

МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКО ОБРАЗОВАНИЕ, 2009
MATHEMATICS AND EDUCATION IN MATHEMATICS, 2009
*Proceedings of the Thirty Eighth Spring Conference of
the Union of Bulgarian Mathematicians
Borovetz, April 1–5, 2009*

**СИСТЕМАТА GROUP МКА-2 – СРЕДСТВО ЗА
ПОДПОМАГАНЕ НА ОБУЧЕНИЕТО В ОБЛАСТТА
“ВЗЕМАНЕ НА РЕШЕНИЯ”**

Филип Андонов

В настоящия доклад е представена разработената с участието на автора в ИИТ – БАН система Group МКА-2, подпомагаща обучението на студенти в областта “вземане на решения”. Описано е нейното приложение при преподаване на курсовете “Вземане на решения” и “Системи, подпомагащи вземането на решения” от бакалавърска програма “Информатика” на НБУ.

1. Въведение. Задачите за вземане на решение са неформализирани или слабо-формализирани задачи, чието решаване изисква наличието на т.нар. лице, вземащо решение (ЛВР). Получените решения са субективни и зависят от предпочитанията на ЛВР. Задачите за вземане на решение са разделени на три класа: в условията на определеност (многокритериални задачи), в условията на риск и в условията на неопределеност. Различни практически задачи за планиране, контрол, анализ и мониторинг на икономиката, транспорта, производството, образованието и екологията могат да се опишат като многокритериални задачи. Многокритериалните задачи от своя страна се разделят на два подкласа в зависимост от своята формална постановка. При първия подклас задачи, наречени задачи на многокритериалната оптимизация, краен брой явно зададени функции дефинират безкраен брой допустими алтернативи. При задачите на многокритериалния анализ краен брой алтернативи са зададени явно в таблична форма. И при двата класа задачи, в общия случай, не съществува една алтернатива, която да оптимизира всички критерии. Вместо това съществува множество от алтернативи, за които важи, че всяко подобрене в стойността на един критерий води до влошаване на стойността на поне един друг критерий. Това множество се нарича множество на недоминираните алтернативи или Парето-оптимално множество. Всяка от алтернативите в това множество може да бъде решение на задачата и за да се намери крайно решение, се изисква допълнителна информация от ЛВР. В зависимост от вида на търсеното решение задачите могат да бъдат за многокритериален избор, многокритериално ранкиране или многокритериално сортиране.

Основното предимство на методите на многокритериалния анализ произтича от факта, че те изместват фокуса от мениджърите, които ЧЕСТО вземат решения на базата на интуиция и СЛЕДОВАТЕЛНО НЕ СА В СЪСТОЯНИЕ ДА ПРЕДОСТАВЯТ ЯСНА АРГУМЕНТАЦИЯ ЗА взетото ОТ ТЯХ решение, към по-формален

процес на вземане на решения и прозрачност на критериите и предпочитанията, на базата на които е направен изборът.

Разработени са различни методи за решаване на задачи на многокритериалния анализ, които могат да бъдат групирани в три класа [1]. Първият клас методи [2] включва методите на многоатрибутната полезност (UTA, MACBETH, директен тегловен, аналитично-йерархичен и др.). Вторият клас включва аутранкиращите методи (фамилията методи ELECTRE [3], фамилията методи PROMETHEE [4]), които се основават на предположението, че съществува ограничена сравнимост сред алтернативите. При тези методи се изгражда една или няколко аутранкиращи релации, които да обобщят предпочитанията на ЛВР, след което тези аутранкиращи релации се използват, за да подпомогнат ЛВР в решаването на задачата. Повечето аутранкиращи методи предполагат ЛВР да зададе интер- и интра-критериална информация. Интеркритериалната информация се задава под формата на тегла и вето прагове, докато интракритериалната информация обикновено се състои в задаване на прагове на безразличие и силно предпочитание. Третият клас методи се състои от интерактивни алгоритми, които са оптимизационно мотивирани и са насочени към решаването на задачи с голям брой алтернативи и малък брой критерии.

В зависимост от това дали задачите се решават от едно ЛВР или от група лица, методите биват единични или групови. От своя страна груповите се разделят на априорни, апостериорни и интерактивни, в зависимост от това, кога се извършва обобщаването на индивидуалните предпочитания в едно – общо за групата.

Методите за решаването на задачи на многокритериалния анализ се реализират в софтуерни системи, които в зависимост от предназначението си са комерсиални, изследователски или експериментални, като понякога системите принадлежат на повече от една от тези групи. Друго съществено разграничение на системите е в зависимост от задачите, които могат да решават. Повечето системи са проблемно-ориентирани, т.е. решават специфични задачи или са част от по-големи информационно-контролни системи. Системите с общо предназначение са предназначени за решаване на различни задачи от различни ЛВР.

