



**Българска академия на науките**

## **АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ**

за присъждане на образователната и научна степен „доктор“  
по научна специалност 01.01.12. „Информатика“  
в професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки”

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

*Филип Богданов Андонов*

Научен ръководител: проф. Васил Василев



**Институт по информационни  
и комуникационни технологии**  
**Секция "Оптимизация и вземане на решения"**

*София, 2012*

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция “Оптимизация и вземане на решения” на ИИКТ-БАН, състояло се на 07.05.2012 г.

## **Структура и обем на дисертационния труд**

Дисертацията се състои от увод, четири глави, приноси, заключение и списък на използваната литература, съдържащ 158 заглавия. Обемът на дисертационния труд е 168 страници, като в тях са включени 14 фигури.

Защитата на дисертацията ще се състои на.....2012 г. от.....часа в зала.....на ..... на открито заседание на научно жури в състав:

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в .....на ИИКТ, ул. “Акад. Г.Бончев”, бл. ....

# **I. Обща характеристика на дисертационния труд**

## **1. Актуалност на проблема**

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 лице, вземащо решение 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 интереси на отделния човек, който трябва да бъде решен по най-ефективен начин.

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 натоваарването върху вземащите решения да се намали, тъй като обхващането на целия проблем с всички негови аспекти от всички гледни точки е непосилна за отделния човек задача. 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 едностъпкови, което ограничава възможността на участниците в процеса да търсят решение, удовлетворяващо ги в най-голяма степен и да коригират вече направен избор.

## **2. Цел и основни задачи на дисертационния труд**

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.

### 3. Аprobация на резултатите

#### Списък на публикациите по дисертацията

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*, ISBN 978-954-9526-62-2, 239-243, Sofia: Demetra
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, ISSN 1313-3330, Sofia, 224-231
4. Andonov F., Petrov G. (2008) Applications of the multicriteria method of decision-making for supporting the choice of corporate telecommunication solutions, *4<sup>th</sup> International workshop on computer science and education in computer science*, ISBN 10: 954-535-430-5, 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”*, ISSN 1313-0087, Varna, Bulgaria, 255-363.
6. Andonov, F. (2006) An Interactive Method for Group Decision Making, *Problems of engineering cybernetics and robotics* 57, M. Drinov, ISSN 0204-9848, 3-9.
7. Andonov, F. (2006) Software System Group MultiChoice, *2<sup>nd</sup> International workshop on computer science and education in computer science* June 2006, Borovets-Sofia, Bulgaria, ISBN 10: 954-535-430-5, 99-104
8. Vassilev, V., Genova, K., Vassileva, M., Staikov, B., Andonov, F. (2005). 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. (2005). A Software System for Multicriteria Analysis and Optimization. *Problems of Engineering Cybernetics and Robotics*, 55, M. Drinov, ISSN 0204-9848, 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 реферирания

*Статия 6 е цитирана в:*

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:*

“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

*Реферирания*

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

## II. Кратко съдържание на дисертационния труд

Глава първа е посветена на решаването на първа задача от дисертационния труд. Направен е обзор и анализ на съществуващите методи за индивидуално и групово решаване на задачи на многокритериалния анализ и на съществуващите системи за решаването на тези задачи. Извършен е аргументиран избор на типа методи за по-нататъшно изследване и развитие за целите на увеличаването на универсалността на приложение 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 neprazna 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, т.е. задачите на многокритериалната оптимизация принадлежат към класа на т. нар. 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 е т. нар. 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 обаче се достига не до единствено решение, а до множество от оптимални (крайни) решения, които от математическа гледна точка са равностойни, 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 разбираня, които решават задачата, в съответствие с техните разбираня и предпочитания. Тези лица се наричат лица вземащи решение (ЛВР).

