

UniComBOS — интеллектуальная система поддержки принятия решений для сравнения и выбора многокритериальных объектов*

И. В. Ашихмин¹, Е. М. Фуремс²

Рассматривается ИСППР UniComBOS, реализующая новый подход к выбору многокритериальных объектов. Многокритериальные описания объектов разделяются на их описания меньшей размерности (блоки) и предлагаются ЛПР для сравнения с использованием специальных средств визуализации. Максимальная размерность блоков динамически определяется в процессе диалога с ЛПР и зависит от его индивидуальных способностей. Результаты сравнения используются для получения бинарного отношения на множестве исходных объектов в предположении независимости критериев по предпочтению и транзитивности. Справедливость этих гипотез и возможная несогласованность предпочтений ЛПР оперативно проверяются в ходе опроса и подробно объясняются. Объяснения также предлагаются и в отношении результата выбора.

Введение

Задача выбора лучшего (наиболее предпочтительного) объекта из их относительно небольшого набора часто встречается на практике. Решая такую задачу, люди, как правило, сравнивают важные для них характеристики объектов, руководствуясь различными критериями. Однако в реальных ситуациях редко встречается объект, превосходящий другие по всем характеристикам или хотя бы не уступающий им, что, как показывают результаты дескриптивных исследований [Russo et al., 1975; Montgomery

* Работа частично поддержана грантом Президента Российской Федерации для поддержки ведущих научных школ НШ 1964.2003.1, Российским фондом фундаментальных исследований (проекты 04-01-00290, 05-01-00666), Российской академией наук (программы фундаментальных исследований РАН «Математическое моделирование и интеллектуальные системы» и ОИТВС РАН «Фундаментальные основы информационных технологий и систем»).

¹ 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9, ИСА РАН, iva@isa.ru.

² 117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 9, ИСА РАН, furems-em@mtu-net.ru.

et al., 1989; Payne et al., 1993; Larichev, 1992; Korhonen et al., 1997], делает задачу выбора весьма сложной, причем сложность увеличивается с ростом числа учитываемых характеристик. В связи с этим представляется целесообразной разработка методов, помогающих человеку в сравнении многокритериальных объектов.

Предлагаемая интеллектуальная система поддержки принятия решений UniComBOS (Unit Comparison for the Best Object Selection) реализует новую процедуру сравнения многокритериальных объектов и выбора наилучшего. Эта процедура основана на принципах вербального анализа решений (ВАР) [Ларичев и др., 1996].

ВАР ориентирован на так называемые слабо структурируемые задачи, в которых преобладают качественные и субъективные факторы.

Методы ВАР имеют психологическое обоснование. Прежде всего, они требуют использования только такой информации о предпочтениях ЛПР, которая, согласно результатам психологических исследований, считается надежной. Кроме того, информация, получаемая от ЛПР, должна проверяться на непротиворечивость, а выявленные противоречия — предъявляться ему для анализа, объяснения и исправления. В методах этой группы не используются коэффициенты важности критериев, а лишь вербальные оценки объектов по критериям, и к таким оценкам не применяются никакие количественных преобразования.

Подход к решению задачи выбора по многим критериям

Многочисленные психологические эксперименты показывают, что человеку относительно легко сравнивать объекты, отличающиеся оценками по двум критериям (см., например, [Larichev, 2001]). Однако выявление предпочтений ЛПР только на «двухкритериальных» объектах существенно ограничивает разрешающую способность методов, основанных на такой информации, т. е. в общем случае, оставляет большое число несравнимых объектов и, соответственно, не позволяет надежным образом выбрать из них наиболее предпочтительный.

Одна из задач, поставленных в совместном проекте Академии наук Финляндии и Российской академии наук «Вычислительные и психологические эксперименты в рамках подходов к поддержке принятия решений при многих критериях», заключалась в проверке того, насколько использование специальных средств визуализации в диалоге с ЛПР может помочь в выявлении его предпочтений на объектах, отличающихся оценками по большему числу критериев.

