnowCube [Hanne and Trinkaus, 2003], IDS [Xu and Yang, 2003], PROMCALC и GAIA [Brans and Mareschal, 2005], ELECTRE III-IV [Figueira, Mousseau, and Roy, 2005], DECISION-DECK [Bisdorff, 2008], [Bisdorff, 2009], интерактивна аутранкираща система [Vetschera, 1988], система за подпомагане груповото вземане на решение в мултиезична среда [Aiken, Martin, Paolillo and Shirani, 1994], реализиращи един

или няколко метода от една и съща група.

Специализирани СПРЗМА на практика има внедрени във всяка област, в която проблемите могат да се сведат до задачи на многокритериалния анализ. Примери са Интегрираната система за подпомагане на инспектори по авиационна сигурност [Luxhøj and Williams, 1996], управление на водните запаси [Srdjevic, 2007], SPAN – система за анализ на планове за сигурност [Zviran, Hoge and Micucci, 1990], e-OCEA – интернет базирана система за съставяне на графици [T'kindt, Billaut, Bouquard, 2005], HDSS за оценяване на кредити [Souček, Sutherland and Visaggio 1994], уеб-базирана ГИС СПРЗМА [Rao, Fan, Thomas, 2007], DSSPDS – система за избор на продуктов дизайн [Besharati, Azarm and Kannan, 2006], система за анализ на пазара на труда [Chong, Chen and Justis, 1992], система за планиране на държавната политика [Van Groenendaal, 2003], система за подпомагане груповото вземане на решение за решаване на математически задачи [Aiken and Martin, 1995], система за избор на колеж [Wu, Irazusta and Lancaster, 1992], интерактивна система за анализ на организации [Sushil and Raghunathan, 1994], система за определяне на местоположение на магазин за хранителни стоки, базирана на размит йерархичен тегловен метод [Kuo, Chi and Kao, 1999], интелигентна система за планиране на разпространителска мрежа [Cheung, Leung and Tam, 2005], система за медийно планиране [Moynihan, Kumar, D'Souza and Nichols, 1995], система за планиране и разпределение на дългосрочни вложения [Moribayashi and Wu, 1990], FINCLAS – за финансови задачи [Zorounidis and Doumpos, 1998a], системата Agland – за аграрни дейности [Parsons, 2002], системата DESYRE – за възстановяване на замърсени местности [Facchinetti, Mannino, Mastroleo and Soriani, 2005].

1.4.2. Системи за подпомагане вземането на групови решения

Системите за вземане на групови решения (СВГР) представляват интерактивна среда с множество потребители, предназначена за подпомагане на съвместната работа. Обикновено СВГР се използват в електронни сесии за мозъчна атака, като предлагат възможности за анонимно или едновременно

коментиране, както и други възможности. [Gallupe et. al., 1992]; [Cooper and Gallupe, 1998]; [Roy and Gauvin, 1996] Системите, подпомагащи груповото вземане на решения (СПГВР) от друга страна са СВГР [Русков, 1998], които предоставят инструменти за подпомагане на процеса на вземане на решения като аналитични модели и средства за гласуване. Въпреки разликата, двете концепции често са взаимозаменяеми, защото повечето СВГР поддържат и вземане на решения.

Вземането на групови решения се извършва от група ЛВР, които участват в специално организирани за целта срещи.

В зависимост от типа на участниците в процеса на вземане на решение и СПВГР се делят на вътрешно мрежови и интернет-базирани.

При вътрешно-мрежовите системи се използва локална мрежа, като на всяка има инсталиран клиент, с който работи по един ЛВР. В зависимост от софтуерната архитектура, може да има или да няма централен сървър. При тях времето е ограничено, защото се използват телекомуникационни технологии за осъществяване на комуникация между участниците в екипа. Като абсолютен минимум се посочва текстов чат с емотикони, препоръчва се аудио или видео конферентна връзка.

Интернет базираните системи позволяват екипът да е разпрострян на голяма географска територия. Традиционно използваната софтуерна архитектура е клиент-сървър. Именно сървърът позволява този тип системи да се използват продължително време - той може да играе ролята на място за съхраняване на резултатите.

Една от най-новите тенденции е процеса на вземане на решение и използването на СПВР да се разглеждат на абстрактно ниво, като се интегрират модели и решатели в големи разпределени системи. Те използват унифицирано представяне на моделите и решателите, което е неутрално по отношение на парадигмата и позволява средата да бъде лесно разширяема. Обикновено тези системи включват модул за подпомагане на избора на решател и модел.

Keun-Woo Lee (от IBM) и Soon-Young Huh например предлагат

използването на многоагентен подход за представяне на схемите на моделите и решателите. Всеки от агентите помага на потребителя при избора на модел и решател без директна намеса от страна на потребителя, но взаимодействайки си активно с него [Lee and Huh, 2006].

Други съвременни технологии, които улесняват решаването на проблемите на интегриране на модели и решатели в мрежова среда са уеб-услугите [Bigaret and Meyer, 2010] като начин на имплементиране на решателите и предоставящи възможност за разгръщане на среди за решаване на задачи за вземане на решение в разпределена мрежова среда. Тази тенденция почива на големия напредък, който се извършва в посока на семантичните технологии. Откриването на подходящ модел и решател се извършва чрез класифицирането на моделите в групи (таксономии), така че всеки модел в групата може да споделя решатели с останалите членове. По този начин, след причисляване на решатели към отделни групи интерфейлната онтология може да представи кой решател може да се приложи към даден модел [Lee and Huh, 2006].

Във [Valente and Mitra, 2007] и [Bisdorff and Zam, 2011] се посочва, че съвременните тенденции водят към гъвкави интернет-базирани, разпределени СПВР с възможност за избор и добавяне както на модели, така и на решатели.

Важно е да се отбележи, че въпреки предимствата на този подход на повдигане нивото на абстракция и създаването на мета-системи, тяхната роля е предимно изследователска, поради сложността им на използване.

Всяка СПГВР осигурява следните две функции - комуникационна и подпомагаща вземането на решения. Таблица 1.1 показва какъв тип СПГВР са подходящи в зависимост от времето и разстоянието.

	ограничено време	продължително
разпръснати	интернет-базирани	интернет-базирани
близко разстояние	локални, вътрешно-мрежови	локални

Таблица 1.1

Роли в групата на ЛВР

Разграничават се следните важни роли в групата на ЛВР:

- **Лидер**, който установява целите на срещата, участва в планирането на срещата и обикновено има главна отговорност за изхода от нея.
- **Участниците** предоставят своите умения, талант и опит и са отговорни за генерирането на идеи, анализиране на информацията, помощ за достигане до решение и често отговарят за изпълнението на плана за действие.
- **Фасилитатор**, който може и да е лидер на срещата или външно лице, предоставя инструменти, процеси и техники за да способства за съвместната работа.

Категории групи ЛВР

Групата като цяло може да принадлежи на някоя от следните категории в зависимост от състава:

- екип - колеги, със сходни виждания, еднакви цели и евентуално различни виждания за постигане на целите;
- група от хора в рамките на една организация без близък личен контакт, които преследват едни и същи крайни цели, но вижданията им за постигането на тези цели се различават значително;
- преговори - участниците принадлежат на различни организации, преследват различни цели, и съответно средствата за постигането на тези цели не съвпадат [Forman and Selly, 2002].

Модели на срещи на ЛВР

Срещите могат да продължат от по-малко от час до месеци или години. Срещата за вземане на групово решение може да се проведе в следните четири обстановки:

- по едно време на едно и също място;
- по едно време на различно място;
- по различно време на едно място;
- по различно време на различно място.

Срещата е взаимодействие, при което:

- се използва набор от ресурси (хора, технологии)
- за да трансформира настоящия проблем на групата в желано бъдещо състояние
- чрез серия от последователни стъпки

За конкретна тема групата може да генерира информация, организира информацията в алтернативи, оцени и избере алтернативи и обсъди действията.

Резултати от среща на ЛВР

Конфликтите са преобладаващи при задачи, при които има повече от един “правилен” отговор, и е необходимо съгласуване на различни ценности, интереси и конкурентни задачи.

По-малко очевидно като резултат от среща, но винаги важно е, как се *чувстват* участниците и как *реагират* на някои аспекти от срещата, включително:

- как се чувстват/как реагират участниците на съдържанието (заданието);
- междуличностни отношения (как се чувстват участниците в групата един спрямо друг);
- разбирателство, откритост, доверие и сплотеност на групата;
- отношение към процеса - дневен ред, дейности, система, подпомагаща групите;
- отношение към самите себе си [Forman and Selly, 2002].

Целта е да се създадат и поддържат позитивни емоции, които способстват за ефективната колективна работа. При ефективна среща, отрицателните чувства (чувствата и емоциите се разграничават от познанието, мисленето и действието) не се избягват, а вместо това се пренасочват в положителна посока.

Много участници в група за взимане на решения считат, че липсата на чувства (енергия) е най-големият им проблем.

1.4.2.1. Възможности на системите за групово вземане на решения

СПГВР и други технологии за провеждане на срещи могат да поддържат мозъчна атака за генериране на алтернативи, структури за организиране на информацията и оценяване с цел избор на най-предпочитаната алтернатива. Необходимо е да се решат четири задачи:

1. генериране на алтернативи;
2. избиране сред алтернативите;
3. преговаряне;
4. изпълняване на избраните алтернативи.

Най-общо, целта на СВГР е да се увеличи производителността на групата в постигането на нейната цел. Тази производителност може да се измери чрез ефективност (време и усилия, необходими за постигане на резултата), качеството на резултата, качеството на процеса (вземането предвид на входната информация от всички участници), удовлетвореността на участниците и консенсус [Fjermestad and Hiltz, 1999]. Успешното прилагане на СВГР зависи от задачата и технологията [Zigurs and Buckland, 1998] и от характеристиките на групата като хомогенност и размер [Mennecke and Valacich, 1998]. По този начин координаторът/фасилитаторът цели подобряване на производителността на групата [Boiney, 1998]; [Griffith, Fuller and Northcraft, 1998]. Има три ключови измерения на технологията за подпомагане груповото вземане на решения:

- подпомагане на комуникацията;
- структуриране на процеса;
- обработка на информацията [Zigurs и Buckland, 1998].

Подпомагането на комуникацията означава способността на системата да подобрява или добавя нови елементи в комуникацията. Структурирането на процеса се отнася към някои аспекти на технологията СВГР, които подпомагат, подобряват или дефинират процеса, чрез който групата взаимодейства. Обработката на информацията означава способността на СВГР да събира, споделя, агрегира, структурира и оценява информацията (вкл. предпочитанията на участниците). Счита се, че използването на инструменти за подпомагане

подобряват ефикасността на групата [Sambamurthy and Poole, 1993], въпреки, че много фактори (задачата, групата, технологията, контекста) варират от една група до друга и засягат начина на използване на технологията. В действителност груповата производителност е резултат от сложното взаимодействие на всички тези фактори и усъвършенстваните инструменти за подпомагане на процеса не са гаранция за успех. Използването на такива инструменти улеснява само най-уверените в тази технология. В противен случай вниманието на участниците може да се фокусира върху използването на технологията, вместо върху целта на събирането.

1.4.2.2. Класификация на системите за групово вземане на решения

В зависимост от това в каква степен е застъпено всяко измерение на технологията, може да се извърши следната класификация на системите за групово вземане на решения и системи, поддържащи преговарянето [DeSanctis and Gallupe, 1987]

- системи, осигуряващи техническата възможност за подобрена комуникация между участниците (реализиране на виртуална среща);
- системи, предоставящи моделиране на решенията и техники за групово вземане на решения;
- системи, включващи компоненти на експертна система.

Ефективността на една СПГВР се определя от степента на съответствие на системата с входните променливи на решаваната задача [Nour and Yen, 1992], групата, вземаща решение [Stasser, Taylor and Hanna, 1989] и нуждите на организацията.

Функционалността на системата е необходимо да отговаря на изискванията на тези променливи. Освен това интерфейсът на системата, до колкото той засяга процеса на групово вземане на решение, трябва да удовлетворява потребителите [DeSanctis, Snyder and Poole, 1994].

1.4.2.3. Примери на системи за групово вземане на решения

Някои добре известни програмни системи с общо предназначение за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ са:

- **Comparison Suite** [Saaty, 2009] – широко разпространен, но имплементира само AHP;
- **Web-HIPRE** [Mustajoki и Hämäläinen, 2000] – не се развива, ползва остарялата технология на java аплети, едностъпкова;
- **Opinions-Online**, разработена в Systems Analysis Laboratory на Хелзинския Технически Университет от [Hämäläinen and Kalenius, 1999] – организирана е като въпросник, който се попълва от участниците, които после виждат резултата, няма интерактивност, едностъпкова;
- **Joint Gains** [Ehtamo, Kettunen and Hämäläinen, 2001] интерактивна, но имплементира само един метод - за подобряване на посоките [Ehtamo, Verkama and Hämäläinen, 1999];
- **Criterium DecisionPlus 3.0** [<http://www.infoharvest.com/ihroot/index.asp>], - позволява комуникация между участниците, реализира анализ на чувствителността и трейдофите, работи и с неопределеност, поддържа големи модели, но реализира само тегловни методи;
- **Vanguard Studio™** [<http://www.vanguardsw.com/products/vanguard-system/components/vanguard-studio/>] - моделиране в сътрудничество, логиката е организирана като електронна таблица, моделирането е визуално, включва инструменти от различни области – ИИ, статистика, фокусира се върху вземане на решения в условията на риск.

1.4.3. Обобщаване на основни характеристики на СПВР

От горните дефиниции могат да се обобщят следните основни характеристики на СПВР:

- СПВР обединява данни и модели;
- СПВР се разработва да подпомага ЛВР (мениджърите) при решаване на слабо структурирани или неструктурирани задачи;

- СПВР подпомага, а не замества ЛВР;
- СПВР служи за повишаване на ефективността на процеса на вземане на решения, не за повишаване на ефективността от прилагането на тези решения след това.

В зависимост от броя на лицата, вземащи решение СПВР могат да бъдат разделени на персонални и групови. При персоналните СПВР (СППВР), ЛВР е един човек, който взема крайното решение и носи отговорност за него.

При груповите СПВР, наричани Системи, подпомагащи груповото вземане на решения (СПГВР), в процеса на вземане на решение участват повече от едно ЛВР, наричани понякога експерти.

1.5. Основни изводи, получени в резултат на цялостния обзор на литературата

1. Съществуващите класически подходи за решаване на задачи на многокритериалния анализ притежават редица положителни качества, но никой от тях поотделно не е универсално приложим за решаването на различните задачи, възникващи в практиката, за различни типове групи и различно ниво на компетенция на участниците в групите. За да се постигне широк спектър на приложение, е необходимо системите да реализират няколко метода, като ефектът е по-голям, когато методите са от различен тип, т.е. изискват различен тип допълнителна информация от ЛВР.
2. Съвременният хардуер позволява решаването на големи по обем задачи, но те надхвърлят възможностите на отделния човек за обхващане на задачата в нейната цялост, поради което разбиването ѝ на отделни фрагменти и стъпки би повишило качеството на решенията.
3. В методите за решаване на задачи на многокритериалния анализ ЛВР е активен елемент от алгоритъма, поради което взаимодействието между него и системата е съществено и интерфейсът на системата е от голяма важност.
4. Глобализацията и в частност развитието на търговските компании, както и увеличаването на важността на всяко взето от средния и висш мениджмънт решение води до необходимостта решенията да не се взимат еднолично именно поради голямата отговорност, което води до преминаване от едно ЛВР към група експерти. Този преход е подпомогнат от развитието на телекомуникациите и Интернет. Но повечето системи, които подпомагат вземането на решения в група се фокусират предимно върху комуникацията, вместо върху формализирането на съответния проблем и подпомагане на решаването му. Актуалността на системи, подпомагащи вземането на решения от множество участници се подчертава от повишената заинтересованост на държавите и обществата

като цяло относно влиянието на хората върху природата и следващия от това конфликт между държавни интереси, бизнес интереси и интересите на отделния човек, който трябва да бъде решен по най-ефективен начин.

5. Повишената отговорност от вземането на дадено решение, увеличеният брой на гледни точки, измежду които трябва да се търси компромисно/най-ефективно решение и повишения брой от потенциални действия води до необходимостта натоварването върху вземащите решения да се намали, тъй като обхващането на целия проблем с всички негови аспекти от всички гледни точки е задача, непосилна за отделния човек. Тези обстоятелства са основната причина на интерактивните методи да се отделя все по-голямо внимание. За съжаление, повечето усилия до този момент са вложени в разработване на интерактивни методи за подпомагане вземането на решения от един човек, а съществуващите методи за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ са еднопасови, което ограничава възможността на участниците в процеса да търсят решение, удовлетворяващо ги в най-голяма степен и да коригират вече направен избор.

1.6. Цели и задачи на дисертационната работа

Целите на настоящата дисертационна работа са изследването и създаването на нови интерактивни методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ и подходящи за вграждане в системи, подпомагащи груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ.

От анализа на известните подходи, методи и средства за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ следва, че за постигане на тази цел чрез дисертационния труд трябва да бъдат решени следните по-важни задачи:

- 1) Анализ на съществуващите методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ индивидуално и в групова среда
- 2) Разработване на интерактивен подход, който е инвариантен по отношение

на използваните методи за индивидуално решаване на задача на многокритериалния анализ и за обобщаване на подредбите, получени от отделните участници в една обща подредба на групата

- 3) Разработване на подходящи за реализиране в разпределени системи интерактивни методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ, обхващащи различни видове групи спрямо класификацията в раздел 1.3.
- 4) Разработване на необходимия потребителски интерфейс, който да улеснява както комуникацията, така и моделирането на решавания проблем.
- 5) Удостоверяване на работоспособността на предложения подход и разработените методи чрез решаването на практически задачи (примери).

В резултат на изложеното в Глава 1 може да се отбележи, че в нея са направени:

- обзор и анализ на съществуващите методи за индивидуално решаване на задачи на многокритериалния анализ
- обзор и анализ на съществуващите системи за решаване на задачи на многокритериалния анализ
- обзор и анализ на съществуващите методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ и аргументиран избор на типа методи за по-нататъшно изследване и развитие за целите на увеличаването на универсалността на приложение на многокритериалния анализ
- **аргументирана формулировка на целта и задачите на дисертационния труд.**

Глава 2. Интерактивни методи за подпомагане вземането на групови решения

2.1. Въведение

В настоящата работа се предлагат разработени от автора нови пет интерактивни метода за групово решаване на задачи на МКА. Всеки от тях е приложим в група с различна роля на участниците в нея. Предложените методи за групово решаване имат няколко важни особености.

Първата особеност е, че за намирането на текущо-предпочетена алтернатива те се основават на интерактивен метод за СВІМ. Това позволява на експертите да задават не само желани или приемливи нива, но също така и желани или приемливи посоки и интервали на промяна на стойностите на отделните критерии. Използването на метода СВІМ не е задължително и може да се ползва който и да е друг метод, даващ подредба в случая на методите GECVIM, GCBIM, BIMBEE1 или GCBIM-NN или най-добра алтернатива в случая с BIMBEE2.

Втората особеност е, че при методите, които ползват агрегиране на подредбите, може да се приложи всякакъв метод за агрегиране, бил той borda score или друг.

Третата особеност е, че методите покриват голяма част от спектъра на видовете групи за вземане на решения – с лидер, взимащ еднолично решение и приемащ само мнения от експертите от една страна до напълно равнопоставена група без лидер от друга. Най-автократичните видове групи не са разглеждани, защото при тях на практика няма повече от един участник и в резултат на това могат да се приложат методи за индивидуално решаване.

Тези особености формират общ подход на предложените методи и гарантират тяхната гъвкавост по отношение на компетентността на експертите, типа на решаваната задача и вида на групата.

2.2 Разширен до групов класификационно-ориентиран интерактивен метод GECBIM

В задачите за групово взимане на решения и задачите на многокритериалния анализ има някои важни прилики: (а) интересът към получаване на добри резултати за целия набор критерии (при ЗМКА), и за получаване на ранкиране, което задоволява целия набор участници (при МПГВР); (б) идеята/концепцията за идеално решение, обикновено непостижимо, също е обща; (в) идеята за доминираност също има подобна роля; и (д) когато идеалното решение не е постижимо, е необходимо да се моделират предпочитанията на ЛВР по няколко критерия (в ЗМКА), или предпочитанията на СЛВР при много участници (при МПГВР), с цел да се намери най-доброто решение.

Поради гореизложените съображения възниква идеята за подход за агрегиране на груповите предпочитания, базиран на факта, че въпреки че членовете могат да обменят мнения и информация, свързана с вземането на решение, групов консенсус е необходим само за определянето на набора потенциални действия. Всеки член определя своите критерии, подходящите оценки и примерни параметри (тегла, прагове и др.). След това се използва методът за подпомагане на многокритериални решения за получаване на персонални ранкирания. В следващата фаза всеки участник се взима като отделен критерий [Andonov, 2006B], като информацията за предпочитанията, която се съдържа в неговото ранкиране, се агрегира в окончателна колективна подредба със същия (или друг) многокритериален подход (например [Macharis, Brans and Mareschal, 1998]; [Hwang and Lin, 1987]) и новата задача се решава от СЛВР. При този подход всеки участник се счита за различна гледна точка, т.е. различен атрибут на задачата за вземане на решение. При използването му могат да се моделират предпочитанията на СЛВР за различните "критерии" (неговите мнения и приоритети по отношение на различните членове на групата).

След решаването на задачата от страна на всички експерти и построяване на по-долу описаната таблица A се генерира задачата за СЛВР по следния начин: дадено е множество I от n ($n > 1$) фиксирани алтернативи, множество R от k ($k > 2$) ранжиращи критерия, представляващи подредбите на алтернативите от страна на експертите, които дефинират матрица на алтернативите A с размерност $n \times k$ и множество E на експертите с размер p . Елементът a_{ij} на матрицата A означава позицията на i -тата алтернатива $a \in I$ в ранкирането $\kappa_j \in R$ на експерта с индекс j . Оценката на алтернативата $a \in I$ по всички подредби $j \in R$ се определя от вектора $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$. Оценката на подредбата $\kappa_j \in R$ по всички алтернативи $a_i \in I$ се определя от вектор $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$. Позицията, на която се намира i -тата алтернатива в обобщената подредба A^c се означава с a_{ic} .

	E_1	E_2	...	E_p
A_1	a_{11}	a_{12}		a_{1p}
A_2	a_{21}	a_{22}		a_{2p}
...	...	...	...	...
A_n	a_{n1}	a_{n2}		a_{np}

Матрицата A

Обектът на търсене е недоминирана алтернатива, която задоволява СЛВР в максимална степен от гледна точка на едновременното оценяване по всички ранкирания.

2.2.1. Дефиниции

Дефиниция 1:

Текущо предпочитана алтернатива е недоминирана алтернатива, избрана от СЛВР през текущата итерация.

Дефиниция 2:

Най-предпочитаната алтернатива е предпочитана алтернатива, която задоволява СЛВР в най-голяма степен.

Дефиниция 3:

Желани промени на стойностите на някои от подредбите на дадена итерация са величините, с които СЛВР желае да се подобрят или е съгласен да се влошат позициите на тези подредби спрямо текущо предпочитаната алтернатива.

Дефиниция 4:

Желани посоки на изменение на стойностите на някои от подредбите са посоките, в които ЛВР желае да се подобрят или е съгласен да се влошат позициите на тези подредби спрямо текущо предпочитаната алтернатива.

Дефиниция 5:

Желани интервали на изменение на стойностите на някои от подредбите са интервалите в които ЛВР желае да се намират подобрените или влошените позиции на тези подредби.

Дефиниция 6:

Текущ набор от алтернативи е подмножество I на всички недоминирани алтернативи (I е зададено от ЛВР), които се получават след решаването на скаларизиращата задача.

Дефиниция 7:

Текущ подреден набор от алтернативи се получава от текущия набор алтернативи, на основата на сравняването на подредбите по двойки или чрез локално зададена от ЛВР интер- и интра-критериална информация за критериите, чрез използването на АНР или аутранкиращи методи.

2.2.2. Описание на метода

Предложеният интерактивен метод е предназначен за групово решаване на ЗМКА с голям брой алтернативи и малък брой експерти. Методът се явява разширение на интерактивния метод СВІМ [Narula, Vassilev, Genova and Vassileva, 2003], описан в точка 1.2.3.1. Той е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип Индивидуален консултативен стил (ИКС) или

Групов консултативен стил (ГКС), описани в раздел 1.3. При тези стилове лидерът дефинира проблема и споделя своята визия с отделни членове на работната група или с групата като цяло. Той защитава идеите си по отношение на проблема и потенциалните решения. Лидерът може също така да използва индивидуалните експертизи в оценяването на алтернативните решения. Веднъж сдобил се с тази информация, лидерът прави избор коя алтернатива да бъде приложена, като използва предимствата на интерактивните методи, свързани с предоставянето на възможност на СЛВР да контролира процеса на търсене на най-предпочитаната алтернатива чрез избор от множеството на текущо подредените алтернативи. Основното преимущество на метода е намаленото натоварване върху СЛВР, касаещо необходимостта да се сравняват директно две или повече алтернативи по едно и също време на всяка итерация.

За получаване на множеството на подредените алтернативи се използва оптимизационна скаларизираща задача на Чебишев. Тази скаларизираща задача се основава на информацията, дадена от СЛВР за желаните промени, желаните посоки и желаните интервали на изменение на стойностите на някой или на всички критерии в текущо предпочитаната алтернатива. Използвайки скаларизираща задача, алтернативите се подреждат във възходящ ред в зависимост от стойността на целевата функция на скаларизиращата задача. Алтернативата с най-малка стойност на целевата функция е по-предпочитана. Първите l подредени алтернативи образуват множеството на текущо предпочетените алтернативи, които да бъдат показани на СЛВР за оценка и избор на текущо предпочитаната алтернатива, където ($l \ll n$; n – броят на алтернативите) е определено от СЛВР. Възможно е показаните l на брой алтернативи да не задоволяват изискванията на СЛВР.

