

На правах рукописи



БАБАЯН МИХАИЛ КАРОЕВИЧ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ПРОЦЕДУРЫ
КОЛЛЕКТИВНОГО ВЫБОРА НА ОСНОВЕ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ
ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
кандидата физико-математических наук

Воронеж – 2015

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»).

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор
Бугаев Юрий Владимирович
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»)

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, профессор
Артёмов Михаил Анатольевич
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», заведующий кафедрой программного обеспечения и администрирования информационных систем)

доктор технических наук, доцент
Белокуров Сергей Владимирович
(ФКОУ ВПО «Воронежский институт ФСИН России», начальник кафедры математики и естественно-научных дисциплин)

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Защита диссертации состоится «24» декабря 2015 г. в 13³⁰ час. на заседании диссертационного совета Д.212.035.02 в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах), заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, ФГБОУ ВО «ВГУИТ», ученому секретарю диссертационного совета Д.212.035.02.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещён в сети «Интернет» на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» <http://vsuet.ru> «6» октября 2015 г. Автореферат размещён на сайтах Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки РФ <http://vak.ed.gov.ru> и официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» <http://vsuet.ru> «23» октября 2015 г.

Автореферат разослан «16» ноября 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д.212.035.02
кандидат технических наук, доцент



И. А. Хаустов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. При решении сложных управленческих задач в экономической, производственной, научно-технической и т.д. сферах человеческой деятельности всё чаще возникают ситуации, когда исходное множество недоминируемых решений достаточно велико (сотни и более альтернатив) для того, чтобы иметь возможность непосредственно применять к этому набору вариантов какой-либо из известных механизмов выбора. Это, в свою очередь, приводит к возникновению фундаментальной научно-практической проблемы сужения множества альтернатив, необозримого для лица, принимающего решения (ЛПР), до приемлемых размеров. Вопросам исследования данной проблемы посвящены работы П. С. Краснощекова, Ю. А. Белова, А. В. Лотова, В. В. Подиновского, В. Д. Ногина, T. L. Saaty, B. Roy, J. Brans.

В процессе решения сложных многокритериальных задач, как правило, участвует коллектив специалистов-экспертов, мнения которых обрабатываются посредством применения какой-либо процедуры выбора. Однако среди известных к настоящему времени подобных процедур абсолютное большинство предполагает вовлечение в процесс сравнения и оценки всего исходного набора альтернатив, что делает их непригодными для выбора на необозримом множестве вариантов. В связи с этим фактом особый интерес вызывает метод экстраполяции экспертных оценок (МЭЭО), механизм которого позволяет выработать решение на основе сравнения вариантов из небольшой обучающей выборки.

Изначально на основе этого подхода была синтезирована процедура голосования, использующая метод максимального правдоподобия (МЭЭО-ММП). Однако её существенным недостатком является высокая вычислительная сложность. Дальнейшие исследования показали, что подход экстраполяции можно применять и к некоторым другим известным процедурам посредством их модификации. Ввиду этого сложилась настоятельная потребность проведения научных исследований по анализу возможности реализации подхода экстраполяции различными методами с целью создания автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающей возможность применения варианта коллективного выбора, наиболее целесообразного для конкретных условий.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом государственных научно-исследовательских работ по теме «Математическое и компьютерное моделирование в задачах проектирования и оптимиза-

ции функционирования информационных и технологических систем» (ГК № 01.2006.06298), а также в рамках гранта РФФИ № 14-01-00653-А по теме «Разработка и исследование процедур коллективного выбора на необозримом для ЛПР множестве альтернатив».

Целью диссертационной работы является разработка и исследование модели коллективного выбора, использующей различные ранжирующие шкалы, и построение на её основе адаптивной процедуры улучшенной точности. Для достижения поставленной цели в работе решались следующие **задачи**:

1. Поиск необходимых и достаточных условий устойчивости статистических оценок полезности альтернатив при заданном профиле индивидуальных предпочтений в процедурах коллективного выбора, основанных на МЭЭО.

2. Выяснение условий применимости разностно-классификационной шкалы (РК-шкалы) экспертного оценивания в процедурах экстраполяции экспертных оценок.