Общата формулировка на задачата на многокритериалната оптимизация има следния вид:

$$1. \quad \text{“max”} \{ f_k(x), k \in K \}$$

при ограниченията:

$$2. \quad g_i(x) \leq b_i, i \in M,$$

$$3. \quad 0 \leq x_j \leq d_j, \quad j \in N,$$

където:

- символът “max” означава, че трябва да се намери максимума на всички критерии (целеви функции) едновременно;
- $K = \{1, 2, \dots, p\}$ ,  $M = \{1, 2, \dots, m\}$  и  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  са индексните множества на критериите, на ограниченията и на променливите;
- $x = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)^T$  е векторът на променливите;
- $f_k(x)$ ,  $k \in K$  са критериите;
- $f(x) = (f_1(x), \dots, f_p(x))^T$  или  $z = (z_1, \dots, z_p)^T$  е векторът на критериите,  $z_k = f_k(x)$ ,  $k \in K$ ;
- $g_i(x)$ ,  $i \in M$  са функциите на ограниченията на задачата.

Критериите  $f_k(x)$ ,  $k \in K$  и функциите на ограниченията  $g_i(x)$ ,  $i \in M$  са реални функции:  $f_k: R^n \rightarrow R$ ,  $k \in K$  и  $g_i: R^n \rightarrow R$ ,  $i \in M$ , където  $R$  е множеството на реалните числа.

Ограниченията (2) - (3) определят допустимото множество на променливите  $X \subset R^n$ . С  $f(X) = Z$  се означава образът на множеството  $X$  в критериалното пространство  $R^p$ ,  $Z \subset R^p$ .  $Z$  се нарича допустимо множество в критериалното пространство.

Алтернативен запис на задачата на многокритериалната оптимизация е следният:

$$4. \quad \text{“max”} \{f_k(x), k \in K\} \\ x \in X.$$

В зависимост от вида на функциите  $f_k(x)$ ,  $k \in K$  и  $g_i(x)$ ,  $i \in M$  по отношение на променливите  $x_j$ ,  $j \in N$ , както и от вида на тези променливи, се различават следните видове задачи на многокритериалната оптимизация: линейни и нелинейни, непрекъснати и дискретни (наричани още задачи на многокритериалния анализ), детерминирани и стохастични, мрежови и немрежови.

## 1.2. Анализ на съществуващите методи на многокритериалния анализ

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*). Този клас методи могат да се отделят два подкласа, които се различават по начина на обобщаване на глобалните предпочитания на ЛВР. При първия подклас директно се синтезира обобщен функционален критерий, а 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.
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*). Те използват допускането за съществуване на ограничена сравняемост между алтернативите.
3. Методи, в които локалните предпочитания на ЛВР се натрупват итеративно посредством директни или индиректни сравнения между две или повече алтернативи (*интерактивен подход*). Подходящи са за задачи с голям брой алтернативи и сравнително малък брой количествени критерии, в които ЛВР не е в състояние да оцени едновременно всички алтернативи.

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 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
  - са интерактивни, което води до по-лесно обхващане на решавания проблем от страна на участниците в процеса на вземане на решение
  - са 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 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. 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 е 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 броя на двойките, които трябва да се сравняват, което прави методът непрактичен за задачи с десетки и повече критерии.

### 1.2.2. Метод PROMETHEE II

Методът PROMETHEE II е от типа на аутранкиращите методи. Основната 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.

Основното достойнство 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.

### **1.2.3 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. 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.

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 ELECTRE методите също са валидни и за останалите методи от този тип – гъвкавостта идва на определена цена. ЛВР е необходимо да има познания, касаещи самия метод и смисъла на параметрите му.

### **1.2.4 Интерактивен метод СВМ**

Интерактивният метод СВМ [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.

Предимство 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. В зависимост от етапа, на който данните от различните участници в екипа се обобщават, методите, подпомагащи груповото вземане на решения (МПГВР) биват априорни, апостериорни и интерактивни.

При интерактивните МПГВР данните се обобщават неколкратно. 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.

#### **1.3.1. Априорни методи**

При априорните МПГВР след дефиниране на условието на задачата данните се обобщават и след прилагането на някой метод се получава краен обобщен резултат.

##### **1.3.1.1. Разширен до групов АНР метод VANP**

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).