Ако СЛВР желае, той може да предостави допълнителна локална информация на предпочитане, съответно: информация за сравнение по двойки на критериите или интер- и интра-критериалната информация. На основата на тази информация, използвайки съответни методи, той може да пренареди тези l на брой алтернативи. От двете наредби на тези l на брой алтернативи СЛВР

може да избере текущо предпочитаната алтернатива.

2.2.2.1. Определяне на подредбата в текущия набор алтернативи

В класификационно ориентирания интерактивен метод GECBIM на СЛВР се предоставя възможност да подобри текущо предпочитаната алтернатива, чрез промяна на стойността на дадена подредба, съответно с аспирационно ниво, с аспирационна посока и в аспирационен интервал. По този начин на СЛВР се предоставя възможност да зададе своите предпочитания с по-голяма сигурност и точност.

Текущ набор от алтернативи се генерира на всяка итерация. Нека с h да означим индекса на текуща предпочитана алтернатива. Нека I' е множеството от алтернативи без алтернативата с индекс h :

$$I' = I \setminus h;$$

а a_{hj} е стойността на критерия с индекс $j \in R$ за текущо предпочитаната алтернатива.

Дефиниция 8:

$K_h^{\geq} \cup K_h^{>}$ - е множеството от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР желае да подобри стойностите им спрямо техните стойности в текущо предпочитаната алтернатива, където:

$K_h^{\geq}$ - е множество от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР желае да подобри техните стойности чрез желана аспирационна стойност - Δ_{hj} .

$K_h^{>}$ - е множество от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР желае да подобри техните стойности в желана посока.

Дефиниция 9:

$K_h^{\leq} \cup K_h^{<}$ - е множеството от подредби с индекси $j \in R$, за които ЛВР е съгласен да се влошат стойностите им спрямо техните стойности в текущо предпочитаната алтернатива, където:

$K_h^{\leq}$ - е множеството от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР е съгласен

да се влошат техните стойности с не повече от δ_{hj} ;

$K_h^<$ - е множество от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР е съгласен да се влошат техните стойности в дадена посока;

$K^\times$ - е множество от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР желае стойностите им да са в интервала $(a_{hj} - t_{hj}^- \leq a_{hj} \leq a_{hj} + t_{hj}^+)$ спрямо техните стойности в текущо предпочитаната алтернатива;

$K^=$ - е множеството от подредби с индекси $j \in R$, за които СЛВР желае да не се влошат техните стойности;

K^0 - е множеството от подредби с индекси $j \in R$, към които СЛВР е безразличен;

$\bar{a}_{hj}$ - е желаната аспирационна стойност на подредби с индекс $j \in K_h^\geq$:

$\bar{a}_{hj} = a_{hj} + \Delta_{hj}$, $j \in K_h^<$;

Λ'_j - е разликата между максималната и минималната стойност на подредби с индекс j :

$$\Lambda'_j = \max_{i \in I'} a_{ij} - \min_{i \in I'} a_{ij} .$$

След въведените означения можем да дефинираме следната скаларизираща задача:

$$(S): \min_{i \in I'} S(i) = \min_{i \in I'} \{ \max_{j \in K_h^\geq} [\min(\bar{a}_{hj} - a_{ij}) / \Lambda_j, \max_{j \in K_h^< \cup K_h^\times} (a_{hj} - a_{ij}) / \Lambda_j] + \max_{j \in K_h^>} (a_{hj} - a_{ij}) / \Lambda_j \}$$

, при ограниченията:

$$a_{hj} \geq a_{ij}, \quad i \in I', \quad j \in K_h^> \cup K_h^=;$$

$$a_{hj} \geq a_{ij} - \delta_{hj}, \quad i \in I', \quad j \in K_h^\leq;$$

$$a_{hj} \geq a_{ij} - t_{hj}^-, \quad i \in I', \quad j \in K_h^\times;$$

$$a_{hj} \leq a_{ij} + t_{hj}^+, \quad i \in I', \quad j \in K_h^\times;$$

където:

$$\Lambda_j = \begin{cases} \varepsilon & \text{ако } \Lambda'_j \leq \varepsilon, \\ \Lambda'_j & \text{ако } \Lambda'_j > \varepsilon, \varepsilon > 0 \end{cases}$$

По-горе описаното ограничение се прави с цел Λ_j да не стане равна на нула.

Когато се решава дискретната оптимизационна задача S , стойността за $S(i)$ се изчислява за всяка алтернатива с индекс i , удовлетворяваща ограниченията на задачата. Целевата функция $S(i)$ отразява разстоянието (разликата) в съответствие с “модифицираната” метрика на Чебишев между алтернативата с индекс i и “аспирационната” алтернатива.

2.2.2.2. Пренареждане на текущия набор алтернативи (ранкиране)

При решаването на скаларизиращата задача S , алтернативите са наредени във възходящ ред спрямо стойностите на целевата функция за тях. Първите l наредени алтернативи се съдържат в текущото множество от наредени алтернативи M_l . Техният брой l се определя от СЛВР. Тези алтернативи удовлетворяват СЛВР спрямо неговите желания, направени за текущо предпочитаната алтернатива с индекс $h \in I$. Текущият набор от алтернативи, включени в M_l , се състои от сравнително близки алтернативи, следователно може да се каже, че те са сравними. Вместо да се прилагат директни сравнения на всеки две алтернативи от M_l от страна на ЛВР, е възможен и дори препоръчителен друг подход поради експоненциалното нарастване на сравненията спрямо броя алтернативи. При него се пренареждат алтернативите от множеството според тяхното значение с помощта на формална процедура, работеща върху локалната информация за предпочитанията на СЛВР по отношение на критериите. Първата алтернатива от така подреденото множество отговаря в най-голяма степен на локалните предпочитания на ЛВР и е най-вероятният избор за текущо предпочитана (или най-предпочитана) алтернатива в следващата фаза на вземане на решение. Разбира се, ЛВР може също да избере и друга алтернатива от множеството, ако прецени, че я предпочита повече.

Като се има предвид фактът, че всички алтернативи, които са се “класирали” в множеството M_l са сравнително близки, най-подходящата формална процедура за тяхното ранкиране от гледна точка на значението им е аутранкиращата процедура PROMETHEE II.

2.2.3. Схематично представяне на метода

Предложеният алгоритъм решава ЗМКА на базата на скаларизираща задача и формална процедура за подреждане. Чрез скаларизиращата задача СЛВР избира малко подмножество от алтернативи, които в определен смисъл са близки до “желаната” алтернатива, дефинирана на базата на текущо предпочитаната алтернатива и локално желаните промени в критериите. Тъй като методът е обучаващ (основава се концепцията за поведенческата сходимост), ЛВР може да определя многократно набори от алтернативи, които формират различни множества. На всяка итерация текущият набор от алтернативи може да се пренареди с помощта на формална процедура, служеща си с локална информация, зададена от СЛВР. СЛВР избира първата (или някоя друга по свое усмотрение) алтернатива от подреденото множество и я поставя като текущо предпочитана алтернатива или взема решение това да е най-предпочитаната алтернатива, с което намира решение на задачата. В първия случай, избраната алтернатива служи за база на търсенето на следващия текущ набор от алтернативи, а във втория случай методът приключва работа.

2.2.4. Основни стъпки в алгоритъма

Стъпка 1: Изключване на всички доминиращи алтернативи и дефиниране на матрица на алтернативите A . Инициализиране на $iter=1$, $LIST=\emptyset$, където $LIST$ е множеството от запазените текущо предпочитани алтернативи. Поискване СЛВР да избере начална текущо предпочитана алтернатива, означена с индекс h .

Стъпка 2: Ако СЛВР иска да запомни текущо предпочитаната алтернатива с индекс h , проверка дали не е запазвана преди и в случай, че не е – добавяне на h към $LIST$.

Стъпка 3: Поискване СЛВР да дефинира желаните промени на позициите в подредбите в сравнение с текущо предпочитаната алтернатива. Дефиниране на желаната алтернатива. Поискване СЛВР да зададе параметъра l – броят алтернативи в текущия набор алтернативи M_l .

Стъпка 4: Решаване на дискретната класификационно-ориентирана скаларизиращата задача S и определяне на текущия набор алтернативи M_1 .

Стъпка 5: Представяне на множеството M_1 на ЛВР.

Ако ЛВР желае да пренареди алтернативите в множеството M_1 , (и да получи множеството M_2) поискване за задаване на допълнителна локална информация за подредбите. Ако СЛВР не желае да зададе такава информация, поискване за избор на предпочитана алтернатива от множеството M_1 . При въведена локална информация, от СЛВР се получава множеството M_2 . Поискване СЛВР да избере предпочитаната алтернатива от множествата M_1 и M_2 .

Стъпка 6: Ако СЛВР избере предпочитана алтернатива на *стъпка 5* като най-предпочитаната – Стоп.

Стъпка 7: В случай че СЛВР иска да продължи търсенето, стойността на *iter* се увеличава с 1, присвоява се индекс h на новата текущо предпочитана алтернатива и се преминава към *стъпка 2*. В противен случай се предлагат за сравнение и оценка всички запазени текущо предпочитани алтернативи от LIST, включително и последно намерената, и се преминава към *стъпка 3*. Стоп.

Стъпка 8: Край.

2.2.5. Забележки

Забележка 1: Отхвърлянето на доминираните алтернативи се прави еднократно в началната фаза (преди да е предоставено за първи път правото на избор на ЛВР). Известни са редица алгоритми за целта [Sun and Steuer, 2000], със сложност $O(kn^2)$. В реално поставени задачи обикновено няма доминирани алтернативи, а тяхното наличие би обезсмислило процеса на вземане на решение.

Забележка 2: Произволна алтернатива може да бъде избрана за начална текущо предпочитана алтернатива. Един приемлив вариант за избор на такава е да се открие и зададе алтернативата, която е оптимална за ЛВР по един от

критериите.

2.2.6. Обобщение

Основните предимства на метода GECBIM са следните:

- той е интерактивен метод, което води до намалена натовареност на СЛВР;
- той е ориентиран към обучение метод, което позволява СЛВР да работи с него на принципа на пробите и грешките;
- предоставя голяма гъвкавост на СЛВР за определяне приоритетите му – експертите, представители на коя гледна точка са най-определящо значение за решавания проблем;
- Подходящ е за големи групи от експерти.

Като ограничение на метода може да се отбележи фактът, че той е подходящ само за строго специфични типове групи – **ИКС, ГКС**, както и това, че не особено подходящ при много малки групи, тъй като тогава движението на СЛВР през различните гледни точки на експертите ще приключи след малък брой стъпки, което е ограничение на интерактивните методи по принцип.

2.3. Интерактивен метод за подпомагане груповото вземане на решения GCBIM

2.3.1. Въведение

Методът GCBIM [Andonov, 2006A], [Andonov, 2009B] е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип индивидуален (ИКС) и групов консултативен стил (ГКС). При тези стилове лидерът дефинира проблема и споделя своята представа за решаването му с отделни членове на работната група или с групата като цяло. Той защитава идеите си по отношение на проблема и потенциалните решения. Лидерът може също така да използва индивидуалните експертизи в оценяването на алтернативните решения. Веднъж сдобил се с тази

информация, лидерът прави избор коя алтернатива да бъде приложена.

При метода GCBIM всички участващи ЛВР работят в едно и също множество на алтернативи - I. Отново означаваме множеството на критериите с

$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_p$. Тъй като не се обобщават предпочитанията, а подредбите, алтернативите могат да бъдат оценявани по различни критерии. Целият процес на вземане на решение е итеративен. За $iter=1$ всеки ЛВР започва от $^{init}a_j^{iter-1}$ и задавайки желани нива, посоки или интервали на промяна ($K_h^{\geq}$, $K_h^>$, $K_h^{\leq}$, $K^{\times}$, K^0) получава подредба от текущо допустими алтернативи A_j^1 .

Подредбите на всички експерти $A_1^1 \cup A_2^1 \cup \dots \cup A_p^1$ се изпращат към лидера. Той също е решил задачата за себе си и е получил подредба. Когато всички ЛВР изпратят своите подредби към сървъра, се изчислява обобщената подредба A^c с помощта на borda score. Лидерът определя коя да бъде избраната подредба за тази итерация, като разглежда подредбите, които са най-близко до обобщената

или най-близко до неговата $\min \frac{\sum_{j=1}^p (|a_{ij} - a_i^c|)}{\eta_i}$, където $|a_{ij} - a_i^c|$ е разстоянието между подредбата с индекс j и обобщената подредба. Ако решението го удовлетворява, процесът се прекратява и за победител се определя първата алтернатива в избраната подредба. Ако текущата итерация не дава решение, което да удовлетворява лидера, се преминава към следваща итерация - $iter=iter+1$, като за $^{init}a_j^{iter}$, $j=1..p$ се приема първата (най-добрата) алтернатива от предпочетената подредба.

2.3.2. Означения

A^c - обобщена подредба

a_i^c – позиция, на която се намира i-тата алтернатива в обобщената подредба

η_i – разликата между максималната и минималната позиция, на която е поставена алтернативата с индекс i.

$|a_{ij} - a_i^c|$ - разстояние между подредбата с индекс j и обобщената подредба

$$\text{Търси се } \min \frac{\sum_{j=1}^p (|a_{ij} - a_i^c|)}{\eta_i}$$

2.3.3. Основни стъпки на алгоритъма

Стъпка 1: Дефиниране на критериите и алтернативите. Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи. Тече активна текстова комуникация между участниците.

Стъпка 2: Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии. При необходимост се използва възможността за текстова комуникация. Извършва се от груповия координатор (лидер).

Стъпка 3: Получаване на краен резултат (локален) и изпращане към сървъра.

Стъпка 4: Груповият лидер избира отправната алтернатива за следващата итерация и се преминава към нея. Процесът се повтаря, докато не се стигне до алтернатива, която да удовлетворява лидера.

Стъпка 5: Край

2.3.4. Пример

Нека $n = 4$ на алтернативи и $p = 6$ експерта. Лидерът е E_1 . Нека на първа итерация матрицата A с подредбите на експертите да изглежда така:

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
A_1	1	2	1	2	1	1
A_2	2	1	3	4	3	2
A_3	3	3	2	1	2	4
A_4	4	4	4	3	4	3

изчислява се borda score-а за всяка алтернатива:

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	borda-sum	μ	обобщена
A ₁	4	3	4	3	4	4	22	1	1
A ₂	3	4	2	1	2	3	15	3	2
A ₃	2	2	3	4	3	1	15	3	3
A ₄	1	1	1	2	1	2	8	1	4

Лидерът решава да види кои подредби са най-близо до обобщената по borda. Така той ще може да определи кои ЛВР се различават най-много от общата тенденция.

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
A ₁	1-1	2-1	1-1	2-1	1-1	1-1
A ₂	2-2	1-2	3-2	4-2	3-2	2-2
A ₃	3-3	3-3	2-3	1-3	2-3	4-3
A ₄	4-4	4-4	4-4	3-4	4-4	3-4

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
A ₁	0	1	0	1	0	0
A ₂	0	1/3	1/3	2/3	1/3	0
A ₃	0	0	1/3	2/3	1/3	1/3
A ₄	0	0	0	1	0	1
sum	0	4/3	<u>2/3</u>	10/3	<u>2/3</u>	7/3

Лидерът вижда, че неговата подредба е като обобщената (1,2,3,4), а най-близо до обобщената са подредбите на E₃ и E₅ (1,3,2,4), както и че най-много се различава в мнението си E₄. Оттук нататък той може да избере най-добрата алтернатива в обобщената подредба за отправна алтернатива в следващата итерация и да проведе диалог с E₄ за установяване на причините за различието на възгледите му.

2.3.5. Обобщение

Методът е неутрален, тъй като няма вътрешно фаворизиране на някоя алтернатива, не е анонимен, тъй като лидерът има повече права от останалите участници, и не е монотонен. Относно единодушността – тъй като лидерът избира или обобщената, или някоя от останалите, или неговата собствена, то със сигурност една алтернатива, поставена на първо място от всички ЛВР-та ще бъде избраната за дадената итерация.

Основното качество на този метод е инструментариумът, който той предоставя за сравнение на подредбите. Като ограничение на метода може да се отбележи тесния диапазон на приложение – подходящ е само за групи с консултативен характер.

2.4. Биологично инспириран метод за групи без лидер BIMBEE 1

2.4.1. Въведение

Методът BIMBEE1(Biologically Inspired Method BEE 1)[Andonov, 2006A], [Andonov, 2009B], както и неговия вариант BIMBEE2 са вдъхновени от начина, по който пчелите решават проблема за избор на ново място за кошер [Seeley and Visscher, 2004], [Camazine, Visscher, Finley and Vetter, 1999]. Оказва се, че въпреки липсата на индивидуално, съзнание пчелите взимат винаги оптимално решение [Seeley, Visscher and Passino, 2006], при това при група от порядъка на 10 000 индивида и липса на пълна картина от страна на всички участници.

В някои случаи процесът на вземане на решение е критичен по отношение на времето – например при вземането на решение относно някакво действие при бедствие или авария от експертна комисия - и различията във вижданията на експертите може да доведе до нежелано удължаване на процеса. В такива ситуации би бил полезен инструмент метод, който принуждава участниците на

всяка итерация да постигат повече от предходната, приближавайки се към определянето на най-подходящата алтернатива. В резултат, на това следващите методи се основават на идеята на всяка итерация броя на разглежданите алтернативи да намалява.

Методът VIMBEE1 е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип Група без лидер (ГБЛ). При него, за разлика от гореописания метод, се приема, че целите на групата са едни и същи и членовете се различават единствено в представата си за това, как да постигнат тези цели. При него всички участници са с равни права и ролята на лидера не съществува. Процесът е итеративен, но вместо всяко получено решение да се праща за агрегиране, то всеки ЛВР има възможност да се предвижи из няколко точки в пространството на алтернативите с помощта на СВМ метода, преди да стигне до подредба, която да изпрати за агрегиране.

На всяка итерация се изчислява borda-score на всяка алтернатива и тези с най-малък резултат отпадат. Възможно е броят на отпадащите алтернативи на дадена итерация да е функция на номера на итерацията (в началото да отпадат по-малко алтернативи), но всъщност това не е необходимо, защото то би имало смисъл, за да се компенсира първоначалното „лутане“ на експертите, но това се предотвратява от факта, че те могат да направят няколко стъпки, докато намерят алтернатива, за която да гласуват. На всяка стъпка след първата експертите избират само измежду алтернативите, които не са отпаднали. Когато неотпадналите алтернативи достигнат даден брой, процесът се прекратява. Обобщената подредба от последната итерация съдържа списъка на първите t неотпаднали алтернативи, подредени според предпочитанията.

2.4.2. Означения

σ – общ брой итерации

b_i^{iter} - Borda-score на алтернатива i на итерация $iter$

B^{iter} - Вектор с borda-score на итерация $iter$ $B^{iter} = [b_1^{iter}, b_2^{iter}, \dots, b_n^{iter}]$

A^{iter} - Множество с неотпаднали алтернативи на итерация $iter$

$\forall iter \neq 1$ се изчислява B^{iter} и се определя $A^{iter} = A^{iter-1} \setminus \{a_i : b_i^{iter-1} < \tau\}$

2.4.3. Основни стъпки на алгоритъма

Стъпка 1: Дефиниране на критериите и алтернативите. Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи. Тече активна текстова комуникация между участниците. Определят се стойности за параметрите t (броя на алтернативите на последна итерация) и τ (броя алтернативи, отпадащи на всяка итерация). $iter=1$;

Стъпка 2: Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии. При необходимост се използва възможността за текстова комуникация. Извършва се от груповия координатор (лидер).

Стъпка 3: Индивидуално решаване Всеки участник j прави една или повече стъпки, докато стигне до подредба A_j^{iter} , която го удовлетворява. Получената подредба A_j^{iter} се изпраща към сървъра.

Стъпка 4: Изчислява се B^{iter} и се премахват алтернативи с $b_i^{iter} < \tau$ (вместо borda-score може да се използва всеки от методите, описани в глава 1.3). Ако $|A^{iter}| > t$ отиди на стъпка 3. В противен случай отиди на стъпка 5.

Стъпка 5: Край. Алтернативата с най-висок borda-score се обявява за победител.

2.4.4. Пример

Нека $n = 20$ на алтернативи и $p = 5$ експерта. Търси се списък от 5 алтернативи и на всяка итерация отпадат по 5 алтернативи. Нека на първа итерация таблицата A с подредбите на експертите да има следния вид:

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
A_1	9	16	5	5	10
A_2	15	1	12	2	4
A_3	7	9	8	8	18

A ₄	19	8	6	16	1
A ₅	16	19	13	10	3
A ₆	18	18	2	13	8
A ₇	20	15	4	14	13
A ₈	13	4	3	12	16
A ₉	14	10	17	19	20
A ₁₀	17	11	20	15	9
A ₁₁	5	14	14	20	12
A ₁₂	4	20	15	3	19
A ₁₃	6	2	10	9	2
A ₁₄	2	3	1	18	6
A ₁₅	11	13	7	6	15
A ₁₆	1	17	18	11	11
A ₁₇	12	6	19	7	17
A ₁₈	3	5	16	17	7
A ₁₉	8	12	9	4	14
A ₂₀	10	7	11	1	5

изчислява се borda score-а за всяка алтернатива:

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	borda sum
A ₁	12	5	16	16	11	60
A ₂	6	20	9	19	17	71
A ₃	14	12	13	13	3	55
A ₄	2	13	15	5	20	55
A ₅	5	2	8	11	18	44
A ₆	3	3	19	8	13	46
A ₇	1	6	17	7	8	39
A ₈	8	17	18	9	5	57
A ₉	7	11	4	2	1	25
A ₁₀	4	10	1	6	12	33
A ₁₁	16	7	7	1	9	40

A ₁₂	17	1	6	18	2	44
A ₁₃	15	19	11	12	19	76
A ₁₄	19	18	20	3	15	75
A ₁₅	10	8	14	15	6	53
A ₁₆	20	4	3	10	10	47
A ₁₇	9	15	2	14	4	44
A ₁₈	18	16	5	4	14	57
A ₁₉	13	9	12	17	7	58
A ₂₀	11	14	10	20	16	71

Отпадат алтернативите A₅, A₇, A₉, A₁₀, A₁₁, A₁₂, A₁₃, A₁₇

На следващата итерация подредбите са:

A ₁	4	5	8	6	5
A ₂	7	6	2	3	7
A ₃	1	9	11	13	11
A ₄	12	2	5	5	2
A ₆	5	11	1	10	3
A ₈	9	4	9	8	10
A ₁₃	11	10	7	4	9
A ₁₄	2	1	3	12	12
A ₁₅	10	12	6	9	4
A ₁₆	13	13	13	1	6
A ₁₈	8	7	12	2	13
A ₁₉	6	8	10	7	1
A ₂₀	3	3	4	11	8

Borda score:

A ₁	10	9	6	8	9	42
A ₂	7	8	12	11	7	45
A ₃	13	5	3	1	3	25
A ₄	2	12	9	9	12	44
A ₆	9	3	13	4	11	40
A ₈	5	10	5	6	4	30

A ₁₃	3	4	7	10	5	29
A ₁₄	12	13	11	2	2	40
A ₁₅	4	2	8	5	10	29
A ₁₆	1	1	1	13	8	24
A ₁₈	6	7	2	12	1	28
A ₁₉	8	6	4	7	13	39
A ₂₀	11	11	10	3	6	41

Отпадат: A₃, A₁₃, A₁₅, A₁₆, A₁₈

На следващата итерация подредбите са:

A ₁	8	1	4	2	4
A ₂	3	8	1	3	7
A ₄	5	4	5	8	6
A ₆	2	5	2	1	1
A ₈	1	2	8	6	3
A ₁₄	4	7	3	5	8
A ₁₉	7	6	7	7	2
A ₂₀	6	3	6	4	5

borda score:

A ₁	1	8	5	7	5	26
A ₂	6	1	8	6	2	23
A ₄	4	5	4	1	3	17
A ₆	7	4	7	8	8	34
A ₈	8	7	1	3	6	25
A ₁₄	5	2	6	4	1	18
A ₁₉	2	3	2	2	7	16
A ₂₀	3	6	3	5	4	21

Отпадат: A₄, A₁₄ и A₁₉

И крайният списък е: A₆, A₁, A₈, A₂ и A₂₀, т.е. спрямо зададените предпочитания и подредби на експертите най-добрата алтернатива е A₆.

2.4.5. Обобщение

При този метод се извършва агрегиране на база borda-score, което е: хомогенно, монотонно, Парето-оптимално, анонимно и неутрално.

Предимството на този метод е липсата на каквато и да е усложненост. Той е подходящ за групи без лидер и стратегията при него е да се елиминират алтернативите, за които групата като цяло смята, че са неподходящи решения докато количеството алтернативи се намали до по-управляем брой, след което отново се прилага агрегиращ метод за ранкиране. Като ограничение на метода може да се отбележи тесния диапазон на приложение по отношение на типа група, както и липсата на възможност за връщане на вече отпаднала алтернатива, но това не е сериозно ограничение, тъй като експертите правят няколко итерации преди да изберат алтернатива, за която да гласуват (при условие, че решават задачата с интерактивен метод), което значително намалява вероятността да отпадне алтернатива, за която те евентуално биха гласували на по-късна итерация.

2.5. Биологично инспириран метод за групи без лидер BIMBEE 2

2.5.1. Въведение

Методът BIMBee2 е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип Група без лидер (ГБЛ). Процесът отново е итеративен и всеки ЛВР има възможност да се предвижи из няколко точки в пространството на алтернативите с помощта на метода CBIM, преди да стигне до подредба, която да изпрати за обобщаване. Този метод предполага [Andonov, 2009B], че когато групата е по-голяма и алтернативите са от порядъка на стотици или хиляди, не всички участващи ЛВР искат да се движат из пространството на алтернативите и да търсят подходящи такива. Вместо това, някои предпочитат да им бъдат предлагани „отбрани“ алтернативи. При този метод аналогията с пчелния кошер [Seeley and Buhrman, 1999] [Seeley and Buhrman, 2001] [Beekman, Fathke and

Seeley, 2006] е отведена още по-далеч и експертите са разделени на две роли – скаути и търтеи. На всяка итерация скаутите изпращат текущо предпочетената от тях алтернатива, а не цялата подредба, която се добавя в списъка на "откритите" алтернативи. Този списък е видим за всички участници и тези от тях, които избират да гласуват за вече открита алтернатива, а не да търсят своя алтернатива, заемат ролята на търтеи за текущата итерация. Ако един ЛВР вече е гласувал за дадена алтернатива, теглото на неговия глас се намалява с 25%. Даден ЛВР може да продължи на всяка итерация да предлага една и съща алтернатива, но разглеждайки списъка с открити/предложените алтернативи, той може да избере някоя от тях или сам да открие друга. Броят гласове, получени на всяка итерация се натрупват като оценка за алтернативите.