3. Построение и исследование адаптивной процедуры коллективного выбора на основе экстраполяции экспертных оценок.

4. Разработка комплекса программ, реализующего модели и методы анализа и синтеза процедур коллективного выбора.

Объектом исследования являются модели и процедуры коллективного выбора.

Предметом исследования являются модели и методы анализа и синтеза процедур коллективного выбора.

Методы исследования. В диссертации использованы методы теории вероятностей, математической статистики, комбинаторного анализа, теории графов. Общей методологической основой является системный подход.

Научная новизна. В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Сформулировано и доказано необходимое и достаточное условие конечности решения в процедурах коллективного выбора МЭЭО-ММП и Терстоуна-Мостеллера при заданном профиле экспертных предпочтений на порядковой шкале.

2. Разработана и исследована модель выбора на основе модифицированной процедуры Терстоуна-Мостеллера, отличающейся возможностью осуществлять коллективный выбор при экспертизе на РК-шкале, являющейся более сильной по сравнению с используемой ранее порядковой шкалой.

3. Доказана состоятельность статистических оценок, полученных модифицированной процедурой Терстоуна-Мостеллера.

4. Разработан, обоснован и протестирован эффективный вычислительный метод нахождения оценок полезностей альтернатив, отличающийся использованием РК-шкалы и наличием блока адаптации, позволяющего в зависимости от степени согласованности мнений в профиле экспертных ранжирований выбирать наиболее эффективную процедуру коллективного выбора.

Соответствие тематики работы паспорту специальности. Тема исследований соответствует п. 1, 2, 3, 4 паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Достоверность научных результатов. Научные положения и теоретические выводы обоснованы корректным использованием выбранного математического аппарата и подтверждены результатами вычислительного эксперимента.

Теоретическая значимость состоит в развитии моделей и методов принятия коллективного решения в условиях необозримого для ЛПР множества альтернатив. Выводы, полученные в диссертации, могут быть использованы в качестве основы для дальнейших исследований в области моделирования автоматизированной СППР, позволяющей использовать вариант коллективного выбора, наиболее целесообразный для конкретных условий.

Практическая значимость состоит в разработке численных методов и алгоритмов, реализованных в виде проблемно-ориентированного комплекса программ для проведения вычислительных экспериментов, который также можно использовать для осуществления коллективного выбора на основе МЭЭО при решении управленческих задач в различных сферах науки и производства.

Основные положения, выносимые на защиту:

– модификация модели Терстоуна-Мостеллера для коллективного выбора при экспертизе на РК-шкале;

– теоретические положения относительно необходимых и достаточных условий существования конечных решений при заданном профиле предпочтений в процедурах коллективного выбора, основанных на МЭЭО;

– метод анализа профиля индивидуальных предпочтений на порядковой шкале на устойчивость решений, основанный на проверке связности графа экспертного упорядочения;

– численный метод нахождения оценок полезностей альтернатив, отличающийся использованием РК-шкалы и наличием блока адаптации, позволяющего в зависимости от степени согласованности мнений в профиле экспертных ранжирований выбирать наиболее эффективную процедуру коллективного выбора;

– программный комплекс, реализующий предложенные модели и методы коллективного выбора на основе МЭЭО.

Реализация и внедрение результатов работы. Разработанный программный продукт «Адаптивная система поддержки принятия решений на основе МЭЭО» используется в практической деятельности на предприятии по производству пельменей и полуфабрикатов КФХ «Борть» (акт внедрения от «11» июня 2015 года).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях: отчётных научных конференциях преподавателей и сотрудников ФГБОУ ВПО ВГУИТ (Воронеж, 2013–2014); международных научных конференциях «Математические методы в технике и технологиях» (Н. Новгород, 2013; Тамбов, 2014); международных научно-практических конференциях: «Моделирование энергоинформационных процессов» (Воронеж, 2012–2013); международной научно-практической конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в нанобиотехнологиях» (Воронеж, 2014).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них 4 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