Известни системи с общо предназначение са [5] – VIMDA, Expert Choice, PROMCALC and GAIA, ELECTRE III-IV, MACBETH, VIP, Decision Lab, Web-NIPRE, MKA-2 и KnowCube. От проблемно-ориентираните ще споменем четири: системата FINCLAS за финансов анализ [6], системата Agland6 – за управление на земеделски земи [7], системата DESYRE – за контрол на замърсени райони и системата MultCSync – за планиране на съхранението.

Във всички методи ЛВР е част от алгоритъма за решаване на задачата, поради което интерфейсът, осигуряващ взаимодействието между него и системата е особено важен. В следствие на това и на факта, че различните методи използват значително различаващи се подходи в решаването на задачата, е необходимо студентите, изучаващи курсове в тази област, да се запознаят не само с математическата формулировка на методите, но и с реални системи, които ги реализират.

Въпреки голямото разнообразие от системи за решаване на задачи на многокритериалния анализ, повечето от тях не са подходящи като илюстративни системи към университетските курсове по вземане на решение, поради няколко причини.

Първо, голяма част от съществуващите системи са комерсиални, и с цел увеличаване на печалбата, разработващите ги компании сегментират пазара, като създават

проблемно-ориентирани системи, които решават само някаква конкретна задача, а също така използват специализиран интерфейс и терминология от проблемната област.

Второ, независимо дали са комерсиални или изследователски, повечето екипи се специализират в един клас методи и в резултат на това създават системи, които реализират един метод или няколко метода от един и същ клас, по отношение на използвания подход.

Трето, в резултат на горните две, съществуващите системи са предназначени за използване от потребители с определено ниво на компетентност.

Четвърто, повечето съществуващи системи предлагат не повече от два типа критерии – обикновено количествени и качествени.

В настоящия доклад се разглежда разработената в ИИТ-БАН система Group MKA-2 [9] и използването ѝ в курсовете “Вземане на решения” и “Системи, подпомагащи вземането на решения” в Нов български университет. Представени са общия замисъл, целевата група и тематичния обхват на тези курсове. Разгледани са функционалността и интерфейса на системата.

2. Group MKA-2 в НБУ. Почти от създаването на програмата “Информатика” в Нов български университет, на студентите последна година се предлага курсът “Вземане на решения”. Той е последният курс от поредицата, започваща с “Линейна алгебра и аналитична геометрия” и минаваща през “Математическо моделиране” и “Изследване на операциите”. В курса се разглеждат изчерпателно както основните, така и утвърдените методи за вземане на решения в условията на определеност, но курсът е теоретичен и се провежда в лекционна зала. На студентите им е по-трудно да свържат теорията, която изучават с практиката, в която тя се прилага. Когато преди три години бе въведена новата програмна схема на обучение и хорариумът на курса бе намален от 45 на 30 часа, съветът на департамент, на основание, че курсът оформя една от крайните компетенции на студентите, взе решение да се стартира допълнителен курс – “Системи, подпомагащи вземането на решения”, който да се провежда в компютърна зала и да е практически ориентиран. Темите от курса са:

1. Системи за подпомагане вземането на решения – функции, характеристики, приложения.
2. Многокритериална оптимизация – общи характеристики, формална постановка на задачите, помощни дефиниции.
3. Оптималност по Парето. Лице, вземащо решение. Ценностна функция.
4. Слаба оптималност по Парето и подходяща оптималност по Парето. Основни оценки на множеството на Парето.
5. Основни оценки на множеството на Парето.
6. Многокритериални методи. Подходи, проблеми, класификация.
7. Методи на многокритериалната оптимизация. Метод на претеглената сума. Метод на ϵ -ограниченията.
8. Методи, неизискващи информация от ЛВР. Метод на еталонната точка. Методи на ценностната функция и лексикографската наредба.
9. Интерактивни методи, общи характеристики и класове. Интерактивен метод STEP. Метод на удовлетворителните компромиси на Nakayama. Метод на отпращаните точки, скаларизиращи функции за достижимост на Виежбицки (Wierzbicki).

10. Метод на отправните точки: геометрична интерпретация и базов алгоритъм. Метод на отправните направления (метод на Корхонен).
11. Многокритериален анализ: постановка, основни понятия и дефиниции.
12. Методи за оценка важността на критериите.
13. Адитивен и йерархичен тегловни методи за решаване задачи на многокритериалния анализ.
14. ELECTRE метод за решаване на задачи на многокритериалния анализ. ПРОМЕТЕЙ I и II.
15. Интерактивен метод СВМ.