Възможността за комуникация между отделните ЛВР им позволява да „рекламират“ своите текущо предпочетени алтернативи, така че да привличат и други ЛВР да изберат тяхната алтернатива.

Процесът се прекратява при един от следните два случая:

- при консенсус за това, че текущата стъпка трябва да е последна и съответно текущо предпочетената алтернатива става избраната алтернатива
- четири итерации след като е била предложена последната нова алтернатива. По този начин се гарантира, че по-рано откритите алтернативи не са „облагодетелствани“. Текущо предпочетената на последната итерация алтернатива става избраната алтернатива. В случай, че на последната итерация има няколко алтернативи с еднакъв резултат, може да се извърши още една итерация, при която да се избира само измежду тези алтернативи, като не се взема предвид натрупаната през предходните итерации оценка.

2.5.2. Означения

A^d -множество на откритите алтернативи

$g^e(a_i^m)$ - броя пъти, за които експертът e е гласувал за алтернатива a_i до

итерация m включително

$\phi^e(a_i^m)$ – оценка на алтернативата с индекс i от стъпка m за експерт e .

$$\phi^e(a_i) = \begin{cases} 1, \text{ ако } g^e(a_i) = 1 \\ 0.75, \text{ ако } g^e(a_i) = 2 \\ 0.5, \text{ ако } g^e(a_i) = 3 \\ 0.25, \text{ ако } g^e(a_i) \geq 4 \end{cases}$$

$$\phi(a_i^m) = \sum_{e=1}^p \phi^e(a_i^m)$$

На всяка итерация се строи таблицата Θ

iter=m	E ₁	E ₂	...	E _p
A ₁	$\phi^1(a_1^m)$	$\phi^2(a_1^m)$	...	$\phi^p(a_1^m)$
A ₂	$\phi^1(a_2^m)$	$\phi^2(a_2^m)$	...	$\phi^p(a_2^m)$
...	...	...	...	...
A _n	$\phi^1(a_n^m)$	$\phi^2(a_n^m)$	...	$\phi^p(a_n^m)$

таблица Θ

$$\forall iter \quad A^d = A^d + \text{init } a_j^{iter}, j=1..p$$

Изчислява се натрупана оценка на алтернативите $\phi(a_i) = \sum_{m=1}^{\sigma} \phi(a_i^m)$, $i=1..n$

2.5.3. Основни стъпки на алгоритъма

Стъпка 1: Дефиниране на критериите и алтернативите

Стъпка 2: Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи.
Тече активна текстова комуникация между участниците.

Стъпка 3: Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на

критерии. При необходимост се използва възможността за текстова комуникация. Извършва се от груповия координатор.

Стъпка 4: Всеки участник избира алтернатива, за която да гласува. Скаутите дават своя глас за текущо откритата от тях алтернатива, а търтеите за алтернативата в списъка на откритите, която са предпочели.

Стъпка 5: Избраната алтернатива се изпраща към сървъра. Ако имаме консенсус за прекратяване на процеса или последните 4 итерации не са открити нови алтернативи, преминаване към стъпка 6, в противен случай се преминава към стъпка 4.

Стъпка 6: Ако алтернативата с най-висок резултат е само една тя е победител. Преминаване към стъпка 8. В противен случай преминаване към стъпка 7.

Стъпка 7: Извършва се гласуване само измежду алтернативите, конкуриращи се за първото място поради еднакъв резултат. Победителката в това гласуване се обявява за победител. Преминаване към стъпка 8.

Стъпка 8: Край

2.5.4. Пример

Нека $n=120$ алтернативи и $p=7$ експерта.

итерация	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	открити
Първа	A ₁	A ₁	A ₇	A ₇	A ₁₃	A ₁	A ₁₃	A ₁ (3), A ₇ (2), A ₁₃ (2)
Втора	A ₄	A ₄	A ₇	A ₇	A ₁₁	A ₄	A ₇	A ₁ (3), A ₄ (3), A ₇ (4.5), A ₁₁ (1), A ₁₃ (2)
Трета	A ₁₀₀	A ₄	A ₇	A ₄	A ₅₅	A ₄	A ₅₅	A ₁ (3), A ₄ (5.5), A ₇ (5), A ₁₁ (1), A ₁₃ (2), A ₁₀₀ (1), A ₅₅ (2)
Четвърта	A ₁₀₀	A ₁₀₀	A ₇	A ₁₀ 0	A ₅₅	A ₄	A ₅₅	A ₁ (3), A ₄ (6), A ₇ (7.25), A ₁₁ (1), A ₁₃ (2), A ₁₀₀ (3.75), A ₅₅ (3.5)
Пета	A ₁₀₀	A ₁₀₀	A ₇	A ₁₀ 0	A ₅₅	A ₁ 00	A ₅₅	A ₁ (3), A ₄ (6), A ₇ (7.25), A ₁₁ (1), A ₁₃ (2), A ₁₀₀ (6.75), A ₅₅ (4.5)
Шеста	A ₁₀₀	A ₁₀₀	A ₇	A ₁₀ 0	A ₁₀ 0	A ₁ 00	A ₇	A ₁ (3), A ₄ (6), A ₇ (8), A ₁₁ (1), A ₁₃ (2), A ₁₀₀ (8.75), A ₅₅ (4.5)

На шеста итерация има консенсус за приключване на процеса. Най-голям натрупан през итерациите резултат има алтернатива A_{100} , поради което тя е обявена за най-предпочетена алтернатива.

2.5.5. Обобщение

При този метод при първоначалните итерации не се извършва агрегиране, т.е. няма “алтернатива-победител” на итерацията, поради което не може да се определят свойствата на гласуването, тъй като на практика няма такова. Алтернативите само се натрупват в списък.

На последната итерация се извършва традиционно гласуване с броене на гласовете за всяка алтернатива, като победител е тази, която е събрала най-много гласове.

И чрез двата варианта на метода BIMBee се постига отсяване на алтернативи, които не представляват интерес за никой експерт. Тъй като всеки експерт има еднакви права в предлагането на алтернативи, то не съществува риск от пренебрегване на алтернатива, която би представлявала интерес за някой от експертите. В края на процедурата вниманието е насочено към алтернативи, представляващи най-голям интерес за групата и по този начин се улесняват участниците в процеса на вземане на решение, които разглеждат за избор по-малък брой алтернативи.

Предимството на метода BIMBee2 изпъква, когато както броят на алтернативите, така и броят на участниците в процеса на вземане на решение е голям и не всеки от участниците е мотивиран да разглежда всички възможни алтернативи. Като ограничение на метода трябва да се отбележи тесния набор от случаи, в които е подходящ – ако броят на алтернативите или на експертите не е голям, то използването му не се препоръчва.

2.6. Идентифициращ фокуса на разногласие метод GCBIM-NN

2.6.1. Въведение

Методът GCBIM-NN [Andonov, 2009B] е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип Партиципативен Стил, Група Без Лидер и Групов Решателен Стил. Тези типове решения се базират на идеята за равни права на всички участници в процеса на вземане на решение. Това обаче допуска ситуации, в които в групата има разногласие и не може да се достигне до задоволително решение. В тези случаи е важно е да се определи фокусът на разногласието, за да може да бъде дискутирано и евентуално премахнато, както и да се достигне до крайно решение за частта от проблема, за които има консенсус. Тези цели се постигат, като се изчисли т. нар. коефициент на съгласие λ_i , който представлява мярка за съгласието на алтернатива с индекс i на дадена итерация. На всяка итерация, алтернативите, чийто коефициент на съгласие λ е най-голям (над зададен праг), се поставят на местата им. Този процес представлява пресяване на „лесните“ алтернативи, т.е. алтернативите, за които експертите имат постигнато съгласие относно мястото, на което трябва да бъдат класирани.

2.6.2. Дефиниции

Дефиниция 10:

Казваме, че алтернативата A_i е конфликтна, ако в t последователни итерации нейния коефициент на съгласие λ_i не увеличи своята стойност.

Ако една алтернатива не си увеличи коефициента на съгласие t пъти подред, се изчислява нейния *borda score* и тя се поставя на съответната позиция.

Ако позицията е заета, се намира най-близката свободна позиция надолу и алтернативата се поставя там.

За тях очевидно не може да бъде получен консенсус. Откриването на тези алтернативи е важно по няколко причини:

- ако в процеса на вземане на решение участва и СЛВР, то за него е важно да види тези „критични“ алтернативи

- откриването им спомага за бързото фокусиране на вниманието на експертите върху „критичните“ алтернативи
- в общия случай това са алтернативите на първите позиции, защото в противен случай задачата е тривиална
- определя се общото съгласие, постигнато на дадена итерация, като се сумират коефициентите на съгласие за всички алтернативи

2.6.3. Означения

На всяка итерация се определя λ_i , като се изчислява таблицата P:

	P ₁	P ₂	...	P _k
A ₁	p ₁₁	p ₁₂		p _{1k}
A ₂	p ₂₁	p ₂₂		p _{2k}
...	...	...	...	...
A _k	p _{k1}	p _{k2}		p _{kk}

Таблица P

p_{ij} – брой пъти, които алтернатива i е поставена на j -та позиция

q_i - брой заети позиции за ред i в таблица P

μ_i – максималната стойност на ред i в таблица P

$\lambda_i = \mu_i / q_i$ - коефициент на съгласие.

общото съгласие на итерацията m е $\lambda^m = \sum_{i=1}^n [\mu_i / q_i]$

A^{fin} -крайна обобщена подредба

2.6.4. Основни стъпки на алгоритъма

Стъпка 1: Дефиниране на критериите и алтернативите. Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи. Тече активна текстова комуникация между участниците. Iter=0.

Стъпка 2: Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии. При необходимост се използва възможността за текстова

комуникация. Извършва се от груповия координатор (лидер). Определя се прага на съгласие l и параметъра t .

Стъпка 3: Всеки участник, с помощта на избран от него метод на многокритериалния анализ, **получава подредба на A^{iter} спрямо неговите текущи предпочитания**. Текущата подредба се изпраща към сървъра. $iter=iter+1$.

Стъпка 4: Изчислява се $\lambda_i, i=1..n$.

Стъпка 5: Изчислява се B^{iter} за $\forall a \in A^{iter}$.

Стъпка 6: $\forall a_i \in A_{iter}^c, \lambda_i > l$ ако a_i е на g -та позиция в A_{iter}^c , то тя отива на g -тата свободна позиция в A^{fin} .

Стъпка 7: Ако $iter > t$ се определят и конфликтните алтернативи (за които $\lambda_i^{iter} = \lambda_i^{iter-1} = \lambda_i^{iter-2} \dots \lambda_i^{iter-t}$). Те също се поставят на съответната свободна позиция в A^{fin} .

Стъпка 8: $A^{iter} = \{a : a \notin A^{fin}\}$ Ако $|A^{fin}| = n$, се преминава на стъпка 9. В противен случай се преминава към стъпка 3.

Стъпка 9: Край.

2.6.5. Пример

Нека $n=10$ на алтернативи и $r=5$ експерта. Прагът t е поставен на 3, а прагът на съгласие е 0.55.

На първа итерация подредбите са:

	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
A_1	2	3	2	4	3
A_2	5	8	6	6	4
A_3	1	2	4	3	9
A_4	4	5	10	2	6

A ₅	8	1	5	5	2
A ₆	6	4	7	8	1
A ₇	9	10	9	10	10
A ₈	7	1	8	7	5
A ₉	3	9	1	9	8
A ₁₀	10	7	3	1	7

Съответната таблица Р е:

0	2	2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	2	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
0	1	0	0	2	1	0	1	0	0
1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
1	0	0	0	1	0	2	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1	2	0
1	0	1	0	0	0	2	0	0	1

Изчислява се λ_i :

Алтернатива	m	q	λ
A ₁	2	3	0,67
A ₂	2	4	0,5
A ₃	1	5	0,2
A ₄	1	5	0,2
A ₅	2	4	0,5
A ₆	1	5	0,2
A ₇	3	2	1,5
A ₈	2	4	0,5
A ₉	2	4	0,5
A ₁₀	2	4	0,5

Изчислява се и borda-score-a:

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	borda sum	ранкиране
A ₁	9	8	9	7	8	41	1

A ₂	6	3	5	5	7	26	8
A ₃	10	9	7	8	2	36	2
A ₄	7	6	1	9	5	28	5
A ₅	3	5	6	6	9	29	3
A ₆	5	7	4	3	10	29	4
A ₇	2	1	2	1	1	7	10
A ₈	4	10	3	4	6	27	6
A ₉	8	2	10	2	3	25	9
A ₁₀	1	4	8	10	4	27	7

Алтернативите с коефициент на съгласие над прага са A1 и A7, които отиват съответно на първа и десета позиция, тоест списъкът с крайното ранкиране след първа итерация изглежда така:

A ₁									A ₇
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------

На втора итерация подредбите са:

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
A ₂	2	6	8	7	8
A ₃	5	5	6	4	4
A ₄	6	8	4	5	1
A ₅	3	2	3	2	3
A ₆	1	4	1	6	2
A ₈	7	1	5	3	5
A ₉	8	7	2	8	6
A ₁₀	4	3	7	1	7

Съответната таблица Р е:

0	1	0	0	0	1	1	2
0	0	0	2	2	1	0	0
1	0	0	1	1	1	0	1
0	2	3	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	2	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	2

1	0	1	1	0	0	2	0
---	---	---	---	---	---	---	---

Изчислява се λ_i :

Алтернатива	m	q	λ
A ₂	2	4	0,5
A ₃	2	3	0,67
A ₄	1	5	0,2
A ₅	3	2	1,5
A ₆	2	4	0,5
A ₈	2	4	0,5
A ₉	2	4	0,5
A ₁₀	2	4	0,5

Изчислява се borda score-a:

						borda sum	ранкиране
A ₂	7	3	1	2	1	14	7
A ₃	4	4	3	5	5	21	5
A ₄	3	1	5	4	8	21	6
A ₅	6	7	6	7	6	32	1
A ₆	8	5	8	3	7	31	2
A ₈	2	8	4	6	4	24	3
A ₉	1	2	7	1	3	14	8
A ₁₀	5	6	2	8	2	23	4

Алтернативите с коефициент на съгласие над прага са A₃ и A₅, които отиват съответно на пета и втора свободни позиции. Списъкът с крайното ранкиране изглежда така:

A ₁	A ₅			A ₃				A ₇
----------------	----------------	--	--	----------------	--	--	--	----------------

На трета итерация подредбите са:

Алтернатива	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
A ₂	5	6	4	4	3
A ₄	6	3	6	6	6
A ₆	3	2	1	1	4
A ₈	4	1	2	3	2

A ₉	1	4	3	2	5
A ₁₀	2	5	5	5	1

Съответната таблица Р е:

Алтернатива						
A ₂	0	0	1	2	1	
A ₄	0	0	1	0	0	
A ₆	2	1	1	1	0	
A ₈	1	2	1	1	0	
A ₉	1	1	1	1	1	
A ₁₀	1	1	0	0	3	

Изчислява се λ_i :

Алтернатива	m	q	λ
A ₂	2	4	0,5
A ₄	4	2	2
A ₆	2	4	0,5
A ₈	2	4	0,5
A ₉	1	5	0,2
A ₁₀	3	3	1

Изчислява се borda score-a:

						borda sum	ранкиране
A ₂	2	1	3	3	4	13	5
A ₄	1	4	1	1	1	8	6
A ₆	4	5	6	6	3	24	1
A ₈	3	6	5	4	5	23	2
A ₉	6	3	4	5	2	20	3
A ₁₀	5	2	2	2	6	17	4

Алтернативите с коефициент на съгласие над прага са A₄ и A₁₀, които отиват съответно на шеста и четвърта позиция. Списъкът с крайното ранкиране изглежда така:

A ₁	A ₅				A ₃	A ₁₀		A ₄	A ₇
----------------	----------------	--	--	--	----------------	-----------------	--	----------------	----------------

На четвърта итерация подредбите са:

Алтернатива	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
A ₂	3	1	1	1	1
A ₆	1	3	4	2	2
A ₈	2	2	3	3	4
A ₉	4	4	2	4	3

Съответната таблица Р е:

Алтернатива				
A ₂	4	0	1	0
A ₆	1	2	1	1
A ₈	0	1	2	2
A ₉	0	2	2	1

Изчислява се λ_i :

Алтернатива	m	q	λ
A ₂	4	2	2
A ₆	2	4	0,5
A ₈	2	3	0,67
A ₉	2	3	0,67

Изчислява се borda score-a

Алтернатива						borda sum	ранкиране
A ₂	2	4	4	4	4	18	1
A ₆	4	2	1	3	3	13	2
A ₈	3	1	2	2	1	9	4
A ₉	2	3	3	1	2	11	3

Алтернативите с коефициент на съгласие над прага са A₂, A₈ и A₉, които отиват съответно на трета, осма и девета позиция. Алтернативата A₆ е конфликтна, защото не подобрява коефициента си на съгласие три последователни итерации, поради което тя също се поставя в крайното ранкиране. Списъкът с крайното ранкиране изглежда така:

A ₁	A ₅	A ₂	A ₆	A ₉	A ₃	A ₁₀	A ₈	A ₄	A ₇
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

2.6.6. Обобщение

Предимствата на този метод са:

- позволява откриването на конфликтните алтернативи
- конфликтните алтернативи биват „изтласквани“ надолу, което не позволява да бъде избрана алтернатива с голям коефициент на несъгласие

2.7. Изводи

В тази глава са представени пет интерактивни метода за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ, наречени GECBIM, GCBIM, BIMBEE1, BIMBEE2 и GCBIM-NN, заедно със съответните им алгоритмични схеми. При решаването на многокритериалните задачи, с помощта на тези методи ЛВР управлява диалога, изчисленията и условията за спиране. Методът GECBIM дава широки възможности на СЛВР да описва своите локални предпочитания с помощта на желани и приемливи нива, посоки и интервали на промяна на стойностите на всички критерии или част от тях. Това предоставя на СЛВР възможност да описва своите предпочитания с по-голяма гъвкавост, прецизност и сигурност. Описаните методи за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ са приложими в групи, принадлежащи на организации с различни структури. Методът GCBIM предоставя функционалност за сравнение на две подредби по отношение на тяхната близост. Предложеното описание разчита на CBIM метода за получаване на подредбите на експертите и на borda-score метода за обобщаването им, но на практика може да се използва произволен метод за решаване на ЗМКА, даващ пълна подредба в пространството на алтернативите и произволен метод за обобщаване (от описаните в глава 1.3). Методите BIMBEE1 и BIMBEE2 са предназначени за използване от групи, в които всички участници са равнопоставени. Те отново са базирани на CBIM метода за подреждане на алтернативите от експертите, като може да се използва и друг метод, но е за предпочитане да бъде интерактивен. Методът GCBIM-NN предоставя възможност и се базира на идеята за откриване

на точките на несъгласие между експертите, т. нар. „конфликтни“ алтернативи. Алтернативите, за чиято позиция в крайната обобщена подредба има съгласие, поставят в нея и не се разглеждат в следващи итерации, което позволява концентриране върху алтернативите, за които няма съгласие и това води до намаляване на общото време за решаване на задачата.

Предложените методи не са обучителни, до колкото отпадането на алтернативите означава, че участниците не могат да се върнат към предходно състояние, но обучителният елемент в интерактивните методи за индивидуално вземане на решение касае възможността ЛВР да се придвижва из пространството на алтернативите, за да придобие интуитивна представа за границите и свойствата му. В този смисъл предложените методи за групово вземане на решение не накърняват това свойство на интерактивните методи, тъй като те дават възможност използвания от участниците индивидуален метод да бъде именно интерактивен и експертите да изучат някои свойства на множеството от алтернативи на първоначална итерация от груповия метод, преди да отпаднат алтернативи от разглежданото множество.

Всички изложени в тази глава методи са реализирани в системата Group Multichoice, която съдържа четири метода на многокритериалния анализ – АНР, СВМ, ELECTRE и PROMETHEE, а груповото вземане на решения е осигурено от методите GECBIM, GCBIM, BIMBEE1 и BIMBEE2, GCBIM-NN, както и от един апостериориен метод, базиран на агрегирано ранкиране чрез borda score.

Глава 3. Система за подпомагане вземането на решения в групова среда

Предложените във Втора глава методи за интерактивно подпомагане груповото вземане на решения следва да бъдат използвани за създаване на реални СПГВР. Необходимо е да се създаде СПГВР, която реализира няколко метода за решаване на ЗМКА от различни типове, описаните във Втора глава методи за групово решаване на ЗМКА и да се разработи подходящ потребителски интерфейс, подпомагащ едно от основните качества на интерактивните методи, а именно – намаленото натоварване върху ЛВР. В настоящата глава се описва разработената от автора система, наречена **Group Multichoice** [Andonov, 2009A], за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ.

3.1. Предназначение на системата Group Multichoice

Системите, подпомагащи груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ (СПГРЗМА), са част от многокритериалните системи за подпомагане вземането на решения (МСПВР), които пък са част от СПГВР. Качеството на една СПГРЗМА система зависи от възможностите, които тя предоставя на ЛВР за:

- въвеждане и редактиране на входните данни;
- описание на локалните и глобалните им предпочитания;
- генериране на нови (слабо) недоминирани или недоминирани решения за оценка;
- визуализация на различни типове информация, необходима за тяхното обучение по отношение на решаваната многокритериална задача;
- управление на процеса на решаване на многокритериалната задача, включващ и промяна на отделни параметри, запомняне на намерените междинни решения, прекъсване на изчислителния процес, многократно стартиране на изчислителния процес от различни междинни решения и др.

Съвременните програмни езици с разширена мрежова поддръжка, съвременните операционни системи и масовото навлизане на широколентов

Интернет, както и разнообразието на мрежови услуги позволяват значителното подобряване на интерфейса и мрежовата комуникация на СПГРЗМА, така че да бъдат реализирани описаните по-горе възможности. Описанието на локалните предпочитания на ЛВР и генерирането на нови решения за оценка зависи, обаче, до-голяма степен от вида на включените в системата методи на многокритериалния анализ и методи за агрегиране.

В повечето програмни системи е реализиран един метод за решаване на многокритериални задачи и един метод за агрегиране [Vassilev, Genova, Vassileva, Staykov, Andonov, 2005B]. Това се дължи на следните причини:

- комуникацията между отделните ЛВР [Genova, Vassilev, Andonov, Vassileva, 2004].
- в различните методи се използват различни видове процедури за извличане и предаване на информация от и на ЛВР, което предизвиква значителни трудности при реализирането на модулите за дружелюбен потребителски интерфейс;
- в различните методи се използват различни стратегии за обучение на ЛВР;
- различните методи за агрегиране са подходящи за различни типове групи от ЛВР;
- разработчиците на програмните системи обикновено имат интерес към реализирането на собствените си методи.

Системата Group Multichoice се базира на Multichoice версия 2, създадена от екип на ИИТ-БАН [Vassilev, Vassileva, Staikov, Genova, Andonov, Chongova, 2007], от който авторът е част. Описани са класът на решаваните задачи, структурата на пакета, работата с интерфейсните модули за въвеждане на входните данни и информацията за локалните предпочитания на ЛВР, работата с интерфейсните модули за визуализация на междинните и крайните решения, както и на помощната информация в числов и графичен вид, комуникационният модул, както и сървърната част на пакета. Предназначенията на системата Group Multichoice могат да се категоризират по следния начин:

а) Експериментални

При разработването на предходните системи за подпомагане индивидуалното вземане на решения, една от целите бе да се установи дали е възможно една система да реализира методи от различен тип, които изискват принципно различна допълнителна информация от ЛВР за решаването на задачата, без това да накърни ползваемостта ѝ. Group Multichoice разширява този предходен експеримент като добавя няколко метода за подпомагане груповото вземане на решения.

б) Изследователски

Да се тестват предложените в глава 2 методи за подпомагане груповото вземане на решения и да се покаже тяхната работоспособност.

в) Учебни

Имплементацията на различни методи, подпомагащи както индивидуалното, така и груповото вземане на решение прави системата особено подходяща като илюстративно средство в университетски курсове по мениджмънт, вземане на решения и изследване на операциите [Андонов, 2009].

Въпреки експериментално-изследователския характер на системата, тя е използвана и за решаването на някои приложни проблеми [Andonov, Petrov, 2008], [Andonov, Vassileva, 2010].

3.2. Обща структура на системата Group MultiChoice

3.2.1. Потребителски интерфейс

Системата е предназначена за решаване на вариращи по размер задачи от ЛВР с различна степен на компетенция. Реализираните методи за групово решаване агрегират подредбите, а не предпочитанията, поради което са независими от използвания индивидуален метод. Това е причината да е възможно в системата да са реализирани методи за индивидуално решаване от различни типове, но налага етапите на дефиниране на задачата, избора на метод за индивидуално решаване и фазите на груповото решаване да са разделени на отделни стъпки със собствени програмни екрани. Поради това интерфейсът на

системата и изграден на базата на съветник (wizard) и отделните стъпки са на отделни прозорци в главен прозорец-контейнер, т.нар. многодокументарен интерфейс (MDI). Тъй като едно от предназначенията на системата е да се използва за учебни и изследователски цели това дава възможност на ЛВР при индивидуално решаване да решава веднъж въведена задача с различни методи [Vassilev, Genova, Vassileva, Staikov, Andonov, 2005A].