В работах, опубликованных в соавторстве, личное участие соискателя состоит в следующем: [1] – сформулированы и доказаны условия конечности решения в процедурах МЭЭО-ММП и Терстоуна-Мостеллера; [2] – предложен способ проверки экспертных предпочтений на непротиворечивость при использовании РК-шкалы оценивания; [3] – разработка модели и алгоритма применения модели выбора Терстоуна-Мостеллера на РК-шкале; [4] – исследование статистических оценок, полученных модифицированной процедурой Терстоуна-Мостеллера, на состоятельность; [5, 6] – организация и проведение вычислительных экспериментов; [7] – предложен способ проверки устойчивости заданного профиля экспертных ранжирований на порядковой шкале; [10] – разработан и отлажен программа для ЭВМ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 103 наименований и шести

приложений. Основной текст изложен на 137 страницах без списка литературы. Работа содержит 7 таблиц, 22 рисунка. Объем приложений – 39 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проанализировано современное состояние проблемы коллективного выбора на множестве недоминируемых альтернатив, необозримом для ЛПР. В частности, проанализированы недостатки существующих моделей выбора на основе МЭЭО, определены направления их устранения.

Вторая глава посвящена обоснованию и построению способов адаптации процедуры Терстоуна-Мостеллера на основе МЭЭО к её использованию на РК-шкале. Преимущества этой шкалы были ранее установлены в работах сотрудников ВГУИТ.

Суть ранжирования на РК-шкале состоит в следующем: пусть для пары альтернатив (A_i, A_j) эксперт способен оценить величину разности в их полезности. На основании такой оценки пара должна быть отнесена к одному из классов Q_0, Q_1, \dots, Q_r , каждый из которых характеризуется определенной степенью различия в полезности A_i и A_j . Далее, как и в обычном МЭЭО, строится система неравенств, которой должен удовлетворять вектор коэффициентов функции полезности, а затем из всех решений системы выбирается одно, в каком-то смысле наилучшее (из условия максимума функции правдоподобия или минимума суммы квадратов).

Первой задачей адаптации процедуры Терстоуна-Мостеллера к РК-шкале явилась необходимость выявления *косвенных* (неявных) экспертных предпочтений. Суть проблемы в том, что некоторые предпочтения могут явно не присутствовать в наборе неравенств, построенных по результатам экспертизы, но следовать из прочих явно указанных соотношений.

Покажем это на примере. Пусть два эксперта Э1 и Э2 проранжировали три альтернативы на РК-шкале следующим образом.

$$\text{Э1: } (A_1, A_2) \in Q_1, \quad (A_1, A_3) \in Q_2, \quad (A_2, A_3) \in Q_1;$$

$$\text{Э2: } (A_1, A_2) \in Q_1, \quad (A_1, A_3) \in Q_1, \quad (A_2, A_3) \in Q_0.$$

В результате получены две системы неравенств $C^{(i)} w \geq 0$ относи-

тельно вектора w полезностей со следующими матрицами:

$$C^{(1)} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad C^{(2)} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Теперь, согласно процедуре Терстоуна-Мостеллера, надо определить количество экспертов, проголосовавших за выполнение каждого полученного неравенства. Как видим, в матрицах есть несовпадающие строки. Вследствие этого, неясно, считает ли Э1 справедливым, например, неравенство $(w_1 - w_3) - (w_3 - w_2) \equiv w_1 + w_2 - 2w_3 \geq 0$, (третья строка $C^{(2)}$). Однако несложно заметить, что оно следует из неравенств, соответствующих 2-й и 3-й строкам матрицы $C^{(1)}$. Значит, Э1 также неявно проголосовал за выполнение этого соотношения. В работе предложено выявлять такие предпочтения посредством решения задачи линейного программирования.

Также существенным затруднением в применении РК-шкалы является наличие предпочтений, названных нами спорными.

Определение. Назовём *спорными* те соотношения в системе экспертных предпочтений, которые не противоречат этой системе, но и не входят в её состав даже косвенно.

Так, в рассмотренном выше примере последняя строка матрицы $C^{(2)}$, соответствующая неравенству $(w_1 - w_2) - (w_2 - w_3) \equiv w_1 - 2w_2 + w_3 \geq 0$, не представима никакими строками матрицы $C^{(1)}$, а последняя строка матрицы $C^{(1)}$, соответствующая неравенству $w_2 - w_3 \geq 0$ не представима никакими строками матрицы $C^{(2)}$. Таким образом, по результатам экспертизы невозможно установить, сколько экспертов считают, что эти соотношения выполняются.