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 VANP се разглеждат два вида групи – хомогенна и клъстеризирана.

### 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.

### 1.3.2. Апостериорни методи

При апостериорните МПГВР след дефинирането на задачата всеки ЛВР я решава сам за себе си и крайният резултат се обобщава, за да се получи единно решение.

По-известните апостериорни методи са базирани на следните функции:

- Функция на Кондорсе
- Функцията на Борда
- Функция на Коупланд
- Функция на Нансън
- Функция на Доджсън
- Функция на Кемени

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.

Независимо от типа, методите трябва 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].

Едно разделение на видовете организационни структури е това на [Scholl and Fathi el Nadi, 2009], което се основава на типа на групата и ролите, които различните участници в нея заемат:

- Автократичен стил на решаване на проблем (АСРП)
- Автократичен с входна информация от група (АВИГ)
- Автократичен с отзиви от групата и обратна връзка (АОГОВ)
- Индивидуален консултативен стил (ИКС)
- Групов консултативен стил (ГКС)
- Групов решателен стил (ГРС)
- Партиципативен стил (ПС)
- Група без лидер (ГБЛ)

Груповото вземане на решения е свързано и с процеса на преговори. В литературата, термините „преговори“ 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 Locket, 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.

#### **1.4 Софтуерни системи за взимане на решения**

Системите за подпомагане вземането на решение са моделно ориентирани интерактивни системи за вземане на решения, 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, управление на фирми, образование, транспорт, здравеопазване и др., като броят на публикациите, свързани с приложенията на СПВР, непрекъснато расте. Основната част от СПВР са разработени за решаване на конкретни неструктурирани или слабо структурирани приложни проблеми. Повечето СПВР са проблемно-ориентирани и най-често са включени в други информационно-управляващи системи. В някои от тях са реализирани повече от един методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ. 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. При работата с тях се решат четири задачи: генериране на алтернативи; избиране сред алтернативите; преговаряне; изпълняване на избраните алтернативи.

Най-общо, целта на СПГВР 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].

### **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.

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. По 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 интереси на отделния човек, който трябва да бъде решен по най-ефективен начин.

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 непосилна за отделния човек задача. 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 едностъпкови, което ограничава възможността на участниците в процеса да търсят решение, удовлетворяващо ги в най-голяма степен и да коригират вече направен избор.



## **2. Интерактивни методи за подпомагане вземането на групови решения**

### **2.1. Въведение**

В тази глава са предложени пет нови интерактивни метода за групово решаване на задачи на МКА. Методите за групово решаване имат няколко важни особености. Първата особеност е, че за намирането на текущо-предпочетена алтернатива те се основават на интерактивен метод за СВМ, който позволява на експертите да задават не само желани или приемливи нива, а също така и желани или приемливи посоки и интервали на промяна на стойностите на отделните критерии, но може да се ползва който и да е друг метод, даващ подредба в случай, че се използва един от методите GECBIM, GCBIM, BIMBEE1 или GCBIM-NN или най-добра алтернатива в случаи 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. 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 [Andonov, 2009B] 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, 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.

### Описание на метода

Предложеният интерактивен метод е предназначен за групово решаване на ЗМКА с голям брой алтернативи и малък брой експерти. 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.

Основните предимства на метода ГЕСВИМ 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 ограничения 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 ГСВИМ

Методът ГСВИМ [Andonov, 2006A] е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип индивидуален и групов консултативен стил. 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 експертиси в оценяването на алтернативните решения. Веднъж сдобил се с тази информация, лидерът прави избор коя алтернатива да бъде приложена.