Системата работи със собствен бинарен тип файлове с разширение “.mch”. Интерфейсът на клиентската част е стандартна за Windows приложение с главно меню с категории “Файл”, ”Редактиране”, ”Настройки”, ”Преглед”, ”Прозорец” и ”Помощ”, които съдържат съответните команди:

Файл

- Нова задача
- Отвори
- Съхрани
- Изход

Редактиране

- Преместване
- Копиране
- Поставяне

Настройки

- Език

Преглед

- Съветник
- Съобщения

Прозорец

- Каскадна наредба
- Хоризонтална наредба
- Вертикална Наредба

Помощ

- Ръководство на потребителя
- Относно програмата

Работата със системата е разделена на следните логически стъпки [Andonov, 2006B]:

1. Дефиниране на проблема. Въвеждане на критерии и алтернативи;
2. Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критериите;

3. Избор на метод за решаване на задачата;
4. Въвеждане на специфична за метода допълнителна информация;
5. Получаване на локален резултат и изпращането му към сървъра;
6. Получаване на глобален резултат от сървъра.

Стъпки 4 - 6 се повтарят няколко пъти в общия случай, което представлява прилагането на интерактивния метод за подпомагане груповото вземане на решения. Всяка от стъпките предполага работа с подмножество на входните или междинни или изходни данни на задачата, поради което и за всяка стъпка е създаден отделен прозорец и работата е организирана под формата на съветник (wizard).



Фиг. 3.1

При стартиране се отваря прозореца, в който се въвеждат целта на решавания проблем, алтернативите и критериите с техните свойства. Това съответства на първа стъпка от описаните по-горе.

Първоначално въвеждане на критерии и алтернативи

Цел: Човешки ресурси

Критерии

Тип на Критерия

☒ Количествен ☐ Качествен

☐ Ранжиращ ☐ Тегловен

МинМакс

☐ Минимум ☒ Максимум

Въведи критерия

Изтрий критерия

Редактирай критерия

макс:un_degree(количествен)
макс:experience(количествен)
макс:loyalty(качествен)
макс:confidence(качествен)
макс:teampplay(качествен)
макс:team_compatability(качествен)
макс:english(количествен)
макс:computer_skills(количествен)

Алтернативи

Въведи алтернативата

Lilia_Stoyanova
Anelia_Petrova
Dorina_Nikolova
Gergana_Vasileva
Ivan_Aleksandrov
Gracia_Ivanova
Galina_Peeva

Напред

Фиг. 3.2

След като се въведат всички алтернативи и критерии се преминава към прозореца за въвеждане на стойности за критериите по отношение на всички алтернативи. В зависимост от типа на критерия се визуализират четири различни прозореца. Прозорецът, в който се въвеждат стойности за количествените критерии, е показан на Фиг. 3.3.

Ако критерият е качествен, се извежда прозорецът показан на Фиг. 3.4.

Въведете стойности за количествените критерии

un_degree

Lilia_Stoyanova	6
Anelia_Petrova	5
Dorina_Nikolova	5
Gergana_Vasileva	5
Ivan_Aleksandrov	5
Gracia_Ivanova	5
Galina_Peeva	5
Penka_Maneva	5
Petar_Venkov	5
Olga_Borisova	9
Daniel_Minkov	5
Stefka_Andreeva	5

Назад Напред

Фиг.3.3

На всеки етап потребителят може да съхрани дотук въведените данни или да се върне към предишна стъпка за преглед или редакция.

Посредством скала от 1 до 9 се задава предпочитание за всяка алтернатива по отношение на текущия критерий. Скалата има следния вид:

- 1 – много лошо/ниско
- 2 – лошо ниско
- 3 – слабо
- 4 – 4
- 5 – средно/задоволително
- 6 – 6
- 7 – добро/ високо
- 8 – много добро/високо
- 9 – отлично

Въведете стойности за качествените критерии

loyalty

Добро(Високо)

Lilia_Stoyanova	Добро(Високо)
Anelia_Petrova	Исключително добро(висок
Dorina_Nikolova	Исключително добро(висок
Gergana_Vasileva	Добро(Високо)
Ivan_Aleksandrov	Съществено добро(високо)
Gracia_Ivanova	Съществено добро(високо)
Galina_Peeva	Исключително добро(висок
Penka_Maneva	Лошо(Ниско)
Petar_Venkov	Съществено добро(високо)
Olga_Borisova	Много добро(високо)
Daniel_Minkov	Съществено добро(високо)
Stefka_Andreeva	Много добро(високо)

Назад Напред

Фиг. 3.4

След попълване на стойностите за всички критерии се визуализира прозорец, чрез който се избира метод за решаване на многокритериалната задача.

Избор на метод

Методи

☒ Аналитично Йерархичен Метод

☐ Метод PROMETHEE II

☐ Метод ELECTRE III

☐ Интерактивен Метод

Първоначално Решение

☒ Автоматично генериране

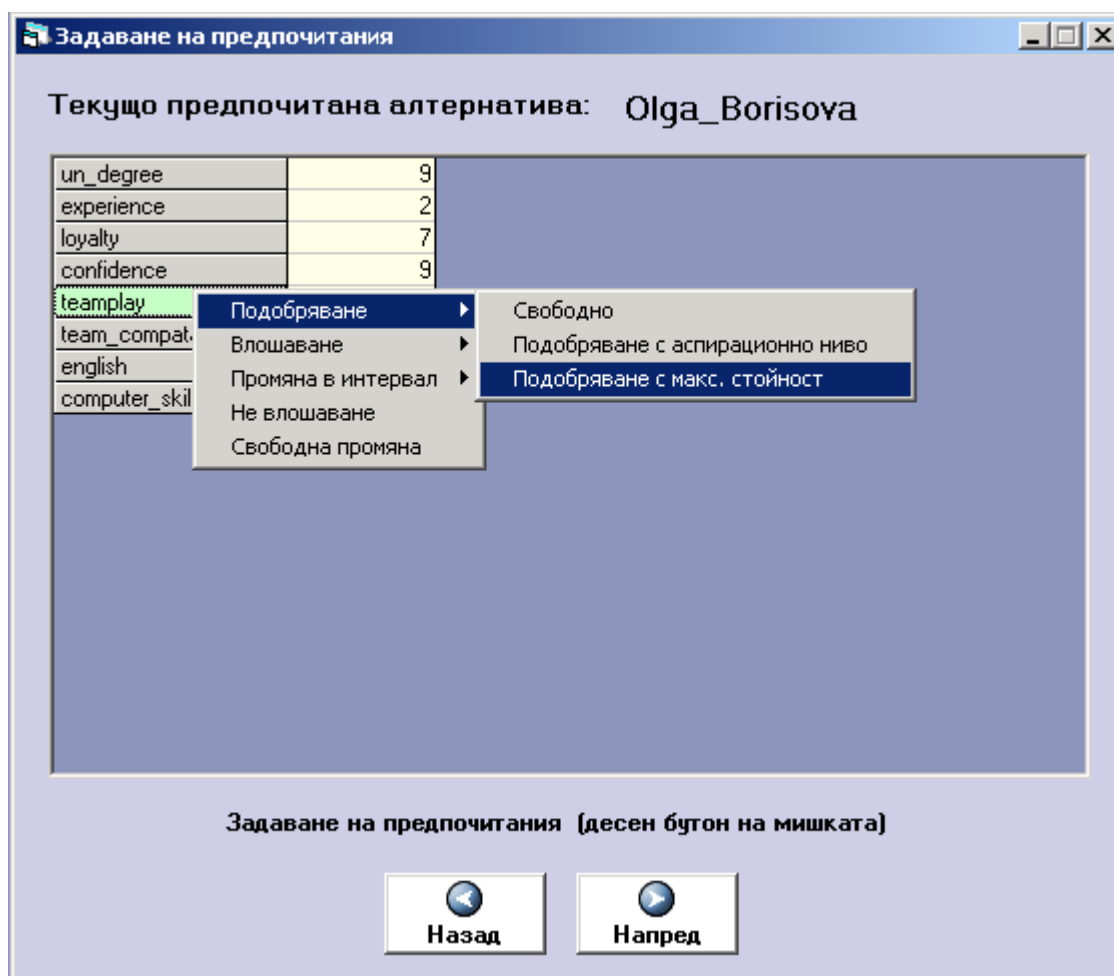
☐ Въвеждане от потребител

Потвърди

Фиг. 3.5

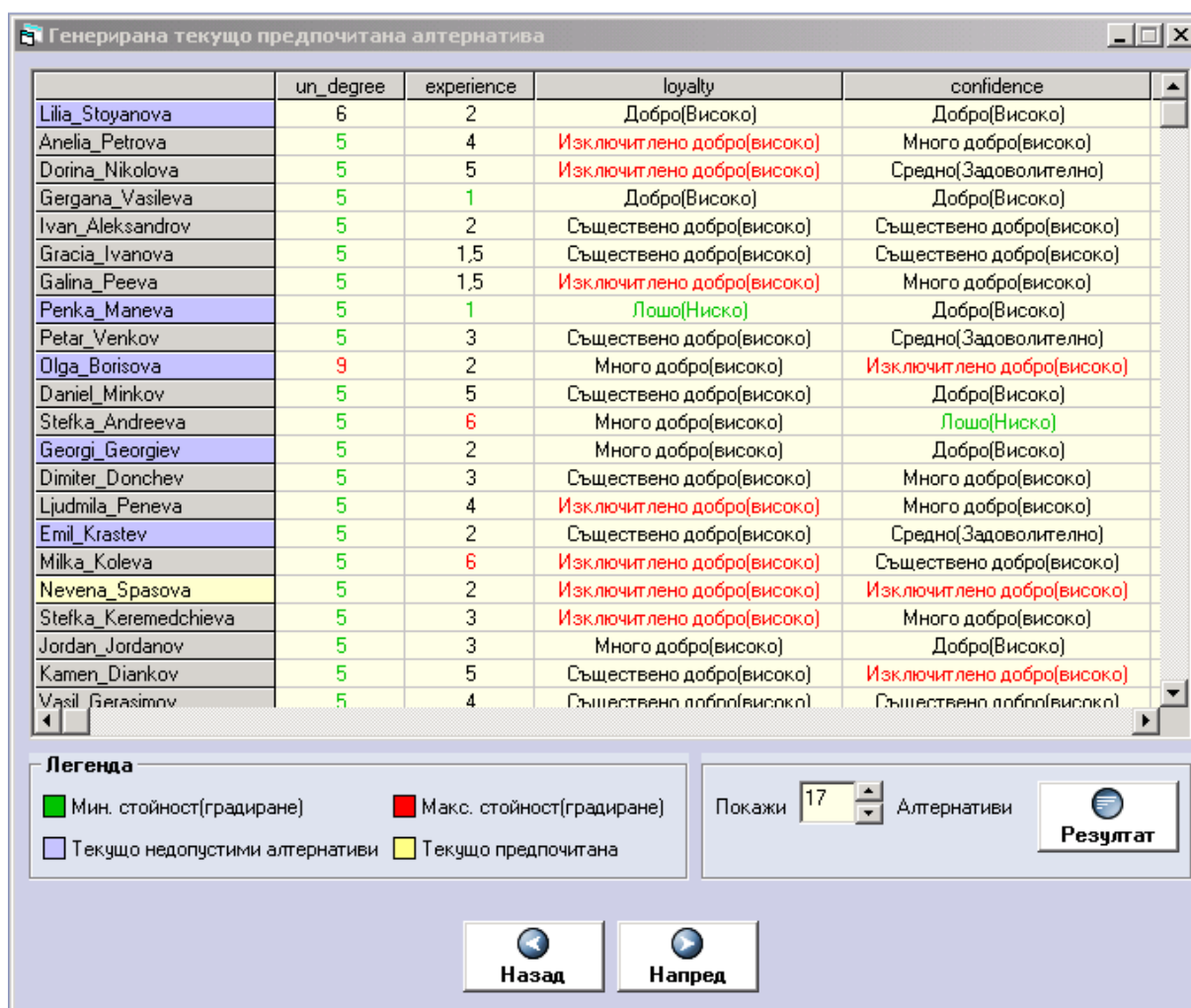
Ако е избран интерактивният метод, потребителят може да избере начина за определяне на първоначалното решение. В зависимост от избрания начин за генериране на началното решение, се преминава към прозореца, показан на Фиг. 3.6 или към прозореца, показан на Фиг. 3.7

Ако бъде избран радио-бутонът “Автоматично генериране”, се преминава към прозореца, показан на Фиг. 3.6



Фиг. 3.6

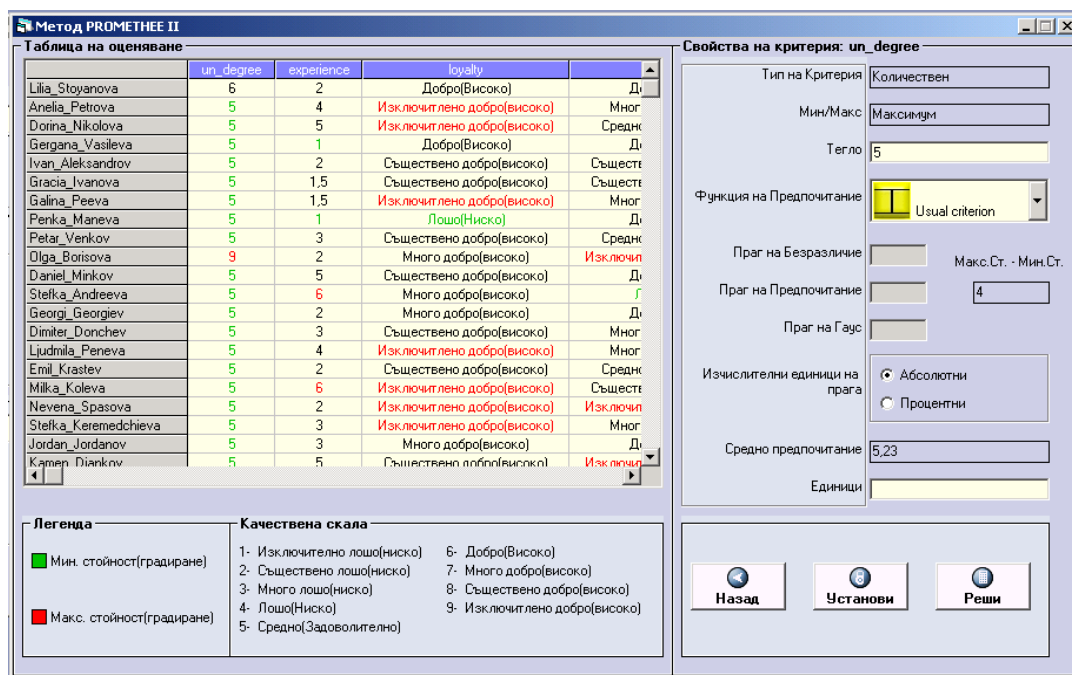
Потребителят задава своите предпочитания за всеки критерий по отношение на текущо избраната (предпочитана) алтернатива чрез контекстно меню. На всяка стъпка след първата потребителят има възможност да се върне назад и да избере друга отправна алтернатива, като по този начин разклонява процеса.



Фиг. 3.7

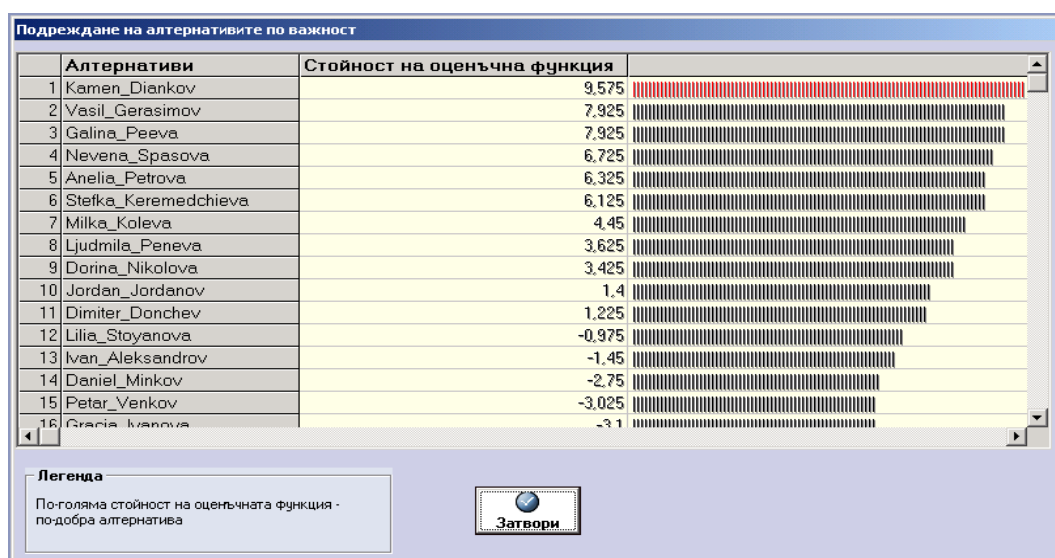
От прозореца, показан на фиг. 3.7, потребителят избира отправна алтернатива за следващата итерация, като по подразбиране е избрана текущо предпочетената, определена на базата на предпочитанията, въведени от потребителя на предходната стъпка. Когато потребителят стигне до алтернатива, която го удовлетворява, той преминава към прозореца за резултат, посочен на фиг. 3.9.

На Фиг. 3.8 е показан прозорецът за метода PROMETHEE.



Фиг. 3.8.

Системата оцветява максималната и минималната стойности за всеки критерий, тъй като те са определящи за границите на изменение на праговете на безразличие и предпочитание. Работата с този прозорец е разбита на подстъпки, които представляват въвеждането на допълнителна информация за всеки критерий. Когато потребителят приключи с това въвеждане, той преминава към визуализация на крайния резултат, показан на Фиг. 3.9.



Фиг. 3.9

3.2.2. Системна структура

Клиентската част на многокритериалната система за подпомагане груповото вземане на решения *Group MultiChoice* се състои от следните три групи модули: интерфейсни модули, изчислителни модули и входно-изходни модули.

Интерфейсните модули осъществяват диалога между ЛВР и системата *Group MultiChoice*. Чрез тях се въвежда входната информация, промяната, съхранението и се контролира нейната коректност. Тези модули предоставят възможност за навигация в системата и достъп до нейните функции. С помощта на интерфейсните модули се въвеждат данните за многокритериалните задачи и предпочитанията на ЛВР и изходните резултати се извеждат в текстов, числов или графичен вид. Те, също така, отговарят за подходящото представяне на междинните и крайния резултати. Графичното представяне осигурява информация и възможност на ЛВР за сравнения между критериите спрямо техните стойности на всяка стъпка.

Един от основните класове в тези модули е *CHistoryObj*. Целта на този клас е да се създаде структура, в която да се съхраняват получените резултати на всяка итерация на класификационния интерактивен алгоритъм – стойности на критерии, зададените от ЛВР предпочитания и използваната в тази итерация скаларизираща задача. Това позволява интерактивният процес на решаване на многокритериална задача с този метод да бъде прекъсван и стартиран отново от мястото на прекъсване. ЛВР също така има възможност да се връща назад и да търси решения в друга посока и с други предпочитания.

Примитивите за диалог с потребителя са изнесени в отделен клас *Cmesg*. Неговите основни функции са извеждане на съобщение в прозореца за системни съобщения, извеждане на модален прозорец за съобщение за грешка и извеждане на помощна информация в прозореца за подсказки.

С помощта на редактиращия модул се въвеждат, променят и запазват описанията на задачите на многокритериалния анализ с дискретен брой алтернативи, които ЛВР желае да решава.

Описанието на задачите на многокритериалния анализ се осъществява в текстов вид. Всеки критерий и всяка алтернатива се въвеждат или коригират поотделно в текстови полета за редакция, като едновременно с това се извършва проверка за коректност, според изискванията на редактора. След това критериите и алтернативите се записват в отделни текстови полета. При завършване на въвеждането или корекцията на критериите и алтернативите се преминава към въвеждането на стойности на алтернативите по отношение на всеки критерий.

В изчислителните модули са реализирани математическата обработка на трите алгоритъма. Изчислителните модули осигуряват примитивите за математическите изчисления и обработки, необходими на трите алгоритъма.

За нуждите на метода АНР са създадени класът *Cmatrix* и модулет АНР. Класът осигурява съхранение и специфични обработки на информация, съхранена в матричен вид за метода. В изчислителния модул АНР са реализирани процедури, специфични за метода.

В модул *Procedures* са реализирани помощни процедури и функции.

Модулът *Translate Language* отговаря за многоезичната поддръжка на системата.

Модулът *Mglobals* съдържа дефиниции на всички глобални променливи и някои функции за тяхното манипулиране.

В клас-модула *Criterion_Promethee* е дефиниран клас, който съдържа допълнителната информация за критериите, изисквана от потребителя при използване на метода PROMETHEE и методи за нейната обработка.

Входно-изходните модули отговарят за създаване, модификация и запазване на файлове, съдържащи описанието на задачите на многокритериалния анализ, както и за генерирането и отпечатването на отчет за решаваната задача.

В модула *MBinFiles* са дефинирани функциите, осигуряващи входно-изходните операции за работа с файлове (запис и четене).

В модула *MExport* са дефинирани функциите, осигуряващи разпечатването на отчет за процеса на решаване и полученият краен резултат.

Системата *MultiChoice* съдържа общо 22 на брой форми:

- FrmSplash – Лого на програмата, визуализиращо се при стартирането ѝ
- FrmMess – визуализиране на системните съобщения
- FrmAbout – визуализиране на информация за системата и нейните разработчици
- FrmTip – съвет на деня
- FrmHints – визуализиране на подсказваща информация за визуалните контроли
- FrmPrinter – форма за редактиране настройките на печата
- FrmGrapForm – форма за визуализиране на графична информация на стойностите на критериите от отделните стъпки
- FrmLanguage – форма, чрез която на потребителя се предоставя възможност за избор на предпочитания от него език на интерфейса на системата
- FrmDomination_List – форма, извеждаща списък на доминираните алтернативи
- frmMain – главна (родителска) форма на програмата, съдържаща падащото меню и панел с бутони
- FrmStep1 – форма, чрез която се въвеждат описания на решавания проблем алтернативите, критериите и техният тип (количествен, качествен, минимум максимум)
- FrmRelativeAlt– форма, чрез която се въвеждат стойностите за качествените критерии посредством падащ списък
- FrmRelAltQl– форма, чрез която се въвеждат стойностите за количествените критерии
- FrmMethods – форма за избор на метод за решаване на задачата
- FrmRelaticeAdd – форма, чрез която се въвеждат стойностите за относителната важност за всяка двойка критерии
- FrmTable – форма, извеждаща стойностите за всяка алтернатива по отношение на всеки критерий

- FrmPromethee – форма за въвеждане на специфичната информация за метода PROMETHEE
- FrmSolve – форма за определяне от потребителя на текущо предпочетена алтернативи
- FrmPbim – форма, чрез която се извършва интерактивният процес на решаване на задачата чрез класификационно-ориентиран интерактивен алгоритъм
- FrmInterval – форма, позволяваща на потребителя да задава интервали на изменения на стойностите на даден критерий, използван от класификационно-ориентирания интерактивен алгоритъм CBIM
- FrmValues – форма, позволяваща на потребителя да въведе желани аспирационни нива за промяна на стойностите на даден критерий, използвани от класификационно-ориентирания интерактивен алгоритъм CBIM
- FrmANPResult – форма, визуализираща наредбата на алтернативите, като краен резултат от всеки метод.

3.2.3. Сървър Group Multichoice

Сървърната част на системата Group Multichoice е конзолно приложение, написано на езика Python. Тази част отговаря за автентикацията, осъществяването на текстовата комуникация между експертите, агрегиране на индивидуалните подредби посредством borda score, имплементацията на интерактивните методи за подпомагане груповото вземане на решение – GCBIM, GECBIM, BIMBEE-1, BIMBEE2 и GCBIM-Noname и управление на интерактивния процес на вземане на решение. Group Multichoice Сървър работи под GNU/Linux с инсталиран Python интерпретатор, но тъй като приложението не зависи от специфични за операционната система библиотеки то може да бъде сравнително лесно пренесено на всяка платформа, разполагаща с инсталиран Python.

Стартирането на приложението става с командата

python groupobjchat.py [IP на сървър] [номер на порт]

като първи параметър се подава интерфейса, на който работи приложението, а като втори параметър номер на порта, на който приема нови свързвания. Комуникацията между клиентите и сървъра се извършва на базата на не-сложен маркиращ протокол, разработен за целта.

Командите заедно с кратко описание на действието им са изброени в следния списък:

vote – трябва да бъде последвана от един параметър, представляващ индекса на алтернативата, за която е даден глас

vec – трябва да бъде последвана от списък с целочислени стойности, разделени със символа „|“. С тази команда сървърът съхранява една подредба от даден експерт в съответна структура

setmethod – трябва да бъде последвана от символен низ с името на метода, който ще бъде използван

calc – изчислява се текущата итерация от установения метод

nick – промяна на видимото име на потребителя за текстовата комуникация

quit – прекъсва връзката със сървъра

names – връща списък на имената на всички свързани в момента експерти

Базовият клас, който се използва в Group Multichoice Server, се нарича GroupMethods. В него са реализирани методите за групово решаване на задачите на многокритериалния анализ *gcbim*, *bimbee1*, *bimbee2* и *noname* чрез съответни член-функции. Причините да не се използва йерархия от класове, в която дъщерните класове да реализират по отделно всеки от методите, са че голяма част от структурите са общи за всички методи и задачата обикновено се решава чрез метод в даден момент, т.е. при реална употреба ще има само една инстанция на класа.

Следва кратко описание на член-функциите:

- `__init__` - конструктор. В него се инициализират всички структури, с които работят член-функциите.
- `add_to_b2h` – добавя номер на алтернатива в BIMBEE 2 историята на експерт

- `add_to_found` – добавя в списъка на намерените алтернативи
- `bimbee1_elimination` – извършва елиминационен процес в BIMBEE1
- `bimbee2_final_vote` – извършва крайна итерация на BIMBEE2
- `bimbee2_vote` – извършва едно BIMBEE2 гласуване
- `borda_to_rank` – конвертира `borda` стойности в подредба
- `build_ptable` – построява таблица с `p` стойности за `noname` метода
- `calculate_borda` – агрегира индивидуалните подредби с `borda`
- `calculate_lambda` – изчислява списък с λ стойности за `noname`
- `calculate_maxp` – намира максималната `p` стойност
- `calculate_mu` – изчислява `m`
- `calculate_q` – изчислява `q`
- `initialize` – инициализира част от структурите, които трябва да се зануляват на всяка стъпка
- `populate` – генерира произволни тестови данни
- `rotate_matrix` – транспонира матрица
- `sum_diff` – намира сумата на разликите

Другите два значими класа са `PythonChatServer` и `RequestHandler`. `PythonChatServer` е наследник на `SocketServer.ThreadingTCPServer` и на практика е сървърният клас на приложението. `RequestHandler` управлява жизнения цикъл на клиентската връзка със сървъра – свързване, текстова комуникация, изпълнение на сървърни команди и затваряне на връзката.