Въвеждащата тема запознава студентите с класификацията на информационните системи и мястото на системите, подпомагащи вземането на решения в нея. Темите от 2 до 5 въвеждат в проблематиката на вземането на решения в условията на определеност, но използвайки за илюстрация многокритериалната оптимизация. Темите от 6. до 10. разглеждат методите на многокритериалната оптимизация, разделени по типове. Лекциите по темите от 11. до 15. дефинират задачата на многокритериалния анализ, въвеждат специфичната терминология и разглеждат методите за нейното решаване. Активната работа на студентите със системи започва от шестото занятие, когато вече са се запознали с постановката на задачата, с основните понятия и с ролята на участниците в процеса на вземане на решения. Методите на многокритериалната оптимизация се илюстрират в курса с друга система от пакета, разработен в ИИТ-БАН за вземане на решения – МКО-2, която отново реализира методи от различни групи и е подходяща за сравняването им при обучение.

3. Описание на системата Group МКА-2. Задачата на многокритериалния анализ може да бъде описана чрез матрицата на алтернативите A ($n \times k$):

a_i	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$	\dots	$f_j(\cdot)$	\dots	$f_k(\cdot)$
a_1	a_{11}	a_{12}	\dots	a_{1j}	\dots	a_{1k}
a_2	a_{21}	a_{22}	\dots	a_{2j}	\dots	a_{2k}
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
a_i	a_{i1}	a_{i2}	\dots	a_{ij}	\dots	a_{ik}
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
a_n	a_{n1}	a_{n2}	\dots	a_{nj}	\dots	a_{nk}

където с:

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

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

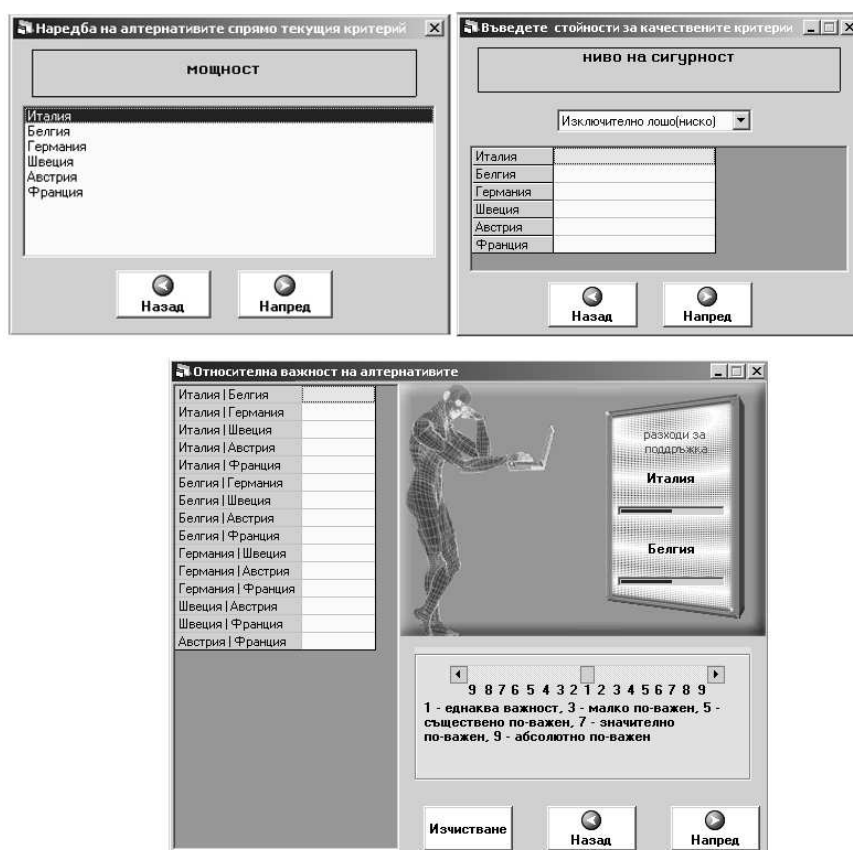
Оценката на i -тата алтернатива по отношение на всички критерии се задава с вектора-ред $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$ или $(f_1(a_i), \dots, f_k(a_i))$.

Оценката на всички алтернативи по отношение на j -тия критерий се задава с вектора-стълб $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})^T$ или $(f_1(a_i), \dots, f_k(a_i))^T$.