При метода ГСВИМ 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 ( $K_h^{\geq}$ ,  $K_h^>$ ,  $K_h^{\leq}$ ,  $K_h^<$ ,  $K^{\times}$ ,  $K^0$ ) 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  $a_j^{iter}, j = 1..p$  се приема най-добрата (първата) 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

$\eta_i$  – 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

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

### 2.3.3. Алгоритъм

1. Дефиниране на критериите и алтернативите. Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи. Тече активна текстова комуникация между участниците.
2. Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии. При необходимост се използва възможността за текстова комуникация. Извършва се от груповия координатор (лидер).
3. Получаване на краен резултат (локален) и изпращане към сървъра.
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.
5. Край

## 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 единодушието – 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 Метод BIMBEE 1 (Biologically inspired method bee 1)

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 BIMBEE1 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

$\sigma$  – 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  $A^{iter} = A^{iter-1} \setminus \{a_i : b_i^{iter-1} < \tau\}$

#### Алгоритъм:

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  $\tau$  (броя алтернативи, отпадащи на всяка итерация).  $iter=1$ ;
2. Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии. При необходимост се използва възможността за текстова комуникация. Извършва се от груповия координатор (лидер).
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.
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.
5. Край. Алтернативата с най-висок borda-score се обявява за победител.

Процесът продължава, докато броят на останалите алтернативи не падне под зададен праг, след което се взема алтернативата с най-висок borda-score.

### **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 Метод VIMBEE 2**

Методът VIMBee2 е предназначен за подпомагане вземането на решения от тип ГНЛ. Процесът отново е итеративен и всеки ЛВР има възможност да се предвижи из няколко точки в пространството на алтернативите с помощта на СВІМ метода, 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. Вместо това, някои предпочитат да им бъдат предлагани „отбрани“ алтернативи. При този метод аналогията с пчелния кошер [Seeley and Buhрман, 1999] [Seeley and Buhрман. 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 изберат 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 „рекламира“ 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.

#### Алгоритъм:

##### 1. Дефиниране на критериите и алтернативите

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

##### 2. Въвеждане на стойностите на алтернативите по отношение на критерии.

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

##### 3. 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.

##### 4. 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 5, в противен случай се преминава към стъпка 3.

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

##### 6. 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 7.

##### 7. Край

#### **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 ВIMВее 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 някои 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 VIMBee2 изпъква, когато както броя алтернативите, така и броя на участниците в процеса на вземане на решение е голям и не всеки от тях е мотивиран да разглежда всички възможни алтернативи. Като ограничение на метода трябва да се отбележи тесния набор от случаи, в които е подходящ – ако броя на алтернативите или на експертите не е голям, то използването му не се препоръчва.

## 2.6 GCBIM-NN

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  $\lambda_i$ , който представлява мярка за съгласието на алтернатива с индекс  $i$  на дадена итерация. На всяка итерация, алтернативите, чийто коефициент на съгласие  $\lambda$  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.

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

## Дефиниции и означения

### Дефиниция:

Казваме, че алтернативата  $A_i$  е конфликтна, ако в  $t$  последователни итерации нейния коефициент на съгласие  $\lambda_i$  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.

Означения:

На всяка итерация се определя  $\lambda_j$ , като се изчислява таблицата P:

	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>...</b>	<b>P<sub>k</sub></b>
<b>A<sub>1</sub></b>	p <sub>11</sub>	p <sub>12</sub>		p <sub>1k</sub>
<b>A<sub>2</sub></b>	p <sub>21</sub>	p <sub>22</sub>		p <sub>2k</sub>
<b>...</b>	...	...	...	...
<b>A<sub>k</sub></b>	p <sub>k1</sub>	p <sub>k2</sub>		p <sub>kk</sub>

**Таблица P**

p<sub>ij</sub> – брой пъти, които алтернатива i е поставена на j-та позиция

q<sub>i</sub> - брой заети позиции за ред i в таблица P

μ<sub>i</sub> – 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

Алгоритъм:

1. Дефиниране на критериите и алтернативите. Тук всеки участник може да добавя критерии и алтернативи. Тече активна текстова комуникация между участниците. Iter=0.
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.
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.
4. Изчислява се  $\lambda_i, i = 1 \dots n$ .
5. Изчислява се  $B^{iter}$  за  $\forall a \in A^{iter}$ .

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  $A^{fin}$ .

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  $A^{fin}$ .

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.

9. Край.

### **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 СВМ 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 СВМ 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 накръняват 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.