Примем допущение, что распределение случайной невязки ξ спорного неравенства приблизительно симметрично вблизи 0. Тогда можно считать, что ξ с примерно равной вероятностью может принять как положительное, так и отрицательное значение. Поэтому было принято решение в случае спорного соотношения добавлять к значению s счётчика различных случаев экспертных предпочтений не 1, как в ситуации установленного соотношения, а $1/2$.

Следуя модели Терстоуна-Мостеллера, примем, что невязки неравенств распределены нормально. Тогда при данном способе накопления s относительная ошибка в определении $M[s/N]$ равна:

$$\frac{P(\xi \geq u) + 0.5P(|\xi| \leq u) - M[s/N]}{M[s/N]} = \frac{1 - U(v-u) + 0.5(U(u-v) - U(-u-v)) - U(v)}{U(v)} = O(u^2v),$$

где u – размер зоны неопределённости знака неравенства, $v = M[\xi]$, $U(x)$ – функция стандартного нормального распределения.

Поскольку спорные неравенства появляются при близкой полезности ранжируемых альтернатив, то есть основания считать u и v малым величинами, а отсюда погрешностью можно пренебречь.

Вследствие этого, выполнение каждого экспертного предпочтения на РК-шкале будет учитываться следующим образом:

а) при переборе разностей $\forall i < j$:

$$P^{суб}(\Delta_{ij} \geq 0) = \begin{cases} 1, & \text{если явное или косвенное,} \\ 0.5, & \text{если спорное.} \end{cases}; \quad (1)$$

б) при сравнении разностей

$$\forall \{(i < j) \wedge (q < p) \mid (i, j) \neq (q, p)\} \exists [(\Delta_{ij} \in Q_\alpha) \wedge (\Delta_{qp} \in Q_\beta)]:$$

$$P^{суб}(\Delta_{ij} - \Delta_{qp} \geq 0) = \begin{cases} 1, & \text{если явное или косвенное,} \\ 0.5, & \text{если спорное.} \end{cases}, \quad (2)$$

где $(i, j, q, p) = \overline{1, m}$ – произвольные значения номеров альтернатив, формирующих разности; $(\alpha, \beta) = \overline{0, t}$ – произвольные номера классов предпочтения, характеризующих разность в полезностях между альтернативами; $\Delta_{ij} = (w_i - w_j)$.

Также во второй главе показана недопустимость нетранзитивности индивидуальных предпочтений, изложен метод соответствующей диагностики результатов экспертизы.

Третья глава посвящена разработке и обоснованию более совершенной модели коллективного выбора Терстоуна-Мостеллера, а также построению на её основе адаптивной процедуры МЭЭО, использующей различные ранжирующие шкалы и позволяющей получать результаты улучшенной точности. При этом были решены следующие задачи:

1) разработаны взвешенный МНК и метод непосредственной минимизации суммы квадратов отклонений (нелинейный МНК), имеющие лучшую точность, по сравнению с оригинальным методом линеаризации, предложенным в работах Терстоуна;

2) выявлены необходимые и достаточные условия конечности

оценок полезностей альтернатив, полученных процедурами Терстоуна-Мостеллера и МЭЭО-ММП;

3) разработан комбинированный алгоритм коллективного выбора, использующий порядковую или РК-шкалу в зависимости от свойств профиля экспертных предпочтений;

4) доказана состоятельность статистических оценок, полученных с помощью процедуры Терстоуна-Мостеллера, использующей нелинейный МНК.

Остановимся подробнее на второй и третьей задачах.

Задача 2. При наличии единого мнения группы экспертов значения субъективных вероятностей выполнения некоторых неравенств могут быть равны 1 или 0. При аналитическом решении этим исходным данным в некоторых случаях соответствуют бесконечные выходные оценки полезностей. Но при численном поиске оценок решения будут неопределёнными, поскольку целевая функция в этом случае имеет «плато». Очевидно, что для правильной интерпретации результатов численного решения, необходимо заранее знать, должен ли ответ быть конечным.