Проведенные психологические эксперименты показали [Furems et al., 2003], что люди могут выполнять надежные парные сравнения трехкритериальных объектов, если выделять заранее оговоренными цветами предпочтения ЛПР, выявленные ранее по отдельности между оценками этих объектов по одному критерию и по двум остальным критериям и, тем самым, напоминать ему результаты его предыдущих сравнений. Другими словами, сравнение трехкритериальных объектов сводится к сравнению объектов, описываемых оценками по двум критериям, один из которых является исходным, а второй «составляется» из двух других исходных критериев.

Что касается объектов, описываемых по четырем и большему числу критериев, достоверная информация о надежности их сравнения с использованием такой цветовой дифференциации пока не получена. Однако, как показывается ниже, дополнительные способы проверки согласованности сравнений позволяют адаптировать диалог с конкретным ЛПР к его способности работать с многокритериальными объектами.

Таким образом, предлагается выявлять предпочтения ЛПР на основе парного сравнения частичных описаний объектов по одному, двум, трем и т. д. критериям. Будем называть такие частичные описания блоками.

В [Ашихмин, 2004] предлагается алгоритм комбинирования блоков для вывода отношения между объектами, описываемыми оценками по всем критериям (т. е. между объектами исходного множества), а также для выявления возможной несогласованности предпочтений ЛПР, т. е. ситуации, когда из ответов ЛПР могут быть выведены противоположные предпочтения на паре блоков.

Причиной несогласованности может быть либо ошибка в последнем ответе, либо ошибки в предыдущих ответах, которые на тот момент нельзя было выявить [Гнеденко, 1990], либо зависимость критериев по предпочтению и/или отсутствие транзитивности предпочтений ЛПР, которые являются необходимыми условиями для алгоритма из [Ашихмин, 2004]. В последнем случае может потребоваться реструктуризация проблемы (например, объединение зависимых критериев, выделение подмножеств оценок по критериям, для которых критерии независимы, и выявление предпочтений на таких подмножествах, и т. д.) или даже придется признать, что предлагаемый подход неприемлем для ее решения.

Интеллектуальная система поддержки принятия решений UniComBOS

Решение многокритериальной задачи выбора осуществляется в ИСППР UniComBOS в виде диалога с ЛПР, включающего следующие этапы.

Структуризация

На этапе структуризации ЛПР предлагается сформулировать задачу выбора на естественном языке, в терминах соответствующей прикладной области. ЛПР должен перечислить объекты, подлежащие выбору, а затем определить критерии для их оценки.

Критерии — это наиболее значимые для ЛПР аспекты объектов, поэтому он сам должен сформировать их перечень. С одной стороны, чем больше аспектов проблемы отражено в списке критериев, тем меньше шансов, что с добавлением неучтенных параметров результат выбора изменится. С другой стороны, слишком большое число критериев может существенно затруднить задачу для ЛПР. Следует иметь в виду, что, приступая к решению новой задачи, ЛПР не всегда может сформулировать все значимые для него аспекты. В связи с этим, в системе UniComBOS предусмотрено, что ЛПР может в любой момент вернуться к этапу структуризации и дополнить набор критериев. При этом уже полученная информация о предпочтениях ЛПР будет, по возможности, использоваться и в задаче с расширенной таким образом структурой. Кроме того, на этапе структуризации должны быть сформулированы вербальные оценки всех объектов по каждому критерию. На рис. 1 показан экран UniComBOS структуризации задачи выбора сотового телефона.

UniComBOS (Russia)

Подключение к серверу

Problem

Оценки

Сервис

Помощь

Варианты	Критерии	Таблица оценок	Сравнения	Результаты				
Alternatives	Weight	Standby time	Voice Dialling	Infrared link	Phonebook	Price	Talk time	Estimate unestimated
Nokia 3100 ...	85g	410h	No	No	356	\$199.95	6h	
Samsung SG...	158g	100h	Yes	Yes	500	\$294.95	4h	
Siemens MC...	89g	250h	Yes	Yes	50	\$299.95	6h	
Motorola V12...	140g	300h	Yes	No	400	\$124.95	5h	
Sony Ericsson...	110g	200h	Yes	Yes	500	\$449.95	6h	

Connected to 127.0.0.1 Пользователь: Ilya Problem: Phones Irina

Рис. 1. Структура проблемы

Процедура выявления предпочтений ЛПР

На этом этапе система предлагает ЛПР сравнить блоки различной размерности, начиная с единичной (т. е. блоки, состоящие из оценок объектов по одному критерию). Тем самым, формируются порядковые шкалы оценок по критериям.