### **3. Система за подпомагане вземането на решения в групова среда**

В настоящата глава се описва разработената от автора система, наречена **Group Multichoice** [Andonov, 2006B], [Andonov, 2009A] за подпомагане груповото решаване на задачи на многокритериалния анализ. В повечето програмни системи е реализиран един метод за решаване на многокритериални задачи и един метод за агрегиране [Genova, Vassilev, Andonov, Vassileva, 2004] , [Vassilev, Genova, Vassileva, Staykov, Andonov, 2005B] . Group Multichoice реализира няколко метода за решаване на ЗМКА от различни типове, описаните във втора глава методи за групово решаване на ЗМКА и е с подходящ потребителски интерфейс, подпомагащ едно от основните качества на интерактивните методи, а именно – намаленото натоварване върху ЛВР. Системата 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.

Системата Group Multichoice може да бъде използвана както за експериментални и учебни [Андонов, 2009] цели, така и за решаването на приложни задачи [Andonov,

### 3.1.Предназначение на системата Group Multichoice

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. 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 Системна структура

Работата със системата е разделена на следните логически стъпки:

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).

**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* [Vassilev, Genova, Vassileva, Staikov, Andonov, 2005A] . 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.

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

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.

**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.

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

*ves* – 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

### 3.2.4. Протокол

За осъществяване на комуникацията между сървъра и клиентите е необходимо е разработен протокол, който да определя какви данни от какъв тип в какво съобщение при какъв случай ще се изпращат от кого и до кого.

### 3.5 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-NN. 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 на многокритериалния анализ. Задачите на многокритериалния анализ могат да съдържат различен брой и тип на критериите и различен брой на алтернативите. 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.

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

## 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 първият експеримент е използвана задача за избор на държава от ЕС, в която да се построи нова атомна електроцентрала. Задачата се състои от 6

алтернативи, 4 лица, взимащи решение и 11 критерия за оценяване на алтернативите. 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 СПГВР и е описана цялата съпътстваща информация.

## **4.2      Дизайн на експериментите**

### **4.2.1.    Цел на експеримента**

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, това е въпрос на добро и лошо [Klein and Methlie, 1995].

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 АНР, PROMETHEE, ELECTRE и СВМ 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 експеримента**

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 варира 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 Експерименти

#### 4.3.1. Експеримент 1

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 електроцентралата 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

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 VIMBee1 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 съответният 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.

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

	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	

Таблица 4.4

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

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.

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

## 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. Владееене 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:

## **Критерии за подбор и техните параметри**

Критерий, Тип критерий (качествен/ количествен), Мярка, Норма (максимум/ минимум)

Висше образование в областта на финансите, счетоводство и контрол (ВО), Тип критерий: Количествен, Мярка: Образователна степен, Норма: максимум

Минимум една година опит във вътрешен одит (О), Тип критерий:

Количествен, Мярка: Година, Норма: максимум

Лоялност и отговорност (ЛО), Тип критерий: Качествен, Мярка: 9-точкова скала, Норма: максимум

Аналитични умения (АУ), Тип критерий: Качествен, Мярка: 9-точкова скала, Норма: максимум

Увереност (У), Тип критерий: Качествен, Мярка: 9-точкова скала, максимум

Креативност и инициатива (КИ), Качествен, 9-точкова скала, Норма: максимум

Умение за работа в екип (УРЕ), Тип критерий: Качествен, Мярка: 9-точкова скала, Норма: максимум

Съвместимост с екипа (СЕ), Тип критерий: Качествен, Мярка: 9-точкова скала, Норма: максимум

Владеене на английски език (АЕ), устно и писмено, Тип критерий: Количествен, Мярка: Ниво по Общата европейска рамка, Норма: максимум

Компютърни умения (КУ), Тип критерий: Количествен, Мярка: %, Норма: максимум

## **ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВАЖНОСТТА НА КРИТЕРИИТЕ ЗА ПОДБОР ЗА ВСЕКИ ЧЛЕН НА ЕКИПА**

Всеки от експертите определя кои от критерии 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.