Предлагается следующей метод такой проверки. Для каждой пары (A_i, A_j) альтернатив $(i, j = \overline{1, m}, i \neq j)$ вычислим субъективные вероятности выполнения соотношения $A_i \succeq A_j$:

$$p_{ij} = \sum_{i \neq j} P^{cy\bar{b}}(\Delta_{ij} \geq 0) / N,$$

где $P^{cy\bar{b}}(\Delta_{ij} \geq 0)$ вычисляются по формуле (1). Далее на множестве альтернатив введём бинарное отношение R :

$$(A_i, A_j) \in R \Leftrightarrow 0 < p_{ij} < 1. \quad (3)$$

Его геометрическим образом будет неориентированный *граф экспертного упорядочения* $G = (A, R)$, где A – множество альтернатив. Конечность решения, полученного процедурами Терстоуна-Мостеллера и МЭЭО-ММП, определяется следующими теоремами.

Теорема 1. Пусть в графе $G = (A, R)$ вершины A_i и A_j достижимы одна из другой. Тогда $|\widehat{w}_i - \widehat{w}_j| < +\infty$, где оценки \widehat{w}_i и \widehat{w}_j являются координатами точки теоретического максимума функции правдоподобия в МЭЭО.

Из теоремы 1 следует, что если граф G связный, то точка теоретического максимума функции правдоподобия – конечна.

Теорема 2. Пусть граф G несвязный и A_i и A_j принадлежат разным компонентам связности. Тогда в точке теоретического максимума функции правдоподобия $|\hat{w}_i - \hat{w}_j| = +\infty$.

Отсюда, связность графа G является необходимым и достаточным условием конечности точных ММП-оценок.

Было установлено, что это условие справедливо и для оценок по Терстоуну-Мостеллеру в МЭЭО при экспертном ранжировании обучающей выборки на порядковой шкале.

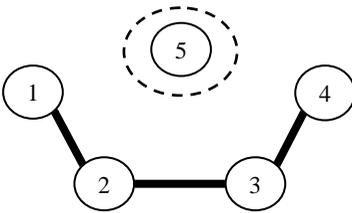


Рис.1 а)

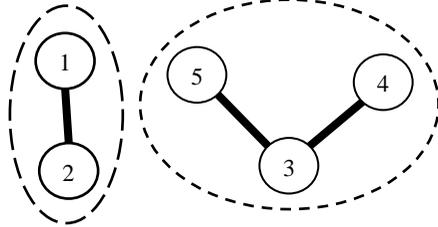


Рис.1 б)

На рис.1 а) вершина 5 графа G является изолированной, следовательно, оценка полезности альтернативы A_5 либо бесконечно больше, либо бесконечно меньше остальных; на рис. 1 б) граф экспертного упорядочения распадается на две компоненты связности, разность оценок полезности у любых альтернатив, относящихся к разным компонентам, равна бесконечности.

Найденное условие конечности решения для исследуемых процедур выбора на основе МЭЭО позволило синтезировать механизм так называемой *регуляризации* выборки, который даёт возможность ЛПР, руководствуясь информацией о структуре полученных компонент связности графа экспертного упорядочения, сформировать обучающую выборку таким образом, чтобы в её состав входили альтернативы только с устойчивыми статистическими оценками полезности. Этот механизм позволяет значительно повысить эффективность процесса экстраполяции обучающей выборки на всё исходное множество недоминируемых альтернатив.

Задача 3. Было предложено при генерации коллективного выбора разбить профили экспертных упорядочений на классы по степени их согласованности и обрабатывать каждый класс специальным методом. В случае связного графа экспертного упорядочения G достаточно применения порядковой шкалы, для несвязного графа – используем РК-шкалу,

позволяющую значительно повысить точность искомых коэффициентов функции полезности МЭЭО и тем самым улучшить качество результатов экстраполяции.

Эффективность предложенного комбинированного метода была проверена с помощью вероятностного метода анализа, описанного ранее в диссертационной работе М. С. Мироновой. Результаты проверки изложены в главе 4 настоящей работы.

На рис. 2 представлен обобщённый алгоритм адаптивной процедуры коллективного выбора на основе МЭЭО.