Затем система приступает к попарному сравнению блоков размерности 2.

Как отмечалось выше, результаты психологических исследований показывают, что человек надежно справляется со сравнением двухкритериальных объектов. Тем не менее, в системе UniComBOS для облегчения сравнения двухкритериальных блоков и блоков большей размерности используется средство цветовой дифференциации. Применительно к двухкритериальным блокам это означает следующее. Каждый такой блок состоит из соответствующих однокритериальных блоков, уже упорядоченных ЛПР по предпочтительности. Поэтому, когда пара двухкритериальных блоков предъявляется ЛПР для сравнения, лучшие оценки в каждом блоке выделяются одним цветом, а худшие — другим. Тем самым, ЛПР сразу видит достоинства и недостатки каждого блока из пары, что помогает ему при их сравнении (рис. 2).

Infrared link	Price
No	\$124.95
Yes	\$449.95

☒ First alternative is more preferable then second
☐ First alternative and second one are equal prefera...
☐ First alternative is less preferable then second
☐ Don't know

Answer

Unit is preferable to Unit
 Unit is indifferent to Unit
 Unit is in unknown relation with Unit
 Unit was not compared with Unit

Рис. 2. Сравнение блоков размерности 2

После каждого ответа ЛПР применяется алгоритм комбинирования блоков [Ашихмин, 2004] для проверки результатов сравнения на согласованность и выбора лучшего объекта с учетом полученной информации. Если несогласованность обнаруживается, система предлагает ЛПР процедуру ее анализа и устранения (см. ниже). Если в результате применения вышеупомянутого алгоритма будет выбран лучший объект, задачу можно считать решенной.

Если после выявления предпочтений ЛПР на всех двухкритериальных блоках не удалось выбрать лучший объект, система приступает к опросу по трехкритериальным блокам.

Поскольку сравнение трехкритериальных блоков выполняется только после сравнения всех одно- и двухкритериальных блоков, системе «известно», какие блоки размерности один и два в каждой паре трехкритериальных блоков ЛПР считает лучшими, а какие худшими. Это отображается на экране соответствующими цветами (см. рис. 3).

Phonebook	Infrared link	Price
400	No	\$124.95
500	Yes	\$449.95

☒ First alternative is more preferable then second
☐ First alternative and second one are equal prefera...
☐ First alternative is less preferable then second
☐ Don't know

Answer

Unit is preferable to Unit
 Unit is indifferent to Unit
 Unit is in unknown relation with Unit
 Unit was not compared with Unit

Рис. 3. Сравнение трехкритериальных блоков

Заметим, что каждый трехкритериальный блок можно разбить на блоки размерности один и два тремя разными способами. Это дает дополнительные возможности для проверки согласованности ответов ЛПР, поскольку каждая пара таких блоков показывается три раза в разном представлении (с использованием соответствующей цветовой индикации) и три результата сравнения проверяются на идентичность. Полученные расхождения, если такие будут, предъявляются ЛПР для анализа и исправления.

Price	Infrared link	Phonebook
\$124.95	No	400
\$449.95	Yes	500

☒ First alternative is more preferable then second
☐ First alternative and second one are equal prefera...
☐ First alternative is less preferable then second
☐ Don't know

Answer

Unit is preferable to Unit
 Unit is indifferent to Unit
 Unit is in unknown relation with Unit
 Unit was not compared with Unit

Infrared link	Phonebook	Price
No	400	\$124.95
Yes	500	\$449.95

☒ First alternative is more preferable then second
☐ First alternative and second one are equal prefera...
☐ First alternative is less preferable then second
☐ Don't know

Answer

Unit is preferable to Unit
 Unit is indifferent to Unit
 Unit is in unknown relation with Unit
 Unit was not compared with Unit

Рис. 4. Сравнение тех же блоков в другом представлении

И, опять-таки, после каждого ответа ЛПР применяется алгоритм комбинирования блоков [Ашихмин, 2004] для проверки результатов сравнения на несогласованность и поиска лучшего объекта с учетом полученной информации. Если в результате применения вышеупомянутого алгоритма будет выбран лучший объект, задачу можно считать решенной.