## **Критерии, според които всеки от експертите взема решение и техните тегла, зададени от всеки от експертите**

### **Експерт, Критерии на експерта**

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 "Чов. ресурси": ВО-5, ЛО-6, КУ-4, СЕ-6, АЕ-4, УРЕ-6, О-4, У-5

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.

## **№,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%

### **4.3.3. Решение**

#### **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 Керемидчиева, 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, Гергана Василева, Иван Александров, Грация Иванова, Пенка Манева, Петър Венков, Даниел Минков, Георги Георгиев, Димитър Дончев, Людмила Пенева, Емил Кръстев, Стефка Керемедчиева

Човешки Ресурси: Гергана 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, Гергана 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 СВІМ, отправна алтернатива Олга Борисова, избира подобрене в аналитични умения, невлошаване на креативност за сметка на влошаване на английски и на компютърни умения с не повече от 2 единици, текущо предпочетена алтернатива Милка Колева

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

служител 3: отправна Милка Колева, невлошаване на лоялност, съвместимост с екипа, подобряване на английски за сметка на влошаване 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 влошаване на аналитични умения, влошаване на университетско образование, текущо предпочетена алтернатива Камен Дянков

човешки ресурси: отправна Олга Борисова, търси подобрене 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, невлошаване 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, невлошаване 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, невлошаване на компютърни умения, текущо предпочетена Анелия Петрова (Галина Пеева, Людмила Пенева със същия резултат)

служител 2: отправна Анелия Петрова, подобряване на английски, невлошаване 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, невлошаване 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, невлошаване 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.

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 важноста 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
1	price	продажна цена	мин.
2	maintain	цена на поддръжка на конструкцията	мин.
3	efficiency	енергийна ефективност	мин.
4	ecoimpact	влияние върху околната среда	мин.
5	landshaftimp	Влияние върху ландшафта	мин.
6	meteo	податливост на метеорологични влияния	мин.
8	comfort	комфорт	макс.

9	light	осветеност	макс.
10	humidity	оптим. влажност	макс.
11	health	влияние върху човешкото здраве	макс.

Таблица 4.8.

*Критерии, ползвани от инвеститора*

№	име	описание	мин/макс	тип
1	laborforce	брой работна ръка	мин.	количествен
2	construction	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	landshafter	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	humidit y	health
1	1500	80	лошо	Същ. лошо	мн. лошо	лошо	лошо	добро	Изкл. лошо	Същ. лошо
2	680	40	Мн. добро	добро	мн. добро	мн. добро	Същ. добро	добро	добро	мн. добро
3	655	20	мн. добро	добро	Същ. добро	Същ. добро	Същ. добро	добро	мн. добро	Същ. добро
4	625	10	Изкл. добро	добро	Изкл. добро	Изкл. добро	Същ. добро	Изкл. добро	мн. добро	добро
5	940	40	Същ. добро	Същ. добро	Същ. добро	същ. добро	Изкл. добро	добро	Изкл. добро	Изкл. добро
6	700	50	Същ. добро	мн. добро	Същ. добро	средно	Изкл. добро	добро	Изкл. добро	Изкл. добро
7	1875	40	средно	средно	добро	мн. добро	мн. добро	лошо	средно	добро
8	375	40	Изкл. добро	Изкл. добро	Изкл. добро	Същ. добро	Изкл. добро	Изкл. добро	Изкл. добро	Същ. добро

Таблица 4.11.

#### Стойности на инвеститори

Алт.	laborforce	constrcost	price	edu	materials	health	comfort
1	10	600	1300	0	260	същ. лошо	лошо
2	6	272	680	0	120	мн. добро	същ. добро
3	6	262	655	0	110	същ. добро	същ. добро
4	5	250	635	0	180	добро	същ. добро

5	4	375	750	300	170	изкл.добро	изкл. добро
6	4	280	500	300	140	изкл. добро	изкл. добро
7	10	750	1875	0	150	добро	мн. добро
8	4	150	375	450	50	същ. добро	изкл. добро

Таблица 4.12

*Стойности на общински власти*

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

<b>позиция</b>	<b>клиенти</b>	<b>инвеститор</b>	<b>община</b>
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	concrbrick	concrbrick	concrbrick

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.