В четвертой главе приведено описание разработанного программного обеспечения, которое предполагает возможность быстрой настройки на решение сложных многокритериальных задач выбора в конкретной предметной области. Проведены вычислительные эксперименты, подтверждающие возможность применения синтезированных в настоящей работе модели и алгоритма адаптивной процедуры МЭЭО для решения задач коллективного выбора. Помимо предлагаемой адаптивной процедуры рассматривались другие известные к настоящему моменту процедуры коллективного выбора, использующиеся в МЭЭО. Их эффективность оценивалась по величине смещения математического ожидания оценок полезности альтернатив, а также по величине разброса оценок от истинных значений полезностей альтернатив.

На рис. 3 для выборки из трёх альтернатив приведены графики зависимостей величины смещения математического ожидания оценки полезности $W(A_2)$ от параметра T , характеризующего степень разногласия мнений экспертов в данном профиле. Здесь w_2 – истинная полезность альтернативы A_2 . Подробные результаты вычислительных экспериментов приводятся в главе 4-й и в Приложении.

Также с помощью адаптивной процедуры МЭЭО решена многокритериальная задача выбора наилучшей структуры линии фотолитографии с реальными исходными данными.

В заключении сформулированы полученные результаты и приведены основные выводы.

В приложениях к диссертационной работе приведены экранные формы разработанного программного обеспечения, данные вычислительных экспериментов на основе вероятностного анализа процедур, применимых в методе экстраполяции экспертных оценок, а также справки о внедрении и испытании созданного программного обеспечения.