В системе UniComBOS индивидуально для каждого ЛПР динамически определяется максимальная сложность вопросов (число критериев в сравниваемых блоках) с учетом того, насколько хорошо он справляется с такими вопросами. Способность ЛПР сравнивать многокритериальные блоки оценивается частотой допускаемых им ошибок. Если при сравнении блоков некоторой размерности ЛПР регулярно дает разные ответы при разном представлении одних и тех же блоков в паре³ и/или его ответы часто приводят к несогласованности его предпочтений, это свидетельствует о том, что ЛПР трудно сравнивать блоки такой размерности. В таком случае опрос прекращается, и для сравнения объектов используется информация, полученная при сравнении блоков меньшей размерности, и система выдает некоторый набор несравнимых объектов, для каждого из которых в исходном множестве нет более предпочтительного, но единственного лучшего объекта нет (в противном случае, не было бы необходимости пытаться предъявлять ЛПР для сравнения блоки большей размерности).

Анализ и устранение несогласованности

Note that the second alternative of the first comparison

Weight	Voice Dialling	Price
85g	No	\$124.95
140g	Yes	\$124.95

equals to the first alternative of the second one

Weight	Voice Dialling	Price
140g	Yes	\$124.95
89g	Yes	\$299.95

So, combining these comparisons using transitivity feature one can produce

Weight	Voice Dialling	Price
85g	No	\$124.95
89g	Yes	\$299.95

Agree
It's not true

Рис. 5. Анализ противоречия

³ Каждый четырехкритериальный блок может быть представлен четырьмя разными способами, пятикритериальный — пятью и т. д.

Как указывалось ранее, результат сравнения некоторой пары блоков может привести к тому, предпочтения ЛПР окажутся несогласованными. В таких случаях, система UniComBOS предлагает ЛПР проанализировать возникшую несогласованность, определить ее причину и устранить ее (рис. 5).

Это выполняется путем предъявления ЛПР его предыдущих ответов и сделанных на их основе выводов. ЛПР может указать на ошибочный ответ или выразить несогласие с результатом применения алгоритма комбинирования блоков [Ашихмин, 2004] на каком-то этапе. В первом случае, ЛПР исправляет свой ответ. Второй случай означает нарушение гипотезы о независимости критериев по предпочтению и/или транзитивности, и может потребовать реструктуризации проблемы.

Представление и объяснение результатов сравнения

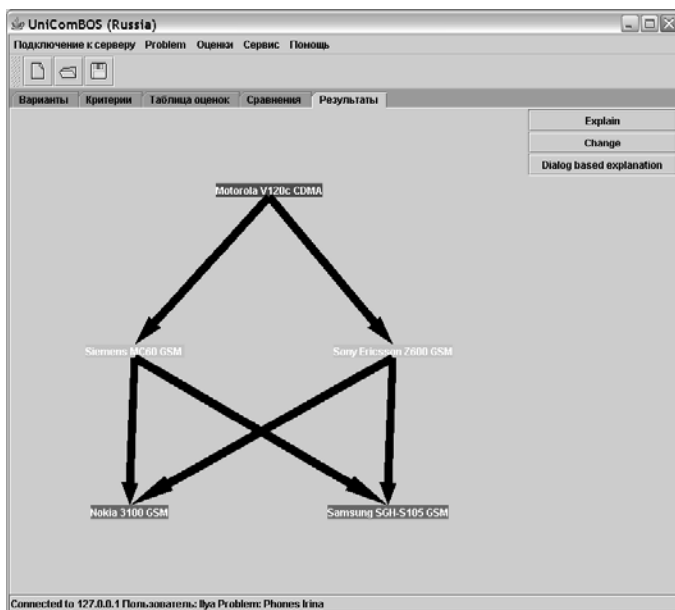


Рис. 6. Результаты

ЛПР может в любой момент времени получить информацию об упорядочении исходных объектов на основе выполненных им сравнений. Результаты сравнения показываются в виде ориентированного графа, в кото-