#### **4.3.4. Анализ на резултатите**

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). В 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 СВМ — 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 по-ранен 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 СВМ, 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 СВМ. 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 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.



## **1. Научна новост и практическа полезност**

Научната новост в дисертационния труд се състои в 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).

## **2. 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 приложимостта на предложените методи в учебни системи, подпомагащи вземането на решения. Широкия 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.

## **Благодарност**

Изразявам благодарност на научния ми ръководител, на колегите с които работих и които ми помагаша и окуражаваха. Признателен съм на всички рецензенти за тяхното търпение, ползотворни бележки и коментари.

# Литература

1. 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
2. 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
3. Andonov, F. An Interactive Method for Group Decision Making, *Problems of engineering cybernetics and robotics* 57, 2006A, 3-9
4. Andonov, F. Software System Group MultiChoice, 2nd International workshop on computer science and education in computer science , 2006B, 99-104
5. Andonov, F. Interactive methods for group decision making, *Proceedings of the 15th International Conference “Knowledge, Dialogue, Solution”*, Varna, Bulgaria, 2009B, 25-30
6. Andonov, F. (2009) Solving discrete multicriteria optimization problems in group environment, *Proceedings of International Conference on Software, Services & Semantic technologies*, Sofia , 2009A, 239-243.
7. 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.
8. Bonczek, R. H., C. W. Holsapple and A. B. Whinston. *Foundations of Decision Support Systems*, New York, NY: Academic Press, 1981.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Forman, E. and K. Peniwati. Aggregating individual judgements and priorities with the analytic hierarchy process. *Proceedings of the Fourth International Synposium on the Analytic Hierarchy Process*. Vancouver, BC, July 12-15, 1996, 383-391
14. 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
15. 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.
  16. Islei, G. and G. Lockett. Group Decision Making: Suppositions and Practice. Socio-Economic Planning Science, 25, 1991, 67-81.
  17. Jelassi, M. T. and A. Foroughi. Negotiation Support Systems: An Overview of Design Issues and Existing Software. Decision Support Systems, 5, 1989, 167-181.
  18. 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.
  19. Kettunen, E. Interactive Methods for Group Decision and Negotiation Support. Helsinki University of Technology Systems Analysis Laboratory Licentiate thesis, 1999, 2-10.
  20. 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.
  21. Macharis, C., J. P. Brans and B. Mareschal. The GDSS PROMETHEE Procedure. Journal of Decision Systems, Vol. 7, 1998, 283-307.
  22. 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.
  23. 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
  24. Saaty, T. S. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, Vol. 48, 1990, 9-26.
  25. Seeley, T. D. and S. C. Buhrman. Group decision making in swarms of honey bees. Behavioral Ecology and Sociobiology, 45, 1999, 19-31
  26. 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
  27. 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.
  28. Seeley, T. D., P. K. Visscher and K. M. Passino. Group Decision Making in Honey Bee Swarms, American Scientist, 94, 2006, 220-229.
  29. Senn, J. A. Information system in management, Wadsworth Publishing Co., Belmont, California, Wadsworth Publishing company Inc., 1990, 636.
  30. Sprague, R. H. and E. D. Garson. Building Effective Decision Support System. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1982, 55-60.
  31. Steuer, R. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Applications., ISBN 9780471888468, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1986, chapter 4.
  32. Scholl, R. W. and Fathi el Nadi, 2009. <http://decide-guide.com/decision-style/>

33. Teich, J. E., H. Wallenius and J. Wallenius. *Advances in Negotiation Science*. Yonelyem Arastirmasi Dergisi Transactions on Operational Research, 6, 1994, 55-94.
34. 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.
35. 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
36. 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.
37. Vincke, P. *Multicriteria Decision-Aid*. John Wiley & Sons, ISBN 9780471931843, New York, 1992, 29-95.
38. 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.
39. Андонов, Ф. (2009) 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*