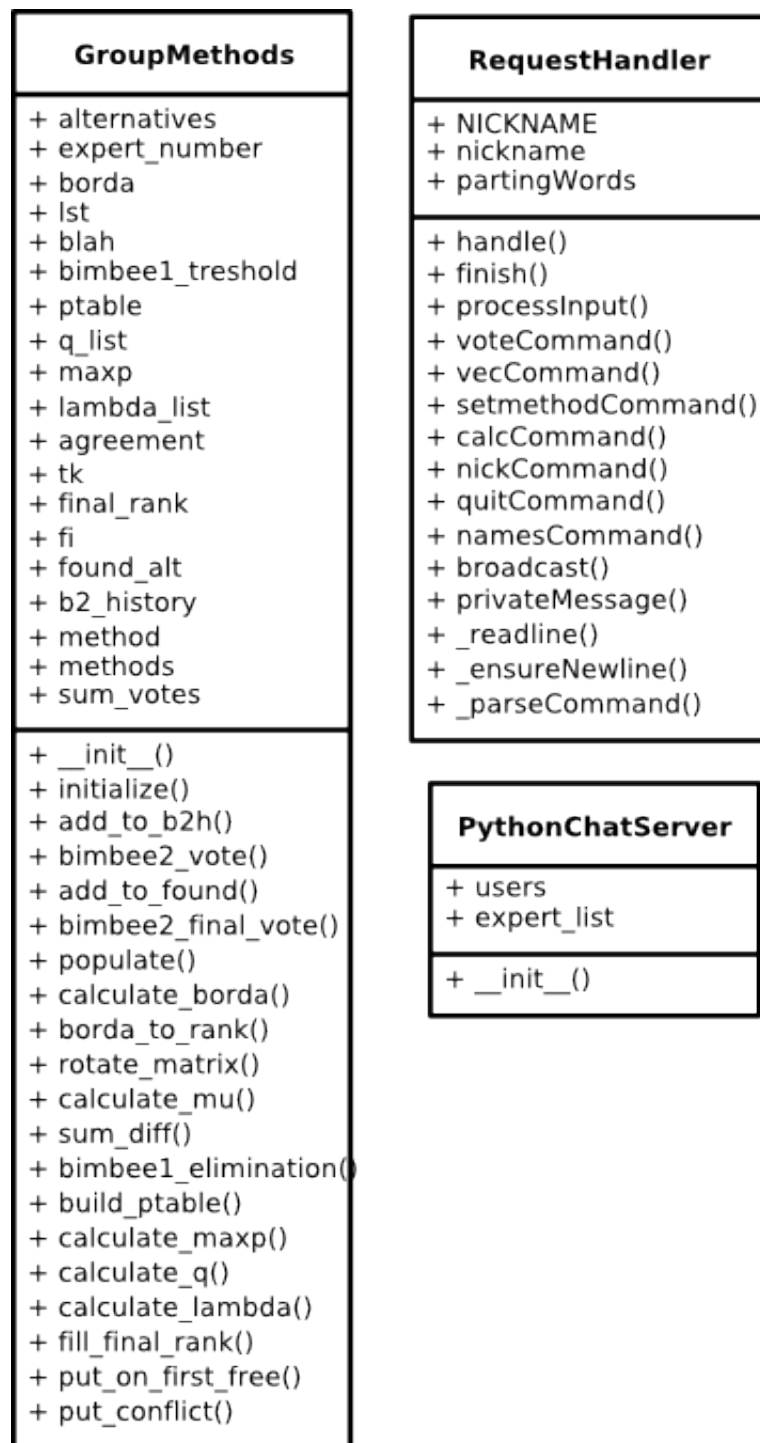
3.2.4. Протокол

За осъществяване на комуникацията между сървъра и клиентите е необходимо да се дефинира протокол, който да определя какви данни от какъв тип в какво съобщение при какъв случай ще се изпращат от кого и до кого. Съобщенията, дефинирани в протокола са описани в таблица 3.1.

Име на съобщение	Тип данни	подател	получател	Описание
SYSMSG	Символен низ	Сървър	Всеки клиент	Запитване за името на експерта
DISCOVERED	Числен вектор	Сървър	Всеки клиент	Списък на откритите на дадена стъпка алтернативи при метод bimbee2
NEXTTURN	няма	Сървър	Всеки клиент	При приключване на дадена итерация и преминаване към следващата
BIMBEE2VOTE	Числен вектор	Сървър	Всеки клиент	
FINALRANK	Числен вектор	Сървър	Всеки клиент	Подредба на алтернативите за настояща итерация, с нулеви стойности за непоставените алтернативи и отрицателни стойности за поставените на предишни стъпки алтернативи
ELIMINATED	Числен списък	Сървър	Всеки клиент	Индекс на отпадналите алтернативи

Таблица 3.1

На фиг. 3.10 е дадена UML диаграма на сървъра Group Multichoice, генерирана автоматично и показваща класовете, свойствата и методите им.



Фиг. 3.10

3.3. Изводи

Програмната система Group MultiChoice е предназначена за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ. В системата са реализирани един тегловен метод, два аутранкиращи метода и дискретния класификационно-ориентиран интерактивен метод. В сървърната част са реализирани пет метода за агрегиране: GECBIM, GCBIM, BIMBee 1, BIMBee 2 и GCBIM-noname. Клиентската част е написана на програмната среда Visual Basic и е предназначена за работа под управлението на операционната система MS Windows. Сървърната част е написана на програмния език Python и е предназначена за сървъри, работещи под Linux.

Разработеното алгоритмично осигуряване на програмната система от една страна, и предложеният им дизайн, от друга страна, позволяват на ЛВР с различна степен на квалификация да решават интерактивно в групова среда широк клас задачи на многокритериалния анализ. Задачите на многокритериалния анализ могат да съдържат различен брой и тип критерии и различен брой алтернативи. В системата Group MultiChoice методите са включени по-такъв начин, че от гледна точка на ЛВР, те представляват един интегриран РЕШАТЕЛ. Системата е реализирана с графичен потребителски интерфейс (ГПИ), улесняващ ЛВР при описанието на неговите локални предпочитания, при оценката на получените Парето оптимални или слабо Парето оптимални алтернативи, при анализа на процеса на решаване на многокритериалните задачи и при комуникацията с другите ЛВР. ГПИ на системата е обвивка за изчислителните и комуникационните модули. Системата позволява прекъсването на процеса на всеки етап, съхраняване на задачата и индивидуалното ѝ решаване с повече от един метод.

Програмната система Group MultiChoice може да служи както за учебни цели, така и за решаване на реални приложни задачи.

Глава 4. Експериментални тестове и оценка

4.1. Въведение

Когато се разработва СПВР, отговорност на програмистите и мениджърите на разработката е да гарантират, че системата ще функционира правилно. Системното тестване се извършва с цел да се открият грешките в логиката на системата. Оценяването на системата се извършва с цел установяване колко добре ще работи и дали отговаря на предварителните изисквания [Senn, 1990]. Този етап е важен, защото често е последната възможност да се открият недостатъци, които могат да доведат до провал при оперативното ѝ използване. Целите на описаното в тази глава изследване са две: да се установи дали системата Group Multichoice води до близки с примери от литературата резултати (получаването на абсолютно същия резултат при този тип методи е на практика невъзможно и не може да се ползва за индикатор за коректна работа) и какво е поведението ѝ при решаване на задача от бизнеса. За първия експеримент е използвана задача за избор на държава от ЕС, в която да се построи нова атомна електроцентрала (пример от литературата). Вторият експеримент представлява решението на задача с реални данни за избор на главен вътрешен одитор от списък кандидати, като подробно са описани всички етапи от процеса на вземане на решение, мотивирана е необходимостта от постигането на оптимално решение, използването на СПВР и е описана цялата съпътстваща информация. Третият експеримент представлява решението на задача с реални данни за избор на технология за строителство на еко-селище, като участниците в процеса на вземане на решение нямат едни и същи цели.

4.2. Дизайн на експериментите

4.2.1. Цел на експериментите

При тестване и оценка на една система съществуват два аспекта. Първият е дали системата работи коректно, а вторият - дали функционира добре. Коректността в общия случай може да се тества – тя представлява въпрос на правилно и неправилно. В този аспект се отговаря на въпроса дали изчисленията дават верен резултат. Функционалността се оценява, като това е въпрос на качествена преценка - добро и лошо [Klein and Methlie, 1995]. Въпросите тук са

например дали интерфейсът между човека и машината е добре проектиран. Дали системата пасва добре в процеса на вземане на решение? Какви са предимствата от използването на формална методология? Отговаря ли системата на оригиналните цели и задачи? Тестването на коректността на системите за многокритериален анализ и в частност проверката и валидацията на изчисленията са задачи на разработчиците и се извършват в процеса на разработка на системата. Една от причините да се използва системата Multichoice като основа на Group Multichoice е, че реализираните в нея версии на методите ANP, PROMETHEE, ELECTRE и CBIM са многократно тествани както при разработката, така и при последвалото използване за решаване на възложени проблеми. Поради това в тази глава се разглежда само груповата функционалност на системата.

Целите на експериментите са:

- да се установи дали системата дава сходни резултати с пример от литературата
- да се тества общата пригодност на системата чрез решаване на практическа задача

4.2.2. Организация на експериментите

При решаването на дадена задача в дадена среда, в зависимост от типа на решаваната задача (брой алтернативи, брой критерии, тип на критериите), компетенцията на участниците в процеса на вземане на решение и типа на организационната структура варират методите за решаване на задачи на многокритериалния анализ, методите за групово вземане на решение, методите за визуализация на резултатите, методите за определяне на теглата и изчислителните методи. Тъй като няма предварително дефиниран път на решението и контекстът на средата, в която се използва системата, варира, то не съществува единствен или предварително зададен начин на използване на системата [Klein и Methlie, 1995]. Вместо това, тя представлява набор от данни, модели и методологии, предоставени на разположение на ЛВР. Това прави тези системи труден обект на оценка.

4.3. Провеждане на експерименти

4.3.1. Експеримент 1 – Избор на държава за строеж на електроцентрала

Следният пример е разглеждан в [Brans, Macharis and Mareschal, 1997] и [Macharis, Brans and Mareschal, 1998] като е използван методът PROMETHEE, както и в [Leyva-Lopez and Fernandez-Gonzalez, 2003], при което е използван методът ELECTRE.

Необходимо е да се изгради електроцентрала на територията на Европейския съюз. Задачата е да се определи най-подходящото местоположение. Държавите-членки на ЕС представят шест възможни местоположения:

- A1: Италия
- A2: Белгия
- A3: Германия
- A4: Швеция
- A5: Австрия
- A6: Франция

Всяко от предложените местоположения е подкрепено от обстойно описание. Групата на вземащите решение се състои от 4 участника, всеки защитаващ интересите на определен икономически интерес:

- ЛВР1: Производство на енергия
- ЛВР2: Околна среда
- ЛВР3: Финанси
- ЛВР4: Синдикати

За целите на задачата се формулирани 11 критерия, по които се оценяват алтернативите:

- C1 – Работна ръка (брой инженери)
- C2 – Мощност в Мегавати
- C3 – Разходи за изграждане
- C4 – Годишни разходи за поддръжка
- C5 – Брой селища за евакуиране

C6 – Опасности за околната среда

C7 – Ниво на сигурност

C8 – Емисии на въглеродни оксиди

C9 – Социално въздействие

C10 – Транспортни съоръжения към електроцентралата

C11 – Финансова възвръщаемост

Стойности на алтернативите по критериите

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Италия	80	500	1000	5,2	8	0,5	9	0	2	300	4200
Белгия	55	580	250	3	1	4	3	5	8	175	900
Германия	83	600	450	3,8	4	3,5	7	65	6	125	850
Швеция	40	450	1000	7,5	7	0	10	0	10	450	900
Австрия	52	880	900	3	3	4,5	2	10	5	150	750
Франция	94	960	950	3,6	5	3,5	4	10	3	250	2000

Таблица 4.1

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
ЛВР1	Min 1	Max 2	Min 1	Min 1	Min 1	0	Max 1	0	0	0	0
ЛВР2	0	0	0	0	Min 1	Min 1	Max 1	Min 1	0	0	0
ЛВР3	Min 1	0	Min 1	Min 1	0	0	0	0	0	0	Max 3
ЛВР4	Max 1	0	0	0	0	0	Max 1	0	Max 1	Min 1	0

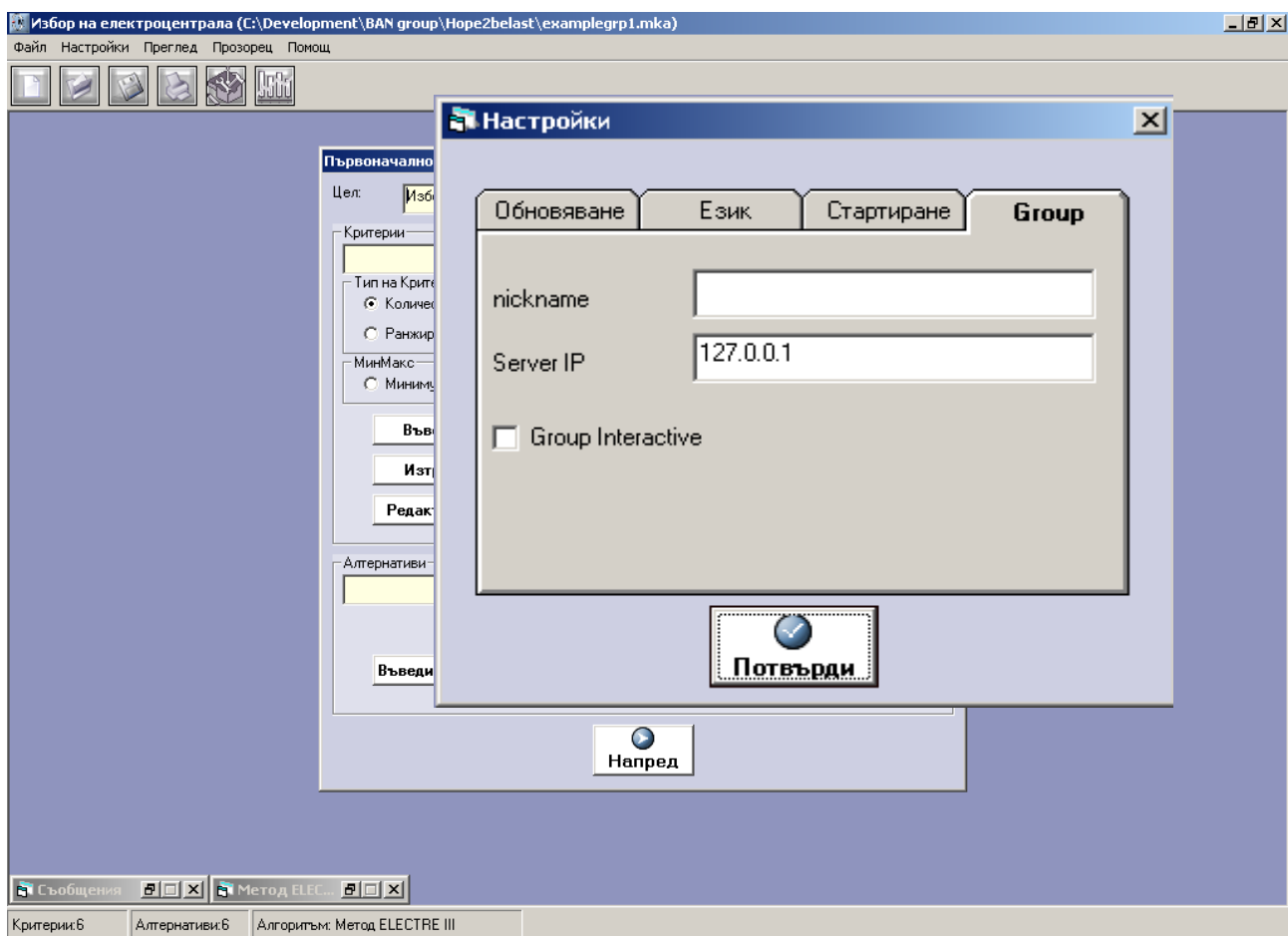
Таблица 4.2

4.3.1.2 Решение

За решаването на гореизложената задача е използвана системата Group Multichoice, при което участниците в процеса на вземане на решение прилагат метод ELECTRE за решаване на задачата индивидуално и BimBee1 метод и Borda score за агрегиране на резултатите. Участниците поставят тегла на важност на всеки критерий. Не всеки ЛВР е заинтересован от всичките 11 критерия.

Тегло, равно на нула означава, че критерия се счита за нерелевантен от този ЛВР.

В допълнение участниците могат да изберат дали за тях съответния критерий е по-добре да има по-висока или по-ниска стойност, т.е. дали да се максимизира или минимизира. Предпочитанията на отделните ЛВР са описани в таблица 2. От нея е видно, че не всички ЛВР са заинтересовани от всички критерии. Например ЛВР1 иска да минимизира работната ръка, за да намали разходите, докато ЛВР4 иска да максимизира същия критерий, за да отвори колкото се може повече работни места. Това показва как в реална ситуация гледните точки могат да си противоречат.



Фиг. 4.1

След въвеждане на условието на задачата всеки ЛВР решава задачата с метод ELECTRE с посочените в таблица 2 тегла. Получената подредба е следната:

Метод ELECTRE III

Таблица на оценяване

	работна ръка	мощност	разходи за изграждане	разходи за поддръжка	се
Италия	80	500	1000	52	
Белгия	55	580	250	30	
Германия	83	600	450	38	
Швеция	40	450	1000	75	
Австрия	52	880	900	30	
Франция	94	960	950	36	

Свойства на критерия: работна ръка

Тип на Критерия: Количествен

Мин/Макс: Минимум

Тегло: 1

Вето праг:

Макс. Ст. - Мин. Ст.: 54

Праг на Безразличие: 1

Праг на Предпочитание: 2

Изчислителни единици на прага: ☒ Абсолютни ☐ Процентни

Средно предпочитание: 67,33

Единици:

☒ Не използвай Вето прагът

Легенда

■ Мин. стойност(градиране)

■ Макс. стойност(градиране)

Качествена скала

1- Изключително лошо(ниско)	6- Добро(Високо)
2- Съществено лошо(ниско)	7- Много добро(високо)
3- Много лошо(ниско)	8- Съществено добро(високо)
4- Лошо(Ниско)	9- Изключително добро(високо)
5- Средно(Задоволително)	

Назад Установи Реши

Фиг 4.2

	ЛВР1	ЛВР2	ЛВР3	ЛВР4
Италия	5	1	2	4
Белгия	1	2	1	2
Германия	3	4	6	1
Швеция	6	3	4	5
Австрия	2	5	5	6
Франция	4	6	3	3

Таблица 4.3

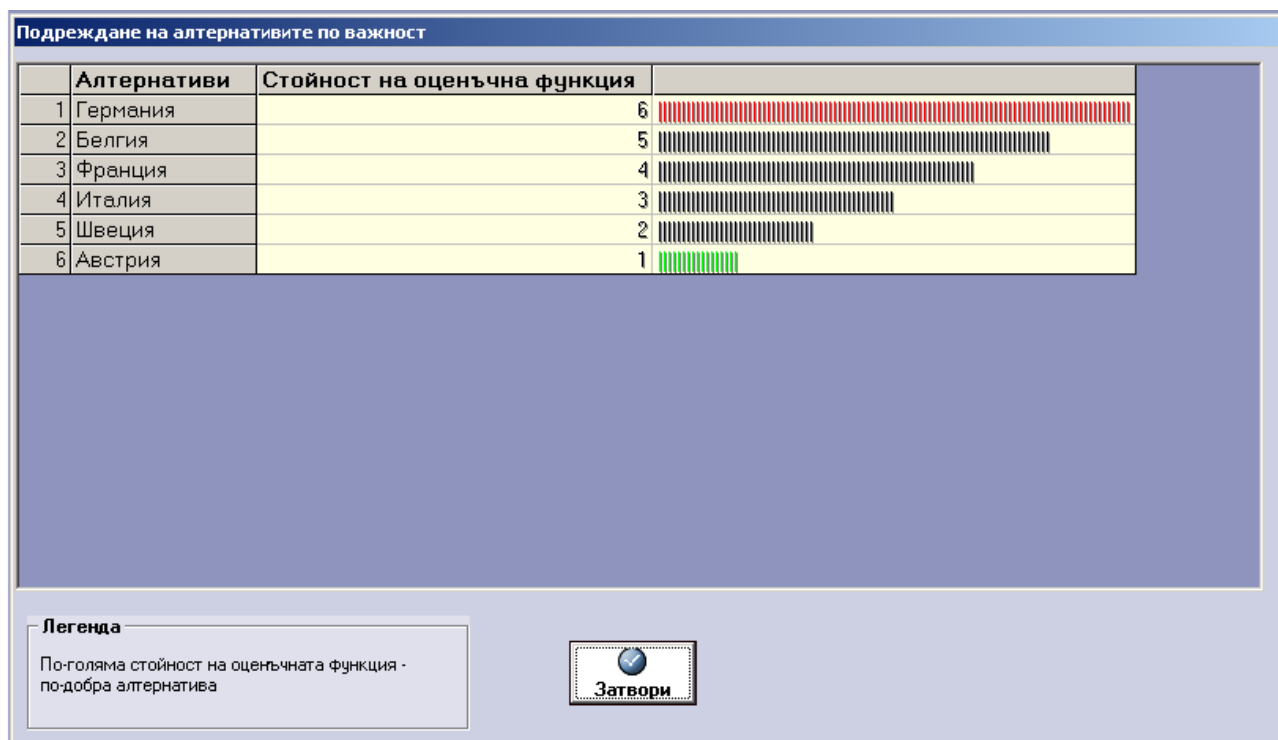
Резултатът от агрегирането на тези резултати е следната подредба:

Белгия, Италия, Германия, Франция, Швеция, Австрия.

Прагът за отпадащи алтернативи е установен на 3, поради което първите три остават, а останалите три отпадат. На втора итерация участниците могат да избират само измежду не-отпадналите алтернативи. След решаване на новата задача получените подредби са следните:

	ЛВР1	ЛВР2	ЛВР3	ЛВР4
Италия	3	1	2	3
Белгия	1	2	1	2
Германия	2	3	3	1

Таблица 4.4



Фиг. 4.3

4.3.1.3 Резултати

Резултатът от агрегирането на тези резултати е следната подредба:

1. Белгия, 2. Италия, 3. Германия.

За да се получи една алтернатива, която да се определи като „печеливша“ е приложено отсяване със стойност на прага 2, тоест отпадат всички без първата, но тази стъпка е тривиална, тъй като задачата е с малка размерност. Въпреки това полученият резултат е консистентен както с решението на [Brans, Macharis and Mareschal, 1997] и [Macharis, Brans and Mareschal, 1998], така и на [Leyva-Lopez and Fernandez-Gonzalez, 2003].

4.3.2. Експеримент 2 – Задача за набиране и подбор на нов член на персонала

Можем ли да се застраховаме от грешки при назначаването на нов сътрудник? ...Компаниите ежегодно губят милиони заради неудачния избор на служители, направен на базата на субективна оценка и информация, предоставена от самите кандидати за работа [Подборът на персонала – как да избегнем грешките при оценяване на кандидатите, СЮ, бр. 5, 2008/ИТ мениджмънт, <http://cio.bg/1908>]

4.3.2.1. Въведение

За успешния избор на подходящи кадри, набирането и подборът на персонала в една организация трябва да бъдат системно планирани, подготвени и внимателно управлявани. Изборът на ясно посочени и подходящи за вакантната длъжност критерии, чрез които се преценява пригодността на конкретния кандидат, е изключително важно, но не и достатъчно условие за успешната селекция. Необходимо е организацията да възприеме достоверен и балансиран научно обоснован подход на оценяване, като търси едновременно съответствие както между личностните характеристики и изискванията за работното място, така и между човека и културата на компанията. Много организации създават стандартни процедури за набиране и подбор на персонал, с които намаляват субективността и възможността за неправилна преценка при избора. Един иновативен, достоверен, обективен и математически подход е използването на системи за подпомагане на груповото взимане на решения.

СПГВР се използват при подбора на персонал като:

- спомагат за осъществяване на избор, който по същността си е вземане на решение от нееднородна група от експерти/лица вземащи решения, като създават оптимални условия за намиране на най-подходящият кандидат за съответната позиция в дадена компания;
- спомагат за мотивираното определяне на най-подходящия кандидат според съответните критерии, като се избягва използването на така нареченото "вътрешно чувство" на оценяващите, което се дължи на предварително съществуващи идеи или стереотипи и следва да бъде осъзнато и предотвратено;

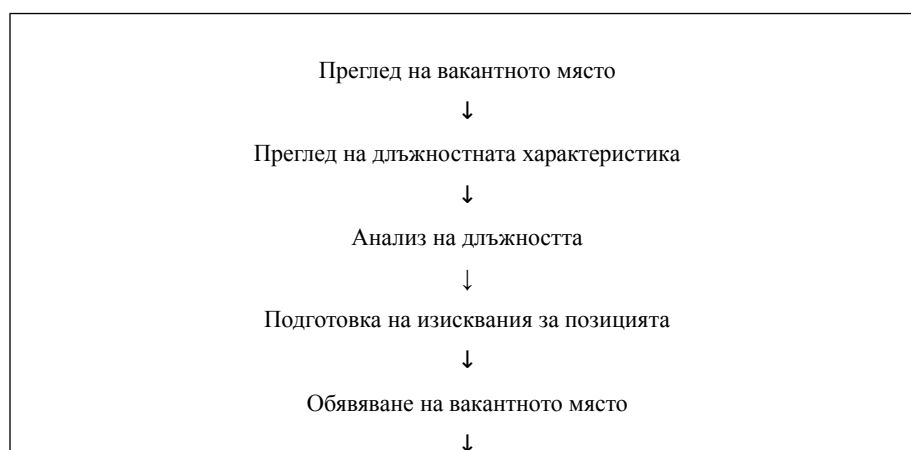
- спомагат при определяне на важността (теглото) на всеки от критериите за подбор;
- работата на всеки от оценителите със софтуер за взимане на решения, посредством които се извършва и комуникацията между оценителите (лицата вземащи решение), спомага оценителите да избягват да обсъждат скрито по между си кандидатите – една от общоизвестните лоши практики при подбора.