Системата Group MKA-2 е с архитектура клиент-сървър, като клиентската част е предназначена за MS Windows и може да се използва самостоятелно за единично решаване, и сървърна част, която е платформено-независима. Системата започва съществуването си като експериментална изследователска система, чиято цел е да докаже хипотезата, че една система може успешно да включва методи от различни класове. Поради това дефинирането на задачата е отделено от решаването ѝ и работата е разделена на четири етапа:

- дефиниране на задачата;
- избор на метод;
- въвеждане на специфична за метода информация;
- получаване на резултат.

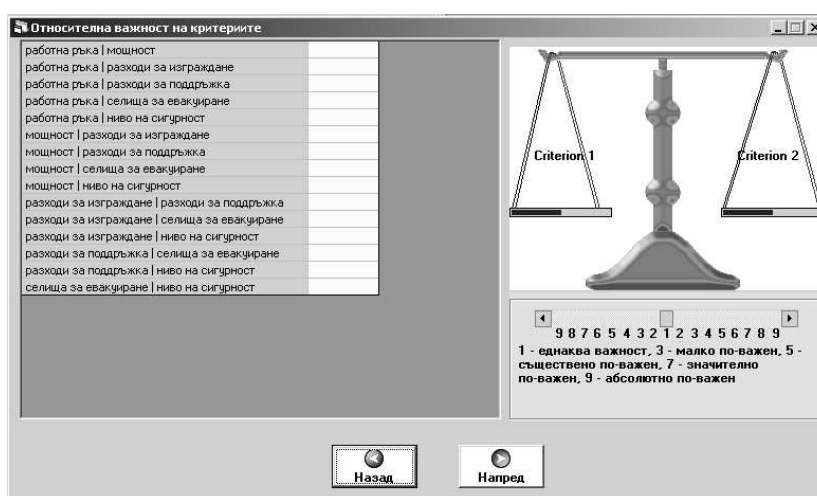
В резултат на разделянето на работата със системата на отделни стъпки, интерфейсът е реализиран под формата на съветник (wizard). Това позволява и връщане назад, за промяна на вече въведена информация или направен избор, което е осо-



Фиг. 1

бено подходящо, когато се използва за обучение. Отделянето на дефинирането от решаването има и още едно предимство – улеснява решаването на една задача с раз-

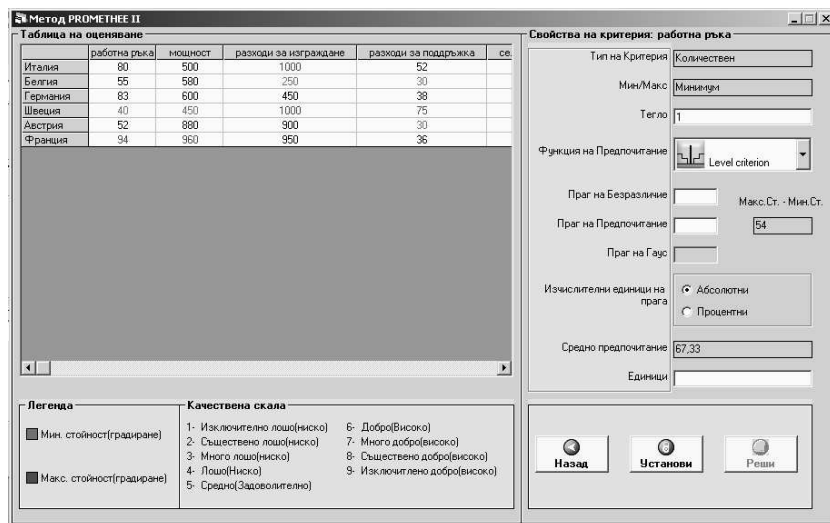
лични методи и позволява различните решения да се сравнят по отношение на приложимостта им към съответната задача, необходимата допълнителна информация и получения резултат. Group MKA-2 използва собствен двоичен формат на файловете. Процесът на решаване може да бъде прекъснат и съхранен на всяка стъпка. Още едно предимство на разделянето на процеса е улесненото добавяне на нови методи с минимални промени в кода на приложението. Освен стандартната помощна информация, системата предлага и динамична контекстна помощна информация, която предоставя описание за всеки елемент от интерфейса, при поставяне на курсора на мишката върху него. Целият интерфейс и помощната информация е налична на два езика – български и английски, като превключването между тях може да се извърши по всяко време и е възможно добавянето на други езици.