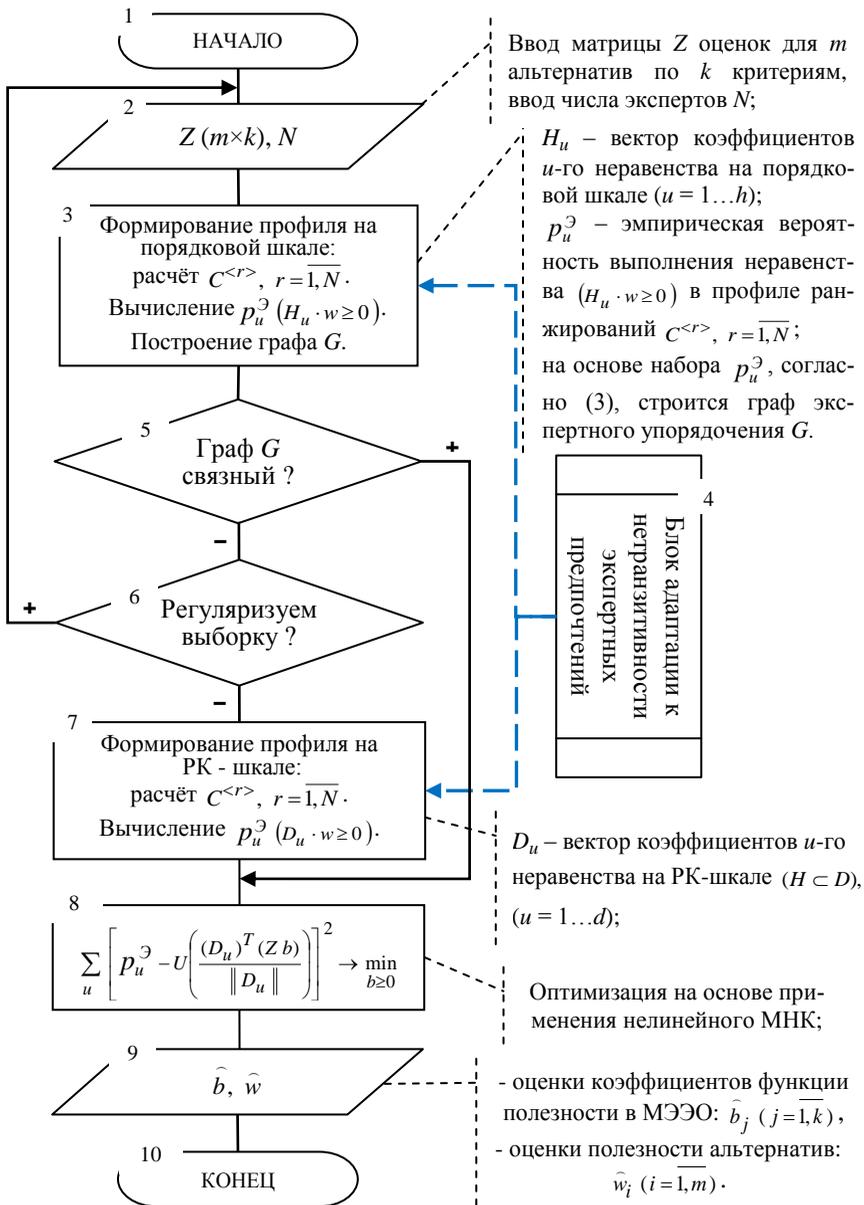


Рис. 2. Обобщённый алгоритм адаптивной процедуры выбора на основе МЭЭО

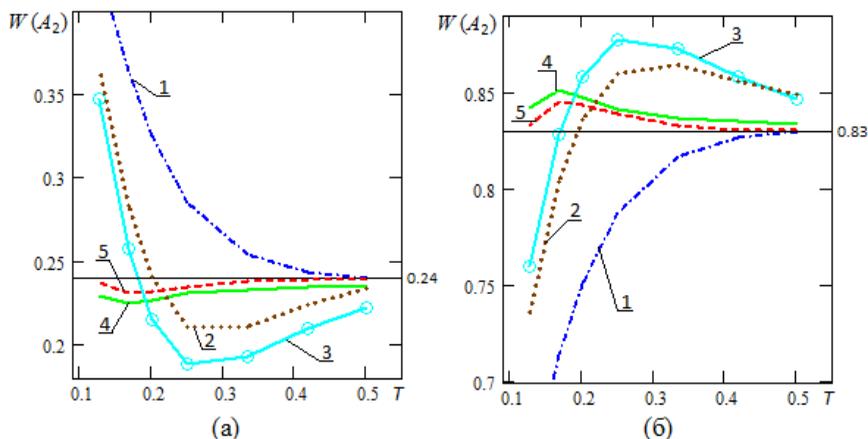


Рис. 3. Зависимости математического ожидания оценки $W(A_2)$ от T при а) $w_2 = 0.24$ и б) $w_2 = 0.83$ для процедур: 1) Борда; 2) МЭЭО-ММП на порядковой шкале; 3) Сысоева-Чирко-Десятова; 4) МЭЭО-ММП на РК-шкале; 5) адаптивная процедура МЭЭО.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Получены необходимые и достаточные условия существования конечных решений при заданном профиле предпочтений в процедурах коллективного выбора МЭЭО-ММП и Терстоуна-Мостеллера.

2. Предложен метод анализа профиля предпочтений на порядковой шкале на устойчивость решений, основанный на проверке связности графа экспертного упорядочения. Этот результат вместе с результатом предыдущего пункта позволяет разработать процедуру коллективного выбора на основе МЭЭО, адаптивную к структуре профиля предпочтений.

3. Разработана модель и на её основе алгоритм модифицированной процедуры Терстоуна-Мостеллера для коллективного выбора при экспертизе на РК-шкале, которая даёт возможность значительно повысить точность результатов экстраполяции по сравнению с порядковой шкалой.

4. Доказана состоятельность решений, получаемых модифицированной процедурой Терстоуна-Мостеллера, что подтверждает тенденцию улучшения точности данной процедуры при увеличении числа экспертов.

5. Определены условия применимости разностно-классификационной шкалы экспертного оценивания в процедурах экстраполяции

экспертных оценок, что позволило синтезировать адаптивную процедуру выбора на основе МЭЭО, обеспечивающую возможность применения варианта метода коллективного выбора, наиболее целесообразного для конкретного профиля упорядочений.

6. Разработан комбинированный алгоритм коллективного выбора на основе модели Терстоуна-Мостеллера для МЭЭО, адаптивный к: а) типу шкалы экспертного оценивания (порядковая и/или разностно-классификационная); б) структуре профиля предпочтений; в) нетранзитивным и заведомо несуществующим (относительно оценок альтернатив по частным критериям качества) экспертным ранжированиям.