4.3.2.2. Компетентностен модел

В ранните етапи от развитието на една компания се налага създаването и определянето на фирмената култура и съответно на необходимите личностни и професионални качества и характеристики на управляващите и служителите. Тези качества и характеристики, наричани от специалистите по човешки ресурси "компетентностен модел" могат да бъдат наложени от създателите или управителите на фирмата или договорени чрез консенсус между управляващите и служителите. Те залягат в основата на създаването на процедурите за подбор на персонала.

4.3.2.3. Процедури за подбор на персонал

Процедурите за подбор на персонал целят да се установят ясни и директни насоки за подбор на служители. Процесът на набиране и подбор се състои от следните примерни етапи [Qureshi and Evans, 2000] (Схема 1)



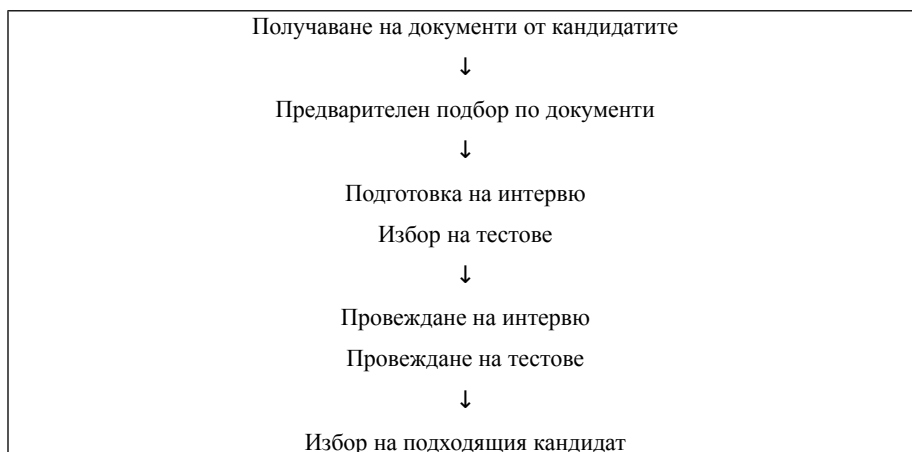


Схема 1. Процедура за подбор на персонал

Тази стандартна примерна процедура е валидна и използвана многократно, но с нея не може да се гарантира прозрачност и е трудно постижимо да се избегнат немотивирани избори, произтичащи от оценяване "по усет", базирани на стереотипи, което често води до назначаване на неподходящ служител и съответно до загуби за организацията.

Тази процедура може да бъде направена по-балансирана и прозрачна с въвеждането на система за подпомагане вземането на решения по следния начин:

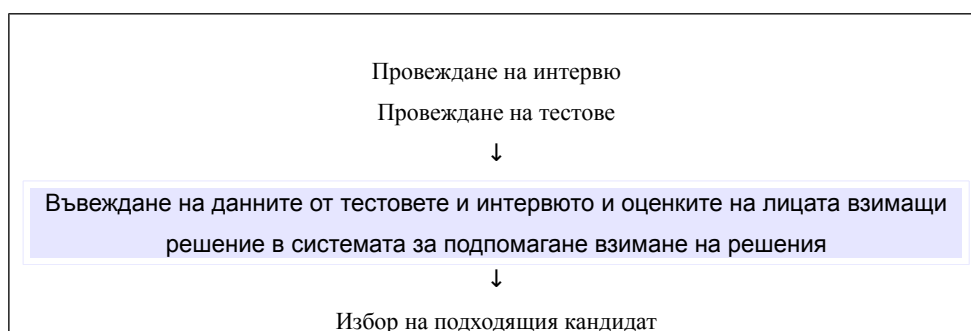


Схема 2. Процедура за подбор на персонал с използване на система за подпомагане вземането на решения.

Въвеждането на система за взимане на решения в никакъв случай не отменя задълженията на лицата, участващи в подбора. Но тя дава възможност за мотивиран избор, като взема предвид обективните фактори като резултатите на кандидатите на съответните тестове и интервюта, както и субективните мнения на експертите и лицата вземащи решения. **Въвеждането на всички тези елементи в математически модел прави крайната оценка мотивирана и**

надеждна, тъй като тя се формира на базата на всички критерии със съответните приоритети на всеки от тях за всеки отделен участник във вземането на решението.

За целите на този пример, ще разгледаме само по-важните етапи от процедурата за подбор, в които се включва и системата.

4.3.2.4. Анализ на длъжността

При овакантяване на едно работно място се създава възможност за анализ на работата, която е била извършвана от съответния служител, както и за начина, по който позицията допълва работата на останалите служители в екипа и компанията като цяло. Например, при напускане на един оперативен счетоводител, до момента в който мястото му се заеме, има възможност да се проследи по какъв начин работата на съответното звено се забавя или влошава с следствие на неговата липса.

При анализирането на позицията е препоръчително да се проведе разговор с напускащия, с ръководителя или мениджъра на служителя, с други служители на същата позиция, както и с вътрешни и външни клиенти, обслужвани от тази позиция.

4.3.2.5. Създаване на екип от експерти и лица вземащи решения за подбор на служител за съответната длъжност

В зависимост от типа организация, всички тези хора или една част от тях, с изключение на напускащия служител и външните клиенти, би следвало да се включат в екипа за подбор на служител за вакантната позиция. Те трябва да определят длъжностната характеристика, както и изискванията към кандидата/критериите за подбор.

- **Длъжностна характеристика.** Длъжностната характеристика е необходимо да включва следната информация:

- **Цел на позицията.** Съдържа ясен списък от цели.
- **Позиция в организацията.** Показва на кого докладва служителя, за кого е

отговорен и къде се вписва в структурата на организацията/отдела.

- **Основни задължения и отговорности.** Включва каква част от работата на служителя се отделя за всяко задължение и специфични очаквания, ако съществуват.

- **Организационни фактори.** Включва как позицията може да бъде свързана с други подобни работни места на други места в организацията, или в същия отдел.

- **Лични фактори.** Включва нивото на знания, умения и опит, които са необходими, за да се извършва работата и къде могат да бъдат придобити тези знания и умения.

- **Изисквания към кандидата.** Личностната характеристика е най-важната част от цялата процедура за подбор. Изискванията се групират както следва:

- „Твърди умения“ – това са уменията, които могат да бъдат доказани чрез дипломи, сертификати и други документи. Те са следните видове: а) Умения и способности; б) Опит; в) Знания; г) Обучение

- „Меки умения“ – социологически термин, който определя съвкупността от черти на характера, социални умения, комуникация, език, лични навици, дружелюбност и оптимизъм, които характеризират взаимоотношенията с останалите. Това са качества, като: лоялност, отговорност, инициативност, творчество, адаптивност, умения за работа в екип, стремеж към повишаване на квалификацията, организационни способности, умения за вземане на решения, аналитично мислене и др.

Компетентностният модел, изграден от компанията включва умения от двете групи. При използването на системата за подпомагане взимането на решения, всяко от лица, взимащи решение определя различна важност на всеки от тези умения в зависимост от това до колко всяко от уменията са релевантни спрямо компетенцията на лицето вземащо решения и потенциалния служител.

В системата, ЛВРтата следва да определят релевантните за тях критерии с "изключително важно", "много важно", "средно важно", "важно", "не много важно", "маловажно", "никак важно".

4.3.2.6. Предварителен подбор по документи

Следващият етап от процеса за подбор е предварителният подбор по документи. Администраторът (или някой, който не се занимава с процеса на набиране и подбор) прави копия на документите за кандидатстване за всеки член на екипа за подбор.

Критериите, посочени в изискванията към кандидата са средствата, чрез които се изготвя списъка за предварителен подбор. За да се осигури равнопоставеност за всички кандидати, тези, които надвишават минималните изисквания за работа не трябва да се предпочитат още на този ранен етап. Използването на системата за подпомагане вземането на решения дава възможност за вземане на правилно решение дори ако на изискванията отговарят по-голям брой кандидати, отколкото са необходими за създаване на кратък списък.

4.3.2.7. Тестове и интервю

Обикновено се използва комбинация от инструменти за подбор, като презентации, писмени доклади, практически тестове на задачи (например, тест за текстообработка за бързина и точност), интервюта, психометрични тестове и др. Целта е да се изберат техники, които са свързани с работата и бизнес целите на организацията. Необходимо е всички използвани инструменти да бъдат утвърдени и постоянно преразглеждани, за да се гарантира тяхната справедливост и надеждност.

Тестове

Изборът на тестове може да бъде полезно за предоставяне на допълнителна информация, на която да се основа решението. Той ще даде възможност на членовете на експертния екип да анализират отново критериите за подбор и рационално да изберат тестовете, които ще дадат най-обективни резултати. **Експертите и лицата вземащи решение ще бъдат стимулирани да изберат подходящи тестове и поради факта, че резултатите от тестовете ще бъдат**

обработвани от системата за подпомагане вземане на решение. Тези експерти осъзнават, че един неподходящ тест би дал грешни и недостоверни резултати, които ще попречат на вземането на правилното решение.

Тестовите могат да показват дали кандидатът притежава необходимите умения, способности или наклонности, както и да определят дали кандидатът има интерес към работата. Професионалните тестове се използват редовно и са основен инструмент за вземане на решения за подбор, но те крият и потенциални опасности. Неправилното им използване или погрешно тълкуване може да има сериозни последици, ако кандидатът бъде избран погрешно. Ето защо тестовите трябва да се прилагат и тълкуват само от лица официално обучени в използването им. Те трябва да бъдат използвани като полезен инструмент, но не самостоятелно, а заедно с поне едно интервю.

При използването на система за подпомагане вземането на решения е необходимо да се вземе предвид относителната важност на всеки от тестовите и да се съпостави с вида и броя интервюта. След задаване на теглата на съответните критерии, които се измерват чрез съответните тестове и интервюта, резултати от тях се въвеждат в суров вид в системата. **Самата система нормализира и подрежда резултатите за всеки критерий като по този начин улеснява оценяването на кандидатите и спестява на екипа усилия по преизчисляване и сравняване на резултатите.**

I. Психометрични тестове

Психометричните тестове се използват за измерване на способностите и личностните характеристики. Те обещава справедливо третиране на всички кандидати, защото са стандартизирани, извършват в съответствие с определени процедури и се оценяват обективно. Изследванията показва, че те могат да бъдат по-справедливи и по-малко субективни в сравнение с други инструменти за подбор, например неструктурираните интервюта.

Психологическите или психометрични тестове могат да бъдат разделени на два основни типа:

- **Първият тип** оценява способностите на човека, като измерва

максималната ефективност и колко бързо някой може да изпълни определена задача или нивото на сложност, с което могат да се справят със заявените от тях умения.

- **Вторият тип** е оценка на личността, която е мярка за типична ефективност. Той разглежда личните предпочитания като средство за определяне на това, какъв тип характер е някой и какво държание може да се очаква в дадена ситуация.

И двата вида тестове се основават на предположението, че способностите и чертите на личността са измерими.

II. Тестове за способности и наклонности

Тестовете за способности изследват това, което дадено лице вече може да прави. Тестовете за наклонности оценяват потенциала за бъдещото обучение.

III. Оценка на личността

Обикновено оценката на личността е под формата на въпросници, в които кандидатите трябва да изразят своите предпочитания. Тази форма на оценяване може да бъде обща оценка на личността или такава, която се съсредоточава върху определен елементи, например креативност и иновативност.

От съществено значение е тестовете да се използват правилно, за да се измерят точно способностите, наклонностите, знания или уменията на кандидата. Съответно персоналът, който контролира теста, трябва да е получил професионално обучение за администриране и оценяване на тестове.

Интервю

Преди интервюто, експертният екип и лицата взимащи решение следва да изготвят списък с въпроси за проверка на степента, до която кандидатите отговарят на критериите.

Членове на експертния екип следва да се споразумеят за областите, върху които всеки от тях ще се съсредоточи. Това обаче не означава, че другите членове на екипа не могат да участват в оценяването извън рамките на своята тематична област.

Използването на система за подпомагане взимането на решения е особено подходящо за обработката на такъв тип оценки, тъй като позволява различните експерти да дадат различна тежест на критериите, например, ако оценяват критерий, който не е в тяхната област на компетенция, е логично да дадат по-малка тежест на съответния критерий и обратно.

Експертният екип следва да планира въпроси за интервю свързани с изискванията към кандидата и длъжностната характеристика. Те трябва да са еднакви за всички кандидати.

Избор

Изискванията към кандидата са основа за вземане на решение. При въвеждане в системата на правилната изходна информация, тя гарантира, че избраният кандидат ще бъде този, който отговаря в най-голяма степен на изискванията на възможно най-големия брой ЛВР-та.

4.3.2.8. Пример за използване на СПГВР за подбор

По-долу е представен пример за използване на системата за подбор на **Главен вътрешен одитор** в отдела Вътрешен одит на **водеща фармацевтична компания**. В разработването на примера са включени всички релевантни етапи от процедурата за подбор.

I. Длъжностната характеристика: Главен вътрешен одитор

Основни задължения:

- Контролира дейността на екип от професионалисти, свързана с:
- Идентифициране, оценка и управление на съществени рискове;
- Установяване на контрол върху ефективността на процесите и създаване на предпоставки за тяхното усъвършенстване;
- Преглед на системите за вътрешен контрол. Конструирание на контроли и проверка на ефективността им.

Ключови дейности:

- Анализира сложни данни;
- Изготвя одитни доклади и препоръки за това как може да бъде

- подобрана системата за одит;
- Контролира членовете на екипа;
- Отговаря на сложни, ескалирани запитвания;
- Проверява работата на своите подчинени, за да се гарантира, че одитът на проекта се осъществява надеждно и ефективно и че препоръките в докладите на одита са точни и навременни.
- Приоритизира и възлага задачи, за да се гарантира, че ресурсите на екипа се използват ефективно и че работните графици и цели се изпълняват.

II. Създаване на екип от експерти и лица вземащи решения за подбор на служител за съответната длъжност

Предвид на важността на позицията за цялостната дейност на компанията, в подбора на служител за тази позиция участват следните служители на компанията в роля на лица вземащи решение/експерти:

- Изпълнителен директор
- Финансов директор
- Служители от отдел "Вътрешен одит" (за настоящите цели това са всички работещи в отдела, т.е. трима вътрешни одитори)
- Специалист "Човешки ресурси"

III. Изготвяне на изисквания към кандидата/критерии за подбор

Изискванията, до които са достигнали лицата вземащи решение, като са взели предвид компетентностния модел на компанията, са:

1. Висше образование в областта на финансите, счетоводство и контрол
2. Минимум една година опит във вътрешен одит
3. Лоялност и отговорност
4. Аналитични умения
5. Увереност и ефективност
6. Креативност и инициатива
7. Умение за работа в екип

8. Съвместимост с екипа
9. Владеене на английски език, устно и писмено
10. Компютърни умения (MS Office)

Съответствието на кандидатите с тези изисквания ще бъде проверено със съответните тестове и интервюта. За да се получи реална картина за кандидата, някои от изискванията ще бъдат оценени с тест и интервю. В практиката, обикновено интервюто има същата важност като теста, проверяващ съответното изискване. За целите на този пример, в случаите, в които критерият се оценява с тест и интервю, те ще имат равен дял във формирането на окончателната оценка (всеки по 50%), като за целите на примера ще използваме една предварително обобщена оценка за всеки критерий.

Критериите за подбор ще бъдат въведени в системата за подпомагане вземане на решения със следните параметри:

Код	Критерий	Инструмент за оценяване	Тип критерий (качествен/количествен)	Мярка	Норма (максимум/минимум)
ВО	Висше образование в областта на финансите, счетоводство и контрол	Документи	Количествен	Образователна степен	максимум
О	Минимум една година опит във вътрешен одит	Документи	Количествен	Година	максимум
ЛО	Лоялност и отговорност	Тест и интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
АУ	Аналитични умения	Тест и интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
У	Увереност	Тест и интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
КИ	Креативност и инициатива	Тест и интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
УРЕ	Умение за работа в екип	Тест и интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
СЕ	Съвместимост с екипа	Интервю	Качествен	9-точкова скала	максимум
АЕ	Владеене на английски език, устно и писмено	Тест и интервю	Количествен	Ниво по Общата европейска рамка	максимум
КУ	Компютърни умения (MS Office)	Практически тест	Количествен	%	максимум

Таблица 4.4. Критерии за подбор и техните параметри

IV. Определяне на важността на критериите за подбор за всеки член на екипа

Всеки от експертите определя кои от критериите ще използва при своя избор и им задава тегла. Теглата и техните стойности са следните: "изключително важно" - 6, "много важно" - 5, "средно важно" - 4, "важно" - 3, "не много важно" - 2, "маловажно" - 1, "никак важно" - 0.

Експерт	Критерии на експерта															
	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло	Код	Тегло
Изпълнителен директор	ЛО	6	У	3	УРЕ	4	АЕ	5								
Финансов директор	ВО	6	О	6	АУ	6	У	1	АЕ	3	УРЕ	5	КУ	5		
Служител № 1	ЛО	3	АУ	4	КУ	6	СЕ	4	АЕ	2	КИ	5				
Служител № 2	ЛО	5	АУ	5	КУ	5	СЕ	5	АЕ	1	КИ	4				
Служител № 3	ЛО	5	АУ	3	КУ	2	СЕ	6	АЕ	4	О	4				
Специалист "Човешки ресурси"	ВО	5	ЛО	6	КУ	4	СЕ	6	АЕ	4	УРЕ	6	О	4	У	5

Таблица 4.5: Критерии, според които всеки от експертите взема решение и техните тегла, зададени от всеки от експертите

Легенда: ВО - Висше образование в областта на финансите, счетоводство и контрол; О - Минимум една година опит във вътрешен одит; ЛО – Лоялност и отговорност; АУ - Аналитични умения; У – Увереност; КИ - Креативност и инициатива; УРЕ - Умение за работа в екип; СЕ - Съвместимост с екипа; АЕ - Владее на английски език; КУ - Компютърни умения

След този етап вакантното място е обявено в съответните комуникационни канали. Получените документи на кандидатите се разглеждат от специалиста Човешки ресурси и кандидатите, които не отговарят на "твърдите" изисквания (образование и опит) се отстраняват. Останалите кандидати са поканени за участие в тестове и интервюта. След провеждането на съответните инструменти за оценяване на кандидатите техните резултати се въвеждат в системата за обработка.

В настоящия пример кандидатите, които са допуснати до тестове и интервю са 22-ама. Техните резултати са показани в таблицата по-долу.

№	Критерии Кандидати	ВО	О	ЛО	АУ	У	КИ	УРЕ	СЕ	АЕ	КУ
1.	Лилия Иванова Стоянова	6	2	6	8	8	6	6	8	8	80%
2.	Анелия Маринова Петрова	5	4	9	9	7	7	8	8	3	90%

3.	Дорина Атанасова Николова	5	5	9	8	6	5	8	9	2	75%
4.	Гергана Антонова Василева	5	1	6	4	8	6	7	6	8	65%
5.	Иван Маринов Александров	5	2	8	6	7	8	7	5	3	85%
6.	Грация Валериева Иванова	5	1.5	8	8	9	8	6	4	8	80%
7.	Галина Петрова Пеева	5	1.5	9	9	7	7	8	8	10	100%
8.	Пенка Савова Манева	5	1	4	6	9	6	4	3	10	75%
9.	Петър Димитров Венков	5	3	8	8	7	5	6	7	8	75%
10.	Олга Стефанова Борисова	9	2	7	9	8	9	5	4	5	70%
11.	Даниел Владимиров Минков	5	5	8	8	9	6	6	5	5	80%
12.	Стефка Пенкова Андреева	5	6	7	6	9	4	7	6	3	65%
13.	Георги Иванов Георгиев	5	2	7	6	7	6	4	5	2	50%
14.	Димитър Дончев Дончев	5	3	8	9	8	7	7	5	8	95%
15.	Людмила Илиева Пенева	5	4	9	9	8	7	7	4	8	100%
16.	Емил Димитров Кръстев	5	2	8	6	9	5	4	3	8	90%
17.	Милка Стефанова Колева	5	6	9	8	9	8	8	7	3	60%
18.	Невена Йорданова Спасова	5	2	9	7	8	9	9	7	5	80%
19.	Стефка Петрова Керемидчиева	5	3	9	6	9	7	8	9	5	75%
20.	Йордан Стефанов Йорданов	5	3	7	6	9	6	9	8	8	70%
21.	Камен Василев Дянков	5	5	8	9	8	9	8	9	5	100%
22.	Васил Стоянов Герасимов	5	4	8	9	7	8	7	8	10	100%

Таблица 4.6

Легенда: **ВО** - Висше образование в областта на финансите, счетоводство и контрол (Образователна степен: бакалавър 1; магистър – 5; доктор – 9; допълнителни сертификати – + (1 точка); **О** - Минимум една година опит във вътрешен одит (Години - брой); **ЛО** – Лоялност и отговорност (9-точкова скала: 9 - 1); **АУ** - Аналитични умения (9-точкова скала: 9 - 1); **У** – Увереност (9-точкова скала: 9 - 1); **КИ** - Креативност и инициатива (9-точкова скала: 9 - 1); **УРЕ** - Умение за работа в екип (9-точкова скала: 9 - 1); **СЕ** - Съвместимост с екипа (9-точкова скала: 9 - 1); **АЕ** - Владее на английски език (A1 – 1; A2 – 2; B1 – 3; B2 – 5; C1 – 8; C2 – 10) ; **КУ** - Компютърни умения (Проценти)

4.3.2.9. Решение

За решаване на задачата са използвани метод BIMBeel и Borda score за агрегиране на резултатите.

Първа итерация

Следните алтернативи са доминирани в задачите на кореспондентните ЛВР:

Служител 1: Лилия Стоянова, Анелия Петрова, Дорина Николова, Гергана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Галина Пеева, Пенка Манева, Петър Венков, Даниел Минков, Стефка Андреева, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Емил Кръстев, Стефка Керемедчиева, Йордан Йорданов, Васил Герасимов

Служител 2: Анелия Петрова, Гергана Василева, Иван Александров, Петър Венков, Олга Борисова, Стефка Андреева, Георги Георгиев, Васил Герасимов

Служител 3: Лилия Стоянова, Гергана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Пенка Манева, Петър Венков, Олга Борисова, Даниел Минков, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Емил Кръстев, Йордан Йорданов

Финансов директор: Анелия Петрова, Дорина Николова, Гертана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Пенка Манева, Петър Венков, Даниел Минков, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Людмила Пенева, Емил Кръстев, Стефка Керемедчиева

Човешки ресурси: Гертана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Пенка Манева, Петър Венков, Даниел Минков, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Емил Кръстев

Изпълнителен директор: Лилия Стоянова, Анелия Петрова, Дорина Николова, Гертана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Пенка Манева, Петър Венков, Олга Борисова, Даниел Минков, Стефка Андреева, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Людмила Пенева, Емил Кръстев, Милка Колева, Стефка Керемедчиева, Камен Дянков

Отпадат алтернативи с индекси: 13, 8, 4, 12, 16

Втора итерация

Служител 1: избира метод СВІМ, отправна алтернатива Олга Борисова, избира подобрение в аналитични умения, невлашаване на креативност за сметка на влашаване на английски и на компютърни умения с не повече от 2 единици, текущо предпочетена алтернатива милка колева

Служител 2: отправна Анелия Петрова, невлашаване на лоялност, аналитичност, компютърни умения, подобряване на креативност, за сметка на влашаване на съвместимост с екипа с не повече от 2, текущо предпочетена Галина Пеева

Служител 3: отправна Милка Колева, невлашаване на лоялност, съвместимост с екипа, подобряване на английски за сметка на влашаване на аналитичност с не повече от 1, текущо предпочетена Галина Пеева

Финансов директор: отправна Олга Борисова, подобряване на умения за работа в екип, опит, не влашаване на аналитични умения, влашаване на университетско образование, текущо предпочетена алтернатива Камен Дянков

Човешки ресурси: отправна Олга Борисова, търси подобрение на умения за работа в екип и съвместимост с екипа, текущо предпочетен Йордан Йорданов

Изпълнителен директор: отправна Анелия Петрова, подобряване на английски,

невлошаване на лоялност, текущо предпочетена Галина Пеева

Отпадат алтернативи с индекси: 15, 9, 8, 17, 7

Трета итерация

Служител 1: отправна Лилия Стоянова, подобряване на креативност, аналитични умения и компютърни умения, влошаване на английски и на лоялност с не повече от 1, текущо предпочетена Камен Дянков

Служител 2: отправна Анелия Петрова, подобряване на креативност, не влошаване на лоялност, аналитични умения, съвместимост с екипа, компютърни умения, текущо предпочетена Галина Пеева

Служител 3: отправна Милка Колева, влошаване на опит и аналитичност с не повече от 2, неvloшаване на съвместимост с екипа, подобряване английски, влошаване на лоялност с не повече от 2, текущо предпочетена Камен Дянков

Финансов директор: отправна Лилия Стоянова, подобряване на опит, влошаване на образование с не повече от 1 и влошаване на аналитични умения с не повече от 2, текущо предпочетена Милка Колева

Човешки ресурси: отправна Лилия Стоянова, подобряване на лоялност, неvloшаване на работа в екип и съвместимост с екипа, текущо предпочетена Анелия Петрова (Дорина Николова, Галина Пеева и Стефка Керемедчиева със същия резултат)

Изпълнителен директор: отправна Анелия Петрова, подобряване на английски с влошаване на лоялност с не повече от 3, текущо предпочетена Галина Пеева

Отпадат алтернативи с индекси: 10, 5, 11, 4, 9

Четвърта итерация

Служител 1: отправна Лилия Стоянова, подобряване на креативност, неvloшаване на компютърни умения, текущо предпочетена Анелия Петрова (Галина Пеева, Людмила Пенева със същия резултат)

Служител 2: отправна Анелия Петрова, подобряване на английски, неvloшаване на креативност, лоялност и аналитичност, текущо предпочетена Галина Пеева

Служител 3: текущо предпочетена Дорина Николова, подобряване на английски,

невлошаване на лоялност и влошаване на съвместимост с екипа с не повече от 2, текущо предпочетена Галина Пеева

Финансов директор: отправна Лилия Стоянова, подобряване на опит, неvloшаване на аналитични умения и умения за работа в екип, влошаване на образование с не повече от 1, текущо предпочетена Дорина Николова (Камен Дянков със същия резултат)

Човешки ресурси: отправна Лилия Стоянова, подобряване на увереност и умения за работа в екип, неvloшаване на лоялност и съвместимост с екипа, текущо предпочетен Камен Дянков

Изпълнителен директор: отправна Анелия Петрова, подобряване на английски език, влошаване на лоялност с макс. Стойност 2, текущо предпочетена Галина Пеева

Отпадат алтернативи с индекси: 3, 5, 1, 7, 6

Пета итерация

Служител 1: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Анелия Петрова

Служител 2: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Галина Пеева

Служител 3: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Галина Пеева

Финансов директор: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Галина Пеева

Човешки ресурси: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Галина Пеева

Изпълнителен директор: метод PROMETHEE, текущо предпочетена Галина Пеева

Окончателен избор: Галина Пеева

4.3.3. Експеримент 3 – Избор на технология за екологичното строителство за строеж на еко-селище

4.3.3.1. Въведение

Зеленото или алтернативно строителство цели увеличаване на ефективността на използване на ресурсите – енергия, вода и материали, като при това се намалява вредното влияние върху човешкото здраве и околната среда по време на целия жизнен цикъл на сградите. За осъществяването на тези цели се търсят по-добро местоположение, дизайн, конструкция, поддръжка и премахване на сградите. Максимална енергийна ефективност и минимално въздействие върху околната среда и ландшафта се постига при създаване на еко-селища, построени чрез устойчиви технологии.