ром вершины соответствуют объектам, а дуги направлены от лучших объектов к худшим (рис. 6). Если какие-то объекты одинаково предпочтительны для ЛПР, соответствующие вершины соединяются двумя дугами, идущими в разных направлениях. ЛПР может вызвать окно объяснения для любой дуги такого графа, и посмотреть, как соответствующее отношение получается из его ответов. Если ЛПР не согласен с выводом, он может в этом окне указать, какие из своих предыдущих ответов он хочет изменить. В этом случае, система вернется на этап опроса.

Техническая реализация системы

ИСППР UniComBOS имеет клиент-серверную архитектуру. Сервер обрабатывает подсоединения java-апплетов и хранит все данные о пользователях (ЛПР) и решаемых ими проблемах. Клиентское приложение предназначено для работы ЛПР с проблемой, автоматизированного опроса с целью выявления предпочтений ЛПР и анализа его предпочтений. Клиент и сервер реализованы на языке программирования JAVA с помощью среды разработки Fortetm for Javatm 4 SE фирмы Sun Microsystems. Данные хранятся и пересылаются по сети в формате XML. Вы можете поработать с системой, загрузив JAVA-апплет со страницы <http://iva.isa.ru>.

Заключение

ИСППР UniComBOS разработана для решения дискретных многокритериальных задач выбора на основе предпочтений ЛПР. Корректность используемой в ней информации о предпочтениях ЛПР подтверждена психологическими исследованиями. Сложность вопросов, задаваемых ЛПР, динамически определяется с учетом его способности справляться со сравнением многокритериальных объектов. Используемый алгоритм комбинирования отношений обладает хорошей разрешающей способностью, благодаря чему практически во всех случаях удастся выбрать наиболее предпочтительный объект.

Литература

1. Ашихмин И. В. Анализ предпочтений ЛПР на частичных описаниях многокритериальных объектов // Настоящий сборник. 2004.
2. Гнеденко Л. С., Фуремс Е. М. Эффективная процедура выявления нарушений транзитивности при попарных сравнениях // Сб. трудов ВНИИСИ. Т. 10. М., 1990.
3. Ларичев О. И., Мошкович Е. М. Качественные методы принятия решения. М.: Физматгиз, 1996.

4. *Furems E. M., Larichev O. I., Roizenson G. V., Lotov A. V., Miettinen K.* Human behavior in a multi-criteria choice problem with individual tasks of different difficulties // *International Journal of Information Technology & Decision Making*. 2003. March. Vol. 2. № 1.
5. *Korhonen P., Larichev O., Moshkovich H., Mechitov A., Wallenius J.* Choice behavior in a computer-aided multiattribute decision task // *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*. 1997. Vol. 6. № 4. P. 233–246.
6. *Larichev O. I.* Cognitive validity in design of decision-aiding techniques // *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*. 1992. Vol. 1. № 3. P. 127–138.
7. *Larichev O. I.* Ranking multicriteria alternatives: The method ZAPROS III // *European Journal Operational Research*. 2001. Vol. 131. № 3. P. 550–558.
8. *Montgomery H., Svenson O.* A think-aloud study of dominance structuring in decision processes // *Process and Structure on Human Decision Making* / Ed. H. Montgomery, O. Svenson. Chichester: J. Wiley and Sons, 1989.
9. *Payne J. W., Bettman J. R., Coupey E., Johnson E. J.* A constructive process view of decision making: multiple strategies in judgment and choice // *Current Themes in Psychological Decision Research* / Ed. O. Huber, J. Mumpower, J. van der Pligt, P. Koele. Amsterdam: North Holland, 1993.
10. *Russo J. E., Rosen L. D.* An eye fixation analysis of multiattribute choice // *Memory and Cognition*. 1975. № 3.