7. Создан программный комплекс, реализующий предложенные модели и методы коллективного выбора на основе МЭЭО, позволяющий осуществить коллективный выбор при решении управленческих задач в различных сферах науки и производства.

8. Проведены вычислительные эксперименты на основе вероятностного метода анализа, подтверждающие эффективность разработанных методов и моделей коллективного выбора.

Основные публикации по теме диссертации: Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Бугаев, Ю. В. Анализ конечности решения в методе экстраполяции экспертных оценок [Текст] / Ю. В. Бугаев, И. Ю. Шурупова, М. К. Бабаян // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – №1. – С. 73 - 78.

2. Бугаев, Ю. В. Методы проверки транзитивности индивидуальных экспертных предпочтений [Текст] / Ю. В. Бугаев, И. Е. Медведкова, М. К. Бабаян // Вестник ВГУИТ. Серия: «Информационные технологии, моделирование и управление». – 2014. – №2. – С. 77 - 82.

3. Бугаев, Ю. В. Применение процедуры Терстоуна-Мостеллера в экстраполяции экспертных оценок [Текст] / Ю. В. Бугаев, И. Ю. Шурупова, М. К. Бабаян // Вестник ВГУ. Серия: «Системный анализ и информационные технологии». – 2015. – №1. – С. 107 - 113.

4. Бугаев, Ю. В. Состоятельность статистических оценок Терстоуна-Мостеллера [Текст] / Ю. В. Бугаев, Б. Е. Никитин, И. Ю. Шурупова, М. К. Бабаян // Вестник ВГУИТ. Серия: «Информационные технологии, моделирование и управление». – 2015. – №1. – С. 82 - 85.

Статьи и материалы конференций

5. Бугаев, Ю. В. Алгоритм использования процедуры коллектив-

ного выбора Терстоуна-Мостеллера на лингвистической шкале [Текст] / Ю. В. Бугаев, М. К. Бабаян // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-26: сб. трудов XXVI Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т.2. Секция 2 / под общ. ред. А. А. Большакова. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2013. – С. 66 - 69.

6. Бугаев, Ю. В. Модифицированный вероятностный метод анализа процедур коллективного экспертного оценивания [Текст] / Ю. В. Бугаев, И. Ю. Шурупова, М. К. Бабаян // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-27: сб. трудов XXVII Междунар. науч. конф.: в 12 т. Т.5. Секции 1,2,5 / под общ. ред. А. А. Большакова. – Тамбов: Тамбовск. гос. техн. ун-т, 2014. – С. 86 - 88.

7. Бугаев, Ю. В. Процедура анализа устойчивости решения в методе экстраполяции экспертных оценок [Текст] / Ю. В. Бугаев, И. Ю. Шурупова, М. К. Бабаян // Моделирование энергоинформационных процессов: сборник статей I междунар. научно-практической интернет-конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2012. – С. 205 - 210.

8. Бабаян, М. К. Анализ влияния значений пороговых границ вероятностей в процедуре коллективного выбора Терстоуна-Мостеллера на устойчивость решения [Текст] / М. К. Бабаян // Моделирование энергоинформационных процессов: сборник статей II междунар. научно-практической интернет-конференции. – Воронеж: ВГУИТ, 2014. – С. 55 - 60.

9. Бабаян, М. К. Адаптация процедуры Терстоуна-Мостеллера к использованию на разностно-классификационной шкале [Текст] / М. К. Бабаян // Научно-теоретический журнал «Экономика. Инновации. Управление качеством». – Воронеж. 2015. №1(10). – С. 165 - 168.

10. Система поддержки принятия решений на основе использования процедуры коллективного выбора Терстоуна-Мостеллера на лингвистической шкале / Ю. В. Бугаев, М. К. Бабаян // Реестр программ для ЭВМ. – Свидетельство о гос. регистр. программы для ЭВМ №2013613238 от 28.03.2013.

Подписано в печать. Формат 60 x 84/16.

Усл. печ. л. 1.0. Тираж 100 экз.

Заказ

Воронежский государственный университет инженерных технологий (ВГУИТ)

Отдел оперативной полиграфии ВГУИТ

Адрес университета и отдела оперативной полиграфии:

394036, Воронеж, пр. Революции, 19.