В България е отчетена ниска енергийна ефективност при строителството, особено при сгради, строени преди 1989 г. По данни на Йейлския университет, България се нарежда на 56-то място в света по енергийна ефективност за 2008 г. [<http://epi.yale.edu/Bulgaria>]. Повишаването на енергийната ефективност ще доведе до:

- (1) намаляване на отрицателния ефект от повишаване на цените на енергиите върху крайните потребители и подобряване комфорта на живот на домакинствата;
- (2) създаване на нови пазарни възможности за търговци на енергийно ефективни съоръжения, разкриване на нови работни места;
- (3) постигане на устойчиво развитие [www.mee.government.bg].

Целта на настоящия експеримент [Andonov, Vassileva, 2010] е да се разработи модел за спомагане на участниците - заинтересовани страни в процеса на изграждане на устойчиви жилища/еко селище при избора на най-подходяща технология за строителство за техните нужди и цели с помощта на системата за подпомагане вземането на решения Group Multichoice.

При разработването на проекти за устойчиво строителство на сгради изборът не се ограничава между традиционно строителство (стоманобетон с

тухли) с използване на технологии за енергийна ефективност и един вид алтернативно строителство (с използване на дървени конструкции, например). Съществуват многобройни варианти за алтернативно строителство, които, както и традиционното, отговарят в различна степен на нуждите и критериите на заинтересованите страни – инвеститори, архитекти, общинска администрация, живущи, широката общественост. Така, в проекта участват повече от едно лице, вземащо решение (ЛВР) и гледните точки към проблема са няколко. Тези участници имат различни критерии, които в някои случаи представляват противоречащи си цели.

4.3.3.2. Описание

По същество задачата се състои в това да се намери най-подходящата технология за строителство измежду списък с възможни такива, оценявайки алтернативите по набор от (противоречиви) характеристики, значими за модела. Това определя задачата като дискретна многокритериална. Участниците в процеса на вземане на решение са няколко, което налага използването на метод за подпомагане на груповото вземане на решение.

4.3.3.3. Алтернативи

За създаването на множеството от алтернативи са разгледани както традиционни, така и алтернативни методи на строителство.

Алтернативни методи на строителство, разгледани в модела

Номер	Описание	Име
1	стоманобетонна къща с тухли	concrbrick
2	европейски тип сглобяема къща дървена	european
3	финландски тип дървена къща	finnish
4	стоманобетонна подземна	underconcr
5	дървено-глинена	woodcley
6	дървено-сламена	woodstraw
7	каменна зидария	stone
8	рециклирани гуми и пръст	earthtires

Таблица 4.7.

4.3.3.4. Участници

Участниците или заинтересованите страни в задачата за избор на технология за строителство на еко-селище са основно три – потенциални потребители, инвеститор и общинска управа.

За целите на настоящия проект бяха интервюирани потенциален купувач и архитект (представител на инвеститор). За гледната точка на общинските власти са използвани следните документи: *Първи национален план за действие по енергийна ефективност 2008 – 2010 г.* и *Директива 2006/32/ЕО на Европейския парламент и на Съвета*. Тяхната роля бе определяне на теглата на отделните критерии, т.е. тяхната субективна преценка за важността на всеки от значимите за критериите при вземане на решение.

4.3.3.5. Критерии

Критериите, по които се оценяват алтернативите варират между различните страни. Стойностите на критериите по отношение на алтернативите са определени на база на средни пазарни цени към 1.09.2009 г. и консултация с експерт-еколог.

Критерии, ползвани от потенциалните клиенти

№	име	описание	мин/макс	тип
1	price	продажна цена	мин.	количествен
2	maintain	цена на поддръжка на конструкцията	мин.	количествен
3	efficiency	енергийна ефективност	мин.	количествен
4	ecoimpact	влияние върху околната среда	мин.	качествен
5	landshaftimp	Влияние върху ландшафта	мин.	качествен
6	meteo	податливост на метеорологични влияния	мин.	качествен
8	comfort	комфорт	макс.	качествен
9	light	осветеност	макс.	качествен
10	humidity	оптим. влажност	макс.	качествен
11	health	влияние върху човешкото здраве	макс.	качествен

Таблица 4.8.

Критерии, ползвани от инвеститора

№	име	описание	мин/макс	тип
1	laborforce	брой работна ръка	мин.	количествен
2	constrcost	цена на строителство	мин.	количествен
3	price	продажна цена	макс.	количествен
4	edu	разходи по обучение на кадрите	мин.	количествен
5	materials	разходи за материали	мин.	количествен
6	health	влияние върху човешкото здраве	макс.	качествен
7	comfort	комфорт	макс.	качествен
8	safety	Безопасност за здравето на работниците	мин.	качествен

Таблица 4.9.

Критерии, ползвани от общинските власти

№	име	описание	мин/макс	тип
1	ecoimpact	влияние върху околната среда	мин.	качествен
2	landshaftimp	влияние върху ландшафта	мин.	качествен
3	laborforce	брой работна ръка	макс.	количествен
4	roads	влияние върху пътната инфраструктура	мин.	качествен
5	waste	обем строителни отпадъци	мин.	количествен
6	efficiency	енергийна ефективност	макс.	качествен
7	publicity	публичност	макс.	качествен

Таблица 4.10.

4.3.3.6. Стойности на алтернативи по критерии

Стойности на потенциални клиенти

Алт.	price	maintain	efficiency	Eco impact	Landshaft impact	meteo	comfort	light	humidity	health
1	1500	80	лошо	Същ. лошо	мн. лошо	лошо	лошо	добро	Изкл. лошо	Същ. лошо
2	680	40	Мн.	добро	мн.	мн.	Същ.	добро	добро	мн.

			добро		добро	добр о	добро	о		добр о
3	655	20	мн. добро	добро	Същ. добро	Същ. добр о	Същ. добро	добр о	мн. добро	Същ. добр о
4	625	10	Изкл. добро	добро	Изкл. добро	Изкл. добр о	Същ. добро	Изкл. добр о	мн. добро	добр о
5	940	40	Същ. добро	Същ. добро	Същ. добро	същ. добр о	Изкл. добро	добр о	Изкл. добро	Изкл. добр о
6	700	50	Същ. добро	мн. добро	Същ. добро	средн о	Изкл. добро	добр о	Изкл. добро	Изкл. добр о
7	1875	40	средно	средн о	добро	мн. добр о	мн. добро	лошо	средно	добр о
8	375	40	Изкл. добро	Изкл. добро	Изкл. добро	Същ. добр о	Изкл. добро	Изкл. добр о	Изкл. добро	Същ. добр о

Таблица 4.11.

Стойности на инвеститори

Алт.	laborforce	constrcost	price	edu	materials	health	comfort	safety
1	10	600	1300	0	260	същ. лошо	лошо	мн. лошо
2	6	272	680	0	120	мн. добро	същ. добро	мн. добро
3	6	262	655	0	110	същ. добро	същ. добро	мн. добро
4	5	250	635	0	180	добро	същ. добро	средно
5	4	375	750	300	170	изкл.добро	изкл. добро	изкл. добро
6	4	280	500	300	140	изкл. добро	изкл. добро	изкл. добро
7	10	750	1875	0	150	добро	мн. добро	добро
8	4	150	375	450	50	същ. добро	изкл. добро	средно

Таблица 4.12

Стойности на общински власти

Алт.	Eco impact	landshaftimp	laborforce	roads	waste	efficiency	publicity
1	лошо	Същ. лошо	10	лошо	1.5	лошо	средно
2	добро	много добро	6	добро	0.3	мн. добро	мн. добро
3	добро	Същ. добро	6	добро	0.2	мн. добро	Същ. добро
4	добро	Изкл. добро	5	лошо	0.5	Изкл. добро	Изкл. добро
5	Същ. добро	Същ. добро	4	Същ. добро	0.2	Същ. добро	Същ. добро
6	много добро	Същ. добро	4	Същ. добро	0.2	Същ. добро	мн. добро
7	средно	добро	10	лошо	0.5	средно	добро
8	Изкл. добро	Изкл. добро	4	Същ. добро	0	Изкл. добро	Същ. добро

Таблица 4.13

4.3.3.7. Резултати

След въвеждане на данните бе определен методът за индивидуално решаване - АНР. Основната причина за този избор бе, че участниците нямат опит с приложената методология, а предпочитанията при този метод се сравнително лесни за възприемане и въвеждане, както и самият принцип – тегловен – е лесно разбираем, което прави участниците по-уверени в получения чрез него резултат.

За групов метод е определен GCBIM-NN, чието основно достоинство е идентифицирането на конфликтни алтернативи, ако има такива.

Както е видно от таблица 4.14, и трите страни въпреки различните критерии и предпочитания, достигат още на начална итерация до резултати, в които първа позиция заема строителството чрез пресована пръст и рециклирани гуми. Използването на интерактивен метод за подпомагане на груповото вземане

на решение позволява прекъсването на процеса на всяка стъпка и обявяването на текущо предпочетената алтернатива за победител при съгласие на всички участници. В конкретният случай още на първа итерация се достига да решение, удовлетворяващо всички участници, с което процесът приключва.

Подредби на алтернативите на участниците на първа итерация

позиция	клиенти	инвеститор	община
1	earthtires	earthtires	earthtires
2	woodcley	finnish	woodcley
3	finnish	woodstraw	woodstraw
4	woodstraw	european	underconcr
5	underconcr	woodcley	finnish
6	european	underconcr	european
7	stone	stone	stone
8	concbrick	concbrick	concbrick

Таблица 4.14.

4.3.3.8. Заключение

В заключение може да се отбележи, че използваната методология намира приложение за въвеждане и популяризиране на съвременните устойчиви технологии в строителството, които са неоснователно пренебрегвани от обществеността в България, въпреки доказаните им достойнства, поради липсата на достатъчно информация за тях, както и недостатъчната им престижност.

4.4. Анализ на резултатите от експериментите

Извършените експерименти показват, че въпреки намаленото натоварване на експертите в резултат на използването на интерактивен подход, предложените методи за групово вземане на решение дават резултати, които са консистентни както с примери от литературата (Експеримент 1), така и с интуитивната представа на участващите ЛВР за подходящо решение (Експеримент 2) и с неочакваното, но убедително решение при Експеримент 3. По отношение на

експеримент 2 алтернативите, които остават за разглеждане на последните стъпки не са доминирани в задачите на повечето или всички ЛВР. Принципът на работа на автоматичният избор на отправна алтернатива в СВІМ — да се избира алтернатива с най-висока стойност по първия критерий гарантира, че на никоя стъпка отправната алтернатива няма да е доминирана. Алтернативите, доминирани според повечето или всички ЛВР не стават текущо предпочетени на никоя итерация. Всички ЛВР започват с метод PROMETHEE II, защото на поранен етап са определили теглата на своите критерии, което предполага използването на метод с явно задаване на тегла, които в използваната система са аутранкиращите методи, а от тях PROMETHEE е по-лесно разбираем за ЛВР с малък опит. След първа итерация участващите в процеса ЛВР получават текущо предпочетена алтернатива с интерактивния метод СВІМ, поради интуитивността му и поради възможността фокусът на внимание да е насочен върху критериите, а не върху не-малкото множество от алтернативи. Необходимо е да се отбележи, че никой от участващите ЛВР не се е възползвал от възможността да определи за текущо предпочетена алтернативата, която не е ранкирана на първо място от СВІМ. На последна итерация остават неотпаднали само две алтернативи, което прави използването на интерактивен метод неподходящо. ЛВР се връщат към използването на PROMETHEE, за да установят коя от двете алтернативи отговаря в по-голяма степен на техните предпочитания. С изключение на първия служител (за когото алтернативата Галина Пеева е доминирана) всички единодушно избират една и съща алтернатива — Галина Пеева. Участниците в процеса на вземане на решение избират подходящ за техния случай групов метод, не изпитват затруднения при преминаването между различни методи за индивидуално решаване и достигат до крайно решение, което е разумен компромис за всички тях. При експеримент 3 е любопитно следното наблюдение — при убедително формулиране на критериите и тяхната относителна важност (за което спомага опростения интерфейс и възможността за комуникация), участниците се доверяват на получения резултат, въпреки че не са го очаквали и са предполагали по-голямо разногласие помежду си.

Заклучение и резюме на получените резултати

В разработения дисертационен труд е отразена литературна справка от български и английски автори и разработки. Резултатите от проучванията показват необходимостта от по-нататъшно развитие на теорията и методите за приложение на многокритериалния анализ за вземане на решения в групова среда.

Проведеното изследване се заключава в синтез на интерактивни методи и предложение на архитектури и схеми на алгоритми за вземане на решения в групова среда.

Получените резултати потвърждават необходимостта от разработване на методи на многокритериалния анализ, приложими при задачи с различен брой на алтернативи и критерии и улесняващи ЛВР при задачи с по-голям обем.

В резултат от извършените изследвания и работата по дисертационния труд са получени следните основни резултати от научно-приложен и приложен характер:

1. Обстойно са изследвани съществуващите методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ индивидуално и в групова среда и е предложена функционална класификация на методите за групово решаване.

2. Предложен е подход за решаване на задачи на многокритериалния анализ в групова среда, който е агностичен както към организационната структура, така и към използвания метод за индивидуално вземане на решения и в следствие на това разширява приложимостта на многокритериалния анализ като функция на размера на задачата и компетентността на ЛВР.

3. Разработени са пет интерактивни метода за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ, заедно със съответните им алгоритмични схеми. Описаните методи покриват голяма част от спектъра на възможните типове организационни структури – от групи без лидер с равноправни участници до групи с ясно изразена йерархия, в която експертите имат само консултативни функции и решенията се взимат еднолично. Предложените методи се основават

на агрегиране на подредбите, а не на предпочитанията, което увеличава тяхната приложимост, тъй като са независими от използвания индивидуален метод от участниците (който в случая може да бъде различен за различните участници).

4. Предложен е потребителски интерфейс на системи за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ, който повишава ползваемостта им и намалява обема на изискваните от потребителите априорни знания за да ползват такива системи и помага за осмислянето на етапите от процеса на вземане на решение, което е особено полезно при обучение.

5. Експериментално са доказани работоспособността и предимствата на предложените интерактивни методи чрез решаване на експериментални задачи, както и чрез прилагането им в учебно-изследователска среда за обучителни цели.

Публикации по дисертационния труд

Основните резултати по дисертацията са публикувани в:

1. Andonov, F. Vassileva, M. (2010) Using the group multichoice decision support system for solving sustainable building problems, New Trends in Information Technologies, Book 18, ISBN 978-954-16-0044-9, 2010, 74-77
2. Andonov, F. (2009) Solving discrete multicriteria optimization problems in group environment, Proceedings of International Conference on Software, Services & Semantic technologies, Sofia, 239-243
3. Андонов, Ф. (2009) Системата GROUP MKA-2 – средство за подпомагане на обучението в областта „вземане на решения“ Proceedings of the Thirty Eighth Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians, Borovetz, 224-231
4. Andonov F., Petrov G. (2008) Applications of the multicriteria method of decision-making for supporting the choice of corporate telecommunication solutions, 4th International workshop on computer science and education in computer science, 8-13
5. Vassilev V., Vassileva M., Staikov B., Genova K., Andonov F., Chongova P. (2007). MultiDecision-2: A Multicriteria Decision Support System. Proceedings of the 13th International Conference “Knowledge, Dialogue, Solution”, Varna, Bulgaria, 255-263.
6. Andonov, F. (2006) An Interactive Method for Group Decision Making, Problems of engineering cybernetics and robotics 57, 3-9.
7. Andonov, F. (2006) Software System Group MultiChoice, 2nd International workshop on computer science and education in computer science , 99-104
8. Vassilev, V., Genova, K., Vassileva, M., Staikov, B., Andonov, F. (2005A) MultiDecision-2.1: A Software System for Multicriteria Analysis and Optimization. In: Preliminary Proceedings of the 5th International Conference on Decision Support for Telecommunications and Information Society. Warsaw, Poland, 175-187.
9. Vassilev, V., Genova, K., Vassileva, M., Staykov, B., Andonov, F. (2005B). A

Software System for Multicriteria Analysis and Optimization. Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 55, 8-19

10. Genova, K., Vassilev, V., Andonov, F., Vassileva, M., (2004) A Multicriteria Analysis Decision Support System, International Conference on Computer Systems and Technologies – CompSysTech'2004, Rousse, Bulgaria, IIIA.10-1 -IIIA.10-6

Цитирания и рефериания

Статия 6 е цитирана в:

1. Indiramma M1 and Anandakumar K (2008), TCM: A Trust Computation Model for collaborative decision making in Multi-agent System , IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.8 No.11

Статия 2 е цитирана в:

2. “Интернет базирана ЕКГ пациентска мониторинг система”, д-р Г. Петров, доц. д-р П. Цветков, доц. д-р И.Богомилов, Метрология 2009, ISSN 1313-9126

Рефериания

1. International Conference on Computer Systems and Technologies-CompSysTech'2004 A Multicriteria Analysis Decision Support System by Krasimira Genova, Vassil Vassilev, Filip Andonov, Mariyana Vassileva, IIIA.10-1 -IIIA.10-6 е реферирана в <http://citeseerx.ist.psu.edu>

Научна новост и практическа полезност

Научната новост в дисертационния труд се състои в следното:

- Доразвиване на интерактивния подход в методите на многокритериалния анализ за вземане на решения в групова среда.
- Предложени са пет интерактивни метода за групово решаване на задачи на многокритериалния анализ, заедно със съответните им алгоритмични схеми. Описаните методи покриват голяма част от спектъра на възможните типове организационни структури – от групи без лидер с равноправни участници до групи с ясно изразена йерархия, в която експертите имат само консултативни функции и решенията се взимат еднолично.
- Предложените методи се основават на агрегиране на подредбите, а не на предпочитанията, което увеличава тяхната приложимост, тъй като са независими от използвания индивидуален метод от участниците (който в случая може да бъде различен за различните участници).

Научно-методическа и педагогическа полезност

Научно-методическата и педагогическа полезност се изразява както в достъпното и методически последователно изследване на многокритериалния анализ в групова среда, така и в приложимостта на предложените методи в учебни системи, подпомагащи вземането на решения. Широкият спектър на приложимост на предложените методи е особено подходящ при преподаване на изследване на операциите, вземане на решения и подобни, предоставяйки възможност една и съща задача да бъде решена с различни методи и да бъдат сравнени резултатите и самия процес на решение от обучаваните и така да предоставят по-дълбоко разбиране на принципния механизъм на работа на този клас методи.

Декларация за оригиналност на резултатите

Декларирам, че настоящата дисертация съдържа оригинални резултати, получени при проведени от мен научни изследвания (с подкрепата и съдействието на научния ми ръководител). Резултатите, които са получени, описани и/или публикувани от други учени, са надлежно и подробно цитирани в библиографията.

Настоящата дисертация не е прилагана за придобиване на научна степен в друго висше училище, университет или научен институт.

Подпис:

Участия в проекти

- Интерактивни алгоритми и програмни системи за подпомагане вземането на решения при много критерии. Договор с Министерството на образованието и науката. 2004-2006.
- Системи за оптимизация и за подпомагане вземането на многокритериални решения. Договор с Институт по информационни технологии - БАН. 2004-2005.
- Системи за подпомагане вземането на многокритериални решения. Договор с Институт по информационни технологии - БАН. 2001-2003.
- Подпомагане вземането на многокритериални решения-Хелзински икономически университет-Финландия, Институт по информационни технологии-БАН, 2002-2004
- Система за подпомагане вземането на управленски решения, Договор с Агенция "РСИКТ", 2003-2004.
- Програмна система за подпомагане решаването на линейни непрекъснати многокритериални задачи за вземане на решения. Договор с Агенция "РСИКТ", 2004.

Разработени програмни системи

MOLIP, МКО-1 – програмни системи за многокритериална оптимизация;
MultiChoice, МКА-1, МКА-2 – програмни системи за многокритериален анализ;

LIOP-1 – програмна система за линейна и линейна целочислена оптимизация.

Списък на използваните съкращения

ЛВР	лице, вземащо решение
(СЛВР)	Супер ЛВР
АНР	Analytic Hierarchical Process
МКА	многокритериален анализ
МКВР	многокритериалното вземане на решения
МКО	многокритериална оптимизация
МПГВР	методите, подпомагащи груповото вземане на решения
МСПВР	многокритериалните системи за подпомагане вземането на решения
СПВР	системи, подпомагащи вземането на решения
СПГВР	Системите, подпомагащи груповото вземане на решения
СПГРЗМА	Системите, подпомагащи груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ
СПГРЗМКА	системи, подпомагащи груповото решаване на задачи на многокритериалната оптимизация
СППВР	персонални СПВР
СПРЗМА	Системи за подпомагане решаването на задачи на многокритериалния анализ
СПРЗМО	Системи за подпомагане решаването на задачи на многокритериалната оптимизация

Библиография

1. Aiken, M. W. and J. S. Martin. Using a group decision support system for mathematics problem solving. Math. Comput. Educ. 29, 3, 1995, 232-235.
2. Andonov, F. Vassileva, M. Using the group multichoice decision support system for solving sustainable building problems, New Trends in Information Technologies, Book 18, ISBN 978-954-16-0044-9, 2010, 74-77
3. Andonov, F. Solving discrete multicriteria optimization problems in group environment, Proceedings of International Conference on Software, Services & Semantic technologies, Sofia, 2009A, 239-243
4. Andonov, F. Interactive methods for group decision making, Proceedings of the 15th International Conference "Knowledge, Dialogue, Solution", Varna, Bulgaria, 2009B, 25-30,
5. Андонов, Ф. Системата GROUP МКА-2 – средство за подпомагане на обучението в областта „вземане на решения“ Proceedings of the Thirty Eighth Spring Conference of the Union of Bulgarian Mathematicians, Borovetz, 2009, 224-231
6. Andonov F. ,Petrov G. Applications of the multicriteria method of decision-making for supporting the choice of corporate telecommunication solutions, 4th International workshop on computer science and education in computer science, 2008, 8-13
7. Andonov, F. An Interactive Method for Group Decision Making, Problems of engineering cybernetics and robotics 57, 2006A, 3-9
8. Andonov, F. Software System Group MultiChoice, 2nd International workshop on computer science and education in computer science , 2006B, 99-104
9. Aiken, M. W., J. S. Martin, J. G. Paolillo and A. I. Shirani. A group decision support system for multilingual groups. Inf. Manage. 26, 3, 1994, 155-161.
10. Bana e Costa C.A.; Vansnick J-C, In Decision Making: Recent Developments and Worldwide Applications, S.H. Zanakis, G. Doukidis, C. Zapounidis (eds.), 2000, Kluwer Academic Publishers, Book Series: Applied Optimization, vol. 45, 317-329.