Фиг. 2

За единичното решаване на задачи на многокритериалния анализ в системата са реализирани четири метода – един тегловен (АНР), два аутранкиращи (ELECTRE III, PROMETHEE II) и един интерактивен (СВМ), както и процедури за превръщането на качествени, ранжиращи и тегловни критерии в количествени.

При стартиране на нова задача се задава целта на задачата, вида, параметрите и имената на критериите, както и имената на алтернативите. На следващите стъпки съветникът въвежда стойностите на алтернативите по отношение на всеки критерий, като в зависимост от типа на критерия (количествен, качествен, ранжиращ и тегловен) се отваря един от прозорците, показани на Фиг. 1. След като бъдат въведени стойностите по критериите на всички алтернативи, потребителят трябва да избере метод, с който да реши въведената задача. На Фиг. 3 е показан прозорецът на аналитично-йерархичния метод, където се извършва сравнение по двойки на критериите, с цел получаване на теглата на относителната им важност. След въвеждането на тази информация, на потребителя се показва получената матрица “критерии на критерии”, от която се изчисляват теглата, чрез намиране на собствените ѝ стойности.



Фиг. 3

Интерфейсите на методите PROMETHEE и ELECTRE са подобни в следствие на факта, че те са от една и съща група и предполагат въвеждането на подобна информация. На Фиг. 3 е показан екранът за въвеждане на данни за метода PROMETHEE. В дясната му част е таблицата със стойностите на алтернативите по отношение на критериите, а вляво са свойствата на всеки критерий. След избор на критерий от таблицата вляво, потребителят въвежда праговете за него в дясната рамка и избира типа на функцията за сравнение на всяка двойка алтернативи, която е показана графично.

Работата с интерактивния метод СВМ е реализирана в системата с два прозореца. В първия прозорец потребителят определя желаните интервали, нива и посоки на изменение на критериите, след което преминава към прозореца, съдържащ списъка с алтернативи, в който са отбелязани текущо предпочетената алтернатива и текущо недопустимите алтернативи. Потребителят може да избере текущо предпочетената или друга алтернатива за отправна точка на следващата итерация или да премине към разглеждане на крайния резултат, където алтернативите са подредени по степента, в която удовлетворяват текущите му предпочитания.

4. Заключение. Използването на реални системи за илюстриране на изучаваната теория в курсовете, оформящи крайни компетенции на студентите е целесъобразна образователна политика, която намира своето потвърждение в интереса към тези курсове. Работата с инструменти, които се ползват и в практиката, увеличава мотивацията на студентите и активното им участие в предложените аудиторни и извънаудиторни учебни занимания в тази област. Комбинирането на класическо изучаване на фундаментална теория с нови технологии и засилена практическа работа е гаранция за бъдещ успех на програмите, които го прилагат.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] P. VINCKE Multicriteria Decision-Aid. New York, John Wiley & Sons, 1992.
- [2] J. DYER. MAUT-Multiattribute Utility Theory. (2005). † In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Eds. London, Springer Verlag, 2004, 265–297.
- [3] J. FIGUEIRA, V. MOUSSEAU, B. ROY. ELECTRE Methods. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Eds. London, Springer Verlag, 2005, 133–162.
- [4] J. BRANS, B. MARESCHAL. PROMETHEE Methods. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, Eds. London, Springer Verlag, 2005, 163–196.
- [5] C. ZOPOUNIDIS, D. K. DESPOTIS, I. KAMARATOU. Portfolio Selection Using the ADELAIS Multiobjective Linear Programming System. Computational Economics, **11**, 1998, 189–204.
- [6] J. PARSONS. Agland Decision Tool: A Multicriteria Decision Support System for Agricultural Property. In: EMSs 2002, Integrated Assessment and Decision Support, Proceedings, Vol. 3, 181–187. Available on the Internet: <http://www.iemss.org/iemss2002/>, 2002.
- [7] V. VASSILEV, M. VASSILEVA, B. STAIKOV, K. GENOVA, F. ANDONOV, P. CHONGOVA. MultiDecision-2: A Multicriteria Decision Support System. International Journal on Information Theories and Applications, vol. 14, 1, 2007.

Филип Богданов Андонов
Департамент “Информатика”
Нов Български Университет
бул. Монтевидео 21
1618 София, България
e-mail: fandonov@nbu.bg

GROUP MKA-2 SYSTEM – A TOOL, FACILITATING THE EDUCATION IN DECISION MAKING

Philip Andonov

The current report describes the system Group MKA-2, developed in IIT-BAN and its use in the courses “Decision Making” and “Decision Support Systems” at New Bulgarian University. The main idea, the target group and the topic area of the courses are described. The functionality and the interface of the system is shown.