11. Bana e Costa C.A., De Corte J.M., Vansnick J.C. , “On the Mathematical Foundations of MACBETH”, in J. Figueira, S. Greco and M. Ehrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, 2005, 409-442.
12. Beekman, M., R. L. Fathke and T. D. Seeley. How does an informed minority of scouts guide a honey bee swarm as it flies to its new home? *Animal Behaviour*, 71, 2006, 161-171.
13. Belton, V. and J. Pictet. A framework for group decision using a MCDA model. Sharing, aggregating or comparing individual information? *Journal of decision systems* 6, 3, 1997, 283–303.
14. Besharati, B., S. Azarm and P. K. Kannan. A decision support system for product design selection: a generalized purchase modeling approach. *Decis. Support Syst.* 42, 1, 2006, 333-350.
15. Beuthe, M. and G. Scannella. Comparative analysis of UTA multicriteria methods, *European Journal of Operational Research*, 130, 2, 2001, 246–262.
16. Bigaret, S., Meyer, P., diviz: an MCDA workflow design, execution and sharing tool, *Newsletter of the EURO Working Group Multicriteria Aid for Decisions (MCDA)*, Series 3, Number 21, 10-13, spring 2010.
17. Bisdorff, R., Logical Foundation of Multicriteria Preference Aggregation. *Essay in Aiding Decisions with Multiple Criteria*, D. Bouyssou et al. (editors), Kluwer Academic Publishers, 2002, 379-403
18. Bisdorff, R., Meyer, P., Roubens, M., Rubis: a bipolar-valued outranking method for the best choice decision problem, *4OR*, 6 (2), 2008, 143-165
19. Bisdorff, R., Presentation of the DECISION-DECK Project; Distributed DECISION-DECK - D3; Presentation of the D2-Rubis plugin. In *Proceedings of Group Decision and Negotiation 2008*, J. Climaco, G. Kertsen and J.P. Costa (eds), INESC Coimbra 2008, 2008, 171-175
20. Bisdorff, R., The Decision Deck Project. *The Electronic Newsletter of the International Society of Multiple Criteria Decision Analysis*, Martin Josef Geiger (editor), Issue 2 (August) 2009, 20-23

21. Bisdorff, R. and Zam, M. Modern MCDA software: requirements and opportunities. Opinion Makers, in "The electronic newsletter of the EURO working group on Multiple Criteria Decision Aid", Spring 2011 edition, 1-3
22. Boiney, L. G. Reaping the benefits of information technology in organizations – a framework guiding appropriation of group support systems', *Journal of Applied Behavioral Science*, Vol. 34, No. 3, 1998, 327–346.
23. Bonczek, R. H., C. W. Holsapple and A. B. Whinston. *Foundations of Decision Support Systems*, New York, NY: Academic Press, 1981.
24. Bottani, E. and Rizzi, A., "A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services," *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 11(4), 2006, 294-308
25. Brams, Steven J., and Peter C. Fishburn. "Voting Procedures." In Kenneth Arrow, Amartya Sen, and Kotaro Suzumura (eds.), *Handbook of Social Choice and Welfare*. Amsterdam: Elsevier Science, 2002, 175-236.
26. Brans, J. and Mareschal, B. PROMETHEE methods. In Figueira, J., Greco, S., and Ehrgott, M., editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 2005, 163–196. Springer Verlag.
27. Brans, J. P. and B. Mareschal. How to Decide with PROMETHEE? ULB and VUB Brussels Free Universities. <http://www.visualdecision.com>, 2000.
28. Brans, J.P., C. Macharis and B. Mareschal. The GDSS PROMETHEE. Report STOOTW/277, Service de Mathematiques de la Gestion, Universite Libre de Bruxelles, 1997.
29. Camazine, S., P. K. Visscher, J. Finley and R. S. Vetter. House-hunting by honey bee swarms: collective decisions and individual behaviors. *Insectes Sociaux*, 46, 1999, 348-360.
30. Cheung, W., L. C. Leung and P. C. Tam. An intelligent decision support system for service network planning. *Decis. Support Syst.* 39, 3, 2005, 415-428.
31. Chong, P. P., Y. Chen and R. T. Justis. A PC-based decision support and expert system for labour market analysis. *J. Microcomput. Appl.* 15, 3, 1992, 253-266.
32. Conitzer, V., Davenport, A., and Kalagnanam, J. Improved Bounds for

Computing Kemeny Rankings. In Proceedings of the 21st National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-06), 2006, 620-626, Boston, MA, USA

33. Conitzer, V. and T. Sandholm, "Common Voting Rules as Maximum Likelihood Estimators" in Proceedings of the 21st Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-05), 2005, 145–152.

34. Cooper, W. H. and Gallupe, R. B. Some liberating effects of anonymous electronic brainstorming. *Small Group Research*, Vol. 29, No. 2, 1998, 147–178.

35. Csáki, P., T. Rapcsák, P. Turchányi and M. Vermes. Research and development for group decision aid in Hungary by WINGDSS, a Microsoft Windows based group decision support system. *Decision Support Systems*, 14, 1995, 205-21.

36. DeSanctis, G. and R. B. Gallupe. A Foundation for the Study of Group Decision Support Systems. *Management Science*, 33, 2, 1987, 589-609.

37. DeSanctis, G., J. R. Snyder and M. S. Poole. The meaning of the interface: a functional and holistic evaluation of a meeting software system. *Decision Support Systems*, The International Journal, 11, 4, 1994, 319 – 336.

38. Dias, L. C. and J. N. Climaco. Additive Aggregation with Variable Interdependent Parameters: The VIP Analysis Software. *Journal of Operational Research Society*, 51, 2000, 1070-1082.

39. Dias, L. C. and V. Mousseau. IRIS: A DSS for Multiple Criteria Sorting Problems. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12, 2003, 285-298.

40. Dyer, J. S. *Advances in Decision Analysis from Foundations to Applications*. Cambridge University Press, 2007, 489-514.

41. Ehtamo, H., M. Verkama and R. P. Hämäläinen. How to Select Fair Improving Directions in a Negotiation Model over Continuous Issues, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C. Applications and Reviews*, 29, 1, 1999, 26-33.

42. Ehtamo, H., E. Kettunen and R.P. Hämäläinen (2001). "Searching for Joint Gains in Multi-Party Negotiations". *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, No. 1, 54-69.

43. Facchinetti, G., I. Mannino, G. Mastroleo and S. Soriani. A fuzzy expert

approach for comparing alternative end uses for requalification of contaminated sites. In *Enhanced Methods in Computer Security, Biometric and Artificial intelligence Systems*, J. Pejaś and A. Piegat, Eds. Springer-Verlag, London, 2005, 255-265.

44. Figueira J., Greco S. and Ehrgott, M., *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Verlag, Boston, Dordrecht, London, 2005, 5-25.

45. Fishburn, P. C. Condorcet Social Choice Functions. *SIAM J. Appl. Math.* Vol. 33, No 3, 1977, 469-489.

46. Fjermestad, J. and S. R. Hiltz. An assessment of group support systems – experimental research: methodology and results. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 15, No. 3, 1999, 7–149.

47. Forman, E. and M. A. Selly. *Decision By Objectives: how to convince others that you are right*. World Scientific Publishings Co., Singapore, ISBN 981-02-4142-9, Chapter 9, 2002, p302.

48. Forman, E. and K. Peniwati. Aggregating individual judgements and priorities with the analytic hierarchy process. *Proceedings of the Fourth International Synoposium on the Analytic Hierarchy Process*. Vancouver, BC, July 12-15, 1996, 383-391

49. Gallupe, R. B., A. R. Dennis, W. H. Cooper, J. S. Valacich, L. M. Bastianutti and J. F. Nunamaker, Jr. Electronic brainstorming and group size. *Academy of Management Journal*, Vol. 35, No. 2, 1992, 350–369.

50. Genova, K., Vassilev, V., Andonov, F., Vassileva, M. A Multicriteria Analysis Decision Support System, *International Conference on Computer Systems and Technologies*, 2004, IIIA.10-1 -10-6

51. Ginevicius, R. Normalization of quantities of various dimensions, *Journal of Business Economics and Management* 9(1) 2008, 79-86.

52. Ginevicius, R.; Podvezko, V. Multicriteria graphical analytical evaluation of the financial state of construction enterprises, *Technological and Economic Development of Economy* 14(4), 2008 452-461.

53. Griffith, T. L., M. A. Fuller and G.B. Northcraft. Facilitator influence in

group support systems: intended and unintended effects', Information Systems Research, Vol. 9, No. 1, 1998, 20–36.

54. Hämäläinen, R. P. and R. Kalenius. Opinions - Online Platform for Global Participation, Voting, Surveys and Group Decisions, v. 1.0, Computer software. Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology, 1999. www.opinions.hut.fi or www.opinions-online.com

55. Hanne, T. and H. L. Trinkaus. knowCube for MCDM –Visual and Interactive Support for Multicriteria Decision Making, Published reports of the Fraunhofer ITWM, 50, 2003. www.itwm.fraunhofer.de/rd/presse/berichte

56. Harsanyi, J. C. Cardinal welfare, individualistic ethics and interpersonal comparisons of utility. Journal of Political Economy, 63, 1955, 309-321.

57. Hwang, C.-L. and M.-J. Lin. Group Decision Making under Multiple Criteria. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 281, ISBN 3-540-17177-0, Springer-Verlag, Berlin, 1987, p29.

58. Islei, G. and G. Lockett. Group Decision Making: Suppositions and Practice. Socio-Economic Planning Science, 25, 1991, 67-81.

59. Jaszkievicz, A. and R. Slowinski. The LBS-Discrete Interactive Procedure for Multiple Criteria Analysis of Decision Problems. Multicriteria Analysis (J. Climaco, Ed.), Springer-Verlag, Berlin, 1997, 320-330.

60. Jelassi, M. T. and A. Foroughi. Negotiation Support Systems: An Overview of Design Issues and Existing Software. Decision Support Systems, 5, 1989, 167-181.

61. Jelassi, M. T., G. E. Kersten and S. Zionts. An Introduction to Group Decision and Negotiation Support. C. A. Bana e Costa (ed.) Readings in Multiple Criteria Decision Aid, Springer-Verlag, Berlin, 1990, 537-568.

62. Keeney, R. L. A group preference axiomatization with cardinal utility. Management Science, 23, 1976, 140—145.

63. Keeney, R. L. and H. Raiffa. Decisions with multiple objectives. ISBN - 521 43883 7 Cambridge University Press, New York, 1993, chapter 3, p. 66.

64. Kersten, G. E., W. Michalkowski, S. Szpakowicz and Z. Koperczak.

Restructurable Representations of Negotiation. *Management Science* 37. 10, 1991, 1260 – 1290.

65. Kettunen, E. Interactive Methods for Group Decision and Negotiation Support. Helsinki University of Technology Systems Analysis Laboratory Licentiate thesis, 1999, 2-10.

66. Klein, M. R. and L. B. Methlie. Knowledge-based decision support systems with applications in business, ISBN 00471-95295-8 John & Sons, 1995, chapter 4.

67. Korhonen, P, Two Decision Support Systems for Continuous and Discrete Multiple Criteria Decision Making: VIG and VIMDA. In A. Lewandowski, P. Serafini, and M.G. Speranza, editors, *Methodology, Implementation and Applications of Decision Support Systems*, volume 320 of CISM Courses and Lectures, International Centre for Mechanical Sciences, 1991. Springer Verlag, Berlin.

68. Kuo, R. J., S. C. Chi and S. S. Kao. A decision support system for locating convenience store through fuzzy AHP. *Comput. Ind. Eng.* 37, 1-2, 1999, 323-326.

69. Lee, K., Huh, S. A model-solver integration framework for autonomous and intelligent model solution, *Decision Support Systems* 42 2006, 926 – 944

70. Leyva-Lopez, J. C. and E. Fernandez-Gonzalez. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. *European Journal of Operational Research*, 148, 2003, 14-27.

71. List, C. and R. Goodin, “Epistemic Democracy: Generalizing the Condorcet Jury Theorem,” *Journal of Political Philosophy*, 9(3), 200, 277–306.

72. Lotfi, V., T. J. Stewart and S. Zionts. An Aspiration-Level Interactive Model for Multiple Criteria Decision Making. *Computers and Operations Research*, 19, 1992, 671-681.

73. Lu. S. Y. and K. S. Fu. A sentence-to-sentence clustering procedure for pattern analysis. *IEEE Transactions on Systems. Man and Sybernetics*, 8, 1978, 381-289

74. LuisGarcia-Lapresta, J. Weighting Individual Opinions in Group

Decision Making. Modeling Decisions for Artificial Intelligence Vol. 4617, Springer-Verlag New York, 2007, p. 92.

75. Luxhøj, J. T. and T. P. Williams. Integrated decision support for aviation safety inspectors. *Finite Elem. Anal. Des.* 23, 2-4, 1996, 381-403.

76. Meyer, P., *Progressive Methods in Multiple Criteria Decision Analysis*, 4OR, 7 (2), 2009, 191-194, Springer.

77. McClean and Urken Borda, J.-C. de, 1784, "Mémoire sur les élections au scrutin par M. de Borda" in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* année 1781, Paris: l'Imprimerie Royale, 657–665; Translated in McClean and Urken 1995, 83–89.

78. Macharis, C., J. P. Brans and B. Mareschal. The GDSS PROMETHEE Procedure. *Journal of Decision Systems*, Vol. 7, 1998, 283-307.

79. Makowski, M. and A. P. Wierzbicki. *Modeling Knowledge: Model-Based Decision Support and Soft Computations*, APPLIED DECISION SUPPORT WITH SOFT COMPUTING, Springer-Verlag, 2003, 3-60.

80. McLean, I. E.J. Nanson, Social Choice and Electoral Reform' *Australian Journal of Political Science* 31(3), 1996, 369-85.

81. Mennecke, B. E. and J. S. Valacich. Information is what you make it: the influence of group history and computer support on information sharing, decision quality and member perceptions. *Journal of Management Information Systems*, Vol. 15, No. 2, 1998, 173–197

82. Saari, D. and Merlin, V., 'The Copeland Method. I. Relationships and the Dictionary'; *Economic Theory*; Vol. 8, No. L; 1996; 51-76.

83. Merlin, V. and Saari, D., "Copeland Method. II. Manipulation, Monotonicity, and Paradoxes"; *Journal of Economic Theory*; Vol. 72, No. 1; 1997; 148-172.

84. Meyer, M. Roubens, M., On the use of the Choquet Integral with fuzzy numbers in Multiple Criteria Decision Aiding, In *proc. of EUSFLAT-LFA 2005*, Barcelona, Spain, 6-9 September 2005, 210 - 215, 2005.

85. Miettinen, K. and M. Makela. Interactive Bundle – Based Method for Nondifferentiable Multiobjective Optimization: NIMBUS. *Optimization*, 34, 1995,

231-246.

86. Moribayashi, M. and C. Wu. A decision support system for capital budgeting and allocation. *Comput. Ind. Eng.* 19, 1-4, 1990, 524-528.

87. Moynihan, G. P., A. N. Kumar, G. D'Souza and W. G. Nichols. A decision support system for media planning. *Comput. Ind. Eng.* 29, 1-4, 1995, 383-386

88. Mustajoki, J. and R. P. Hämäläinen. Web-HIPRE: Global Decision Support by Value Tree and AHP Analysis. *INFOR*, 38, 2000, 208-220.

89. Narula, S. C., Vassilev, V., Genova K. and Vassileva, M. A Partition-Based Interactive Method to Solve Discrete Multicriteria Choice Problems. *Cybernetics and Information Technologies*, 2, 2003, 55-66.

90. Ngai, E. W. T. and Chan, E. W. C. "Evaluation of knowledge management tools using AHP," *Expert Systems with Applications*, Vol. 29, No. 4, November 2005, 889-899.

91. Nour, M. A. and D. C.-C. Yen. Group decision support systems; towards a conceptual foundation. *Information & Management*, 23, 1992, 55-64.

92. Parsons, J. Agland Decision Tool: A Multicriteria Decision Support System for Agricultural Property. In: *EMSs 2002, Integrated Assessment and Decision Support, Proceedings*, Vol. 3, 2002, 181-187. www.iemss.org/iemss2002

93. Payne, J., Wood, A. Individual Decision Making and Group Decision Processes. *Journal of Managerial Psychology*, 3(2), 2002, 94-101.

94. Peneva, V. and I. Popchev. Models for Weighted Aggregation of Fuzzy Relations to Multicriteria Decision Making Problems. *Cybernetics and Information Technologies*, Vol. 6, No 3, 2006a, 3-18.

95. Peneva, V. and I. Popchev. Multicriteria decision making based on fuzzy relations. *Cybernetics and Information Technologies* 8, 4, 2008, 3-12.

96. Qureshi, R. and F. Evans. Model Staff Recruitment & Selection Procedure, 2000. <http://www.paih.org>

97. Ramanathan, R. and L. S. Ganesh. Group Preferences Aggregation Method Employed in AHP: An evaluation and Intrinsic Process for Deriving Members' Weightages. *European Journal of Operational Research*, 79, 1994, 249-265.

98. Rao, M., G. Fan, J. Thomas, G. Cherian, V. Chudiwale and M. Awawdeh. A web-based GIS Decision Support System for managing and planning USDA's Conservation Reserve Program (CRP). *Environmental Modelling and Software* 22, 2007, 1270-1280.
99. Figueira, J., Mousseau, V., and Roy, B. (2005). ELECTRE methods. In Figueira, J., Greco, S., and Ehrgott, M., editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Verlag, pages 133–162.
100. Roy, M. C. and S. Gauvin. Electronic group brainstorming. *Small Group Research*, Vol. 27, No. 2, 1996, 215–247.
101. Saaty, T. S. Group decision making and the AHP. In B.L. Golden, E.A. Wasil, & P.T. Harker (Eds.) *The analytic hierarchy process: Application and studies*, Springer -Verlag, New York, NY, 1989, 59-67
102. Saaty, T. S. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process.. *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, 1990, 9-26.
103. Saaty, T. S. Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 74, 1994, 426-447.
104. Saaty, T. S. The Comparion Software, 2009. <http://www.expertchoice.com/products-services/comparion-suite>
105. Sambamurthy, V. and M. Poole. The effects of variations in GDSS capabilities on decision-making processes in groups. *Small Group Research*, Vol. 24, No. 4, 1993, 523–546.
106. Scholl, R. W. and Fathi el Nadi, 2009. <http://decide-guide.com/decision-style/>
107. Sebenius, J. K. Negotiation Analysis: A Characterization and Review. *Management Science*, 38, 1992, 18-38.
108. Seeley, T. D. and S. C. Buhrman. Group decision making in swarms of honey bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45, 1999, 19-31
109. Seeley, T. D. and S. C. Buhrman. Nest-site selection in honey bees: How well do swarms implement the „best-of-N“ decision rule? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49, 2001, 416-427

110. Seeley, T. D. and P. K. Visscher. Quorum sensing during nest-site selection by honey bee swarms, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 56, 2004, 594-601.
111. Seeley, T. D., P. K. Visscher and K. M. Passino. Group Decision Making in Honey Bee Swarms, *American Scientist*, 94, 2006, 220-229.
112. Sengupta, K. and D. Te'eni. Cognitive Feedback in GDSS: Improving Control and Convergence, *MIS Quarterly*, Vol. 17, No. 1., 1993, 87-113
113. Senn, J. A. Information system in management, Wadsworth Publishing Co., Belmont, California, Wadsworth Publishing company Inc., 1990, 636.
114. Simon, H. A. and A. Newell. What have computers to do with management? In G.P. Shultz and T.L. Whisler (Eds.), *Management organization and the computer*, Glencoe, IL: The Free Press, 1960, 39-60.
115. Souček, B., J. G. Sutherland and G. Visaggio. Holographic decision support system: credit scoring based on quality metrics. In *Frontier Decision Support Concepts: Help Desk, Learning, Fuzzy Diagnoses, Quality Evaluation, Prediction, Evolution*, Wiley Sixth-Generation Computer Technology Series. John Wiley & Sons, New York, NY, 1994, 171-182.
116. Spronk, J., Steuer, R. and Zopounidis, C. Multicriteria Decision Analysis/Aid in Finance. In J. Figuiera, S. Greco, and M. Ehrgott, editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Science, 2005, 799-857 .
117. Sprague, R. H. and E. D. Garson. *Building Effective Decision Support System*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1982, 55-60.
118. Srdjevic, B. Linking analytic hierarchy process and social choice methods to support group decision-making in water management. *Decis. Support Syst.* 42, 4, 2007, 2261-2273.
119. Stasser, G., L. A. Taylor and C. Hanna. Information sampling in structured and unstructured discussions of three- and six-person groups. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 1989, 67 – 78.
120. Steuer, R. *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Applications.*, ISBN 9780471888468, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1986,

chapter 4.

121. Steuer, R. E., Y. Qi and M. Hirschberger. "Developments in Multi-Attribute Portfolio Selection," In T. Trzaskalik (ed.), *Multiple Criteria Decision Making '05*, 2006, Karol Adamiecki University of Economics in Katowice, Poland, 251-262.

122. Steuer, R. E., Y. Qi and M. Hirschberger "Portfolio Selection in the Presence of Multiple Criteria," *Handbook of Financial Engineering*, 2008, Springer, 3-24.

123. Sun, M. and R. E. Steuer "Quad Tree Data Structures for Use in Large-Scale Discrete Alternative Multiple Criteria Problems." In Shi, Y. and M. Zeleny (eds.), *New Frontiers of Decision Making for the Information Technology Era*, 2000, World Scientific Publishing, Singapore, 48-71.

124. Sushil and B. Raghunathan. Interactive decision support system for organisational analysis. *Decis. Support Syst.* 11, 3, 1994, 283-298.

125. T'kindt, V., J. Billaut, J. Bouquard, C. Lenté, P. Martineau, E. Néron, C. Proust and C. Tacquard. The e-OCEA project: towards an internet decision system for scheduling problems. *Decis. Support Syst.* 40, 2, 2005, 329-337.

126. Teich, J. E., H. Wallenius and J. Wallenius. Advances in Negotiation Science. *Yoneylem Arastirmasi Dergisi Transactions on Operational Research*, 6, 1994, 55-94.

127. Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F. Multi-criteria optimization system for decision making in construction design and management, *Inzinerine ekonomika--Engineering Economics* 1(61), 2009, 7-17.

128. Ustinovichius, L.; Zavadskas, E. K.; Podvezko, V. Application of a quantitative multiple criteria decision making (MCDM-1) approach to the analysis of investments in construction, *Control and Cybernetics* 35(2), 2007, 251-268.

129. Valente, P., Mitra, G., The evolution of web-based optimisation: From ASP to e-Services, *Decision Support Systems* 43, 2007, 1096 – 1116

130. Van Groenendaal, W. J. Group decision support for public policy planning. *Inf. Manage.* 40, 5, 2003, 371-380.

131. Vansnick, J. C. On the problem of weights in multiple criteria decision making (the noncompensatory approach). *European Journal of Operational Research*, 24, 1986, 288-294.
132. Vassilev V., Vassileva M., Staikov B., Genova K., Andonov F., Chongova P. MultiDecision-2: A Multicriteria Decision Support System. *Proceedings of the 13th International Conference "Knowledge, Dialogue, Solution"*, Varna, Bulgaria, 2007, 255-263.
133. Vassilev, V., Genova, K., Vassileva, M., Staikov, B., Andonov, F. MultiDecision-2.1: A Software System for Multicriteria Analysis and Optimization. In: *Preliminary Proceedings of the 5th International Conference on Decision Support for Telecommunications and Information Society*. Warsaw, Poland, 2005A, 175-187
134. Vassilev, V., Genova, K., Vassileva, M., Staykov, B., Andonov, F. A Software System for Multicriteria Analysis and Optimization. *Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*, 55, 2005B, 8-19
135. Vassilev, V., S. Narula, P. Vladimirov and V. Djambov. MOIP: A DSS for Multiple Objective Integer Programming Problems. *Multicriteria Analysis* (J. Climaco, Ed.), Springer, 1997, 259-268.
136. Vetschera, R. An interactive outranking system for multi-attribute decision making. *Comput. Oper. Res.* 15, 4, 1988, 311-322.
137. Vincke, P. *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, ISBN 9780471931843, New York, 1992, 29-95.
138. Von Winterfeldt, D. and W. Edwards. *Decision Analysis and Behavioral Research*, ISBN 9780521273046, Cambridge University Press, London, 1986.
139. Wiestroffer, H. and S. Narula. The State of Multiple Criteria Decision Support Software. *Annals of Operations Research*, 72, 1997, 299-313.
140. Wiestroffer, H. C. Smith and S. Narula. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, 2005, 990-1009.
141. Wu, C., F. Irazusta and J. T. Lancaster. A decision support system for college selection. *Comput. Ind. Eng.* 23, 1-4, 1992, 397-400.
142. Xu, D. L. and B. J. Yang. Intelligent decision system for self-assessment.

Journal of Multi-criteria Decision Analysis 12, 2003, 43-60.

143. Young, H. P., "Condorcet's Theory of Voting", American Political Science Review 82, no. 2, 1988, 1231–1244.

144. Young, H. P., "Group choice and individual judgements", Chapter 9 of Perspectives on public choice: a handbook, edited by Dennis Mueller, 1997, Cambridge UP., 181 –200.

145. Young, H. P., "Optimal Voting Rules", Journal of Economic Perspectives 9, no.1 1995, 51–64.

146. Zahir, S. Geometry of decision making and the vector space formulation of the AHP. European Journal of Operational Research, I 12, 1999a, 373-396.

147. Zahir, S. Clusters in a group: Decision making in the vector space formulations of the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, 112, 1999b, 620-634.

148. Zigurs, I. and B. K. Buckland. A theory of task/technology fit and group support systems effectiveness. MIS Quarterly, September, 1998, 313–334.

149. Zionts, S. The State of Multiple Criteria Decision Making: Past, Present, and Future. In A. Goicoechea, L. Duckstein, and S. Zionts, eds, Multiple Criteria Decision Making, Springer-Verlag, Berlin, 1992, 33-43.

150. Zopounidis, C. and M. Doumpos. Developing a multicriteria decision support system for financial classification problems: The FINCLAS system. Optimization Methods and Software, 8, 3-4, 1998a, 277—304.

151. Zopounidis, C., D. K. Despotis and I. Kamaratou. Profilio Selection Using the Adelais Multiobjective Linear Programming System. Computational Economics Pages, 1998b, 189 – 204.

152. Zviran, M., J. C. Hoge and V. A. Micucci. SPAN—A DSS for security plan analysis. Comput. Secur. 9, 2, 1990, 153-160.

153. [<http://www.infoharvest.com/ihroot/index.asp>]

154. [<http://www.vanguardsw.com/products/vanguard-system/components/decisionpro/>].

155. <http://epi.yale.edu/Bulgaria>

156. Национална дългосрочна програма по енергийна ефективност до 2015 г., www.mee.government.bg
157. Първи национален план за действие по енергийна ефективност 2008 – 2010 г., www.strategy.bg/FileHandler.ashx?fileId=482
158. Директива 2006/32/ЕО на Европейския парламент и на Съвета., www.seea.government.bg/documents/EE_Kraino_Potreblenie.doc
159. [Русков, 1998] Петко Русков, Групуер. Компютърно подпомагане на кооперираната работа. Университетско издателство Стопанство. 1998, ISBN 954-494-324-2