

УДК 004.8.003.13:339.13.017

UDC 004.8.003.13:339.13.017

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**INFORMATION SYSTEMS EFFICIENCY  
IMPROVEMENT WITH INTELLECTUAL  
TECHNIQUES**

Белых Андрей Алексеевич  
к. т. н., доцент

Belykh Andrey Alekseevich  
Cand.Tech.Sci, Associate Professor

Шайдулин Роман Фаритович  
*Пермская государственная сельскохозяйственная  
академия, Пермь, Россия*

Shaidulin Roman Faritovitch  
*Perm State Agricultural Academy, Perm, Russia*

Харитонов Валерий Алексеевич  
д. т. н., профессор  
*Пермский государственный технический универ-  
ситет, Пермь, Россия*

Kharitonov Valery Alekseevich  
Dr.Sci.Tech., Professor  
*Perm State Technical University,  
Perm, Russia*

В статье излагаются основы построения интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем в виде процессов, описываемых мнемоническими схемами на основе учета предпочтений игроков рынка и программных методов их наполнения в соответствии с востребованным уровнем инжинирингово-управленческих компетенций пользователя

The basic items of modeling of intellectual techniques improvement are presented in the article. These are done in a form of processes described by mnemonic schemes based on consideration both of “market players” preferences and of programming methods of their fillings-up in accordance with the level of a user’s engineering-managing competence which is required

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, ПРЕДПОЧТЕНИЯ, КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ, МОДЕЛИ РЫНКА, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МНЕМОСХЕМЫ ПРОЦЕССОВ, ПРОГРАММНЫЕ МЕТОДЫ

Keywords: INFORMATION SYSTEM, PREFERENCES, COMPLEX EVALUATION, “MARKET MODELS”, INTELLECTUAL TECHNIQUES, MNEMOSCHEMES OF THE PROCESSES, PROGRAMMING METHODS

**Введение**

Повышение эффективности информационных систем (ИС) требует рассмотрения ее как аппаратно-программной системы, устойчиво функционирующей в процессе поддержки приложений в соответствии с требованиями заказчика. Определение необходимых изменений ИС основывается на данных о ее текущем состоянии (эффективности) и перспективных будущих состояниях, связанных с изменением эффективности. Эти состояния, во-первых, зависят от отраслевых особенностей сложных систем, для которых она является надстройкой, а, во-вторых, подлежат интерпретации (комплексному оцениванию) с учетом человеческого фактора - предпочтений всех заинтересованных лиц. Данное обстоятельство предпо-

лагают актуальным привнесение новых свойств ИС в процедуру обработки данных, ответственную за антропогенное оценивание и изменение состояний сложных прикладных объектов, что делает ее интеллектуальной [1].

В статье для решения задач разработки интеллектуальных технологий на основе моделей предпочтений предлагается их описывать мнемоническими схемами (мнемосхемами) специального вида, объединяющими данные обо всех главных параметрах интеллектуальных технологий, имеющих сложную структуру, и создающими полное совокупное их описание. Следуя общепринятому толкованию термина «технология» как совокупности процессов и методов, необходимо учесть приоритет процессов, определяющих достижимость желаемого результата, над методами, в нашем случае, обозначающими уровень инжинирингово-управленческих компетенций (ИУК) пользователя. В связи с этим, процедуру построения процессов в рамках создаваемых интеллектуальных технологий целесообразно разбить на два этапа: этап разработки базовых процессов интеллектуальных технологий и этап создания объектно-ориентированных решений задач анализа и обработки данных. Полученный на этой основе результат становится окончательным после наполнения процессов теми или иными вариантами наборов функциональных свойств, определяемыми ассортиментом сертифицированных программных продуктов поддержки принятия решений.

### **1. Постановка задачи.**

Состав и структура частных критериев ИС могут быть разбиты на три группы.

Первая группа критериев ( $I_{гр}$ ) описывает ИС как аппаратно-программную систему устойчивой поддержки приложений и включает в себя: производительность; помехоустойчивость; живучесть и другие показатели.

Вторая группа критериев (IIгр) отвечает за интеллектуальную обработку данных сложных прикладных объектов и представлена следующими характеристиками: ранжируемость состояний объекта с учетом предпочтений ЛПР; уровень адекватности модели предпочтений системе ценностей ЛПР; мерность области определения функций чувствительности – зависимостей комплексной оценки от групп частных критериев; уровень обоснования изменений состояния (эффективности) прикладных объектов; степень дружелюбности интерфейса и востребованный уровень инженерингово-управленческих компетенций (ИУК).

Третья группа критериев (IIIгр) характеризует уровень интеллектуальной обработки данных об изменениях состояний (эффективности) сложных прикладных объектов и представлена следующими свойствами ИС: ранжируемость изменений состояния объекта с учетом предпочтений ЛПР; степень дружелюбности интерфейса; уровень противодействия попыткам манипулирования данными при селекции управлений эффективностью и востребованный уровень ИУК.

Первая группа показателей, дополненная экономическими и другими критериями [2], безусловно, подлежит агрегированию в комплексную оценку, как интегральную оценку эффективности технических (информационных) систем. Это является методологическим принципом обоснования направлений повышения эффективности. Другие группы показателей, характеризующие уровень развития новых свойств ИС и востребованный уровень ИУК [5], не нуждаются в агрегировании, так как уровень их совершенствования зависит от достигнутых научных результатов в области интеллектуальной обработки данных по каждому компоненту из этих групп.

С учетом вышесказанного, структуру управления эффективностью ИС можно представить комплексной схемой, где объект управления (ИС) является прототипом, точкой отсчета положительной динамики развития

его эффективности и рассматривается, как устройство (система) устойчивой поддержки приложений (СУПП) и как устройство (система) интеллектуальной обработки данных (СИОД) (см. рисунок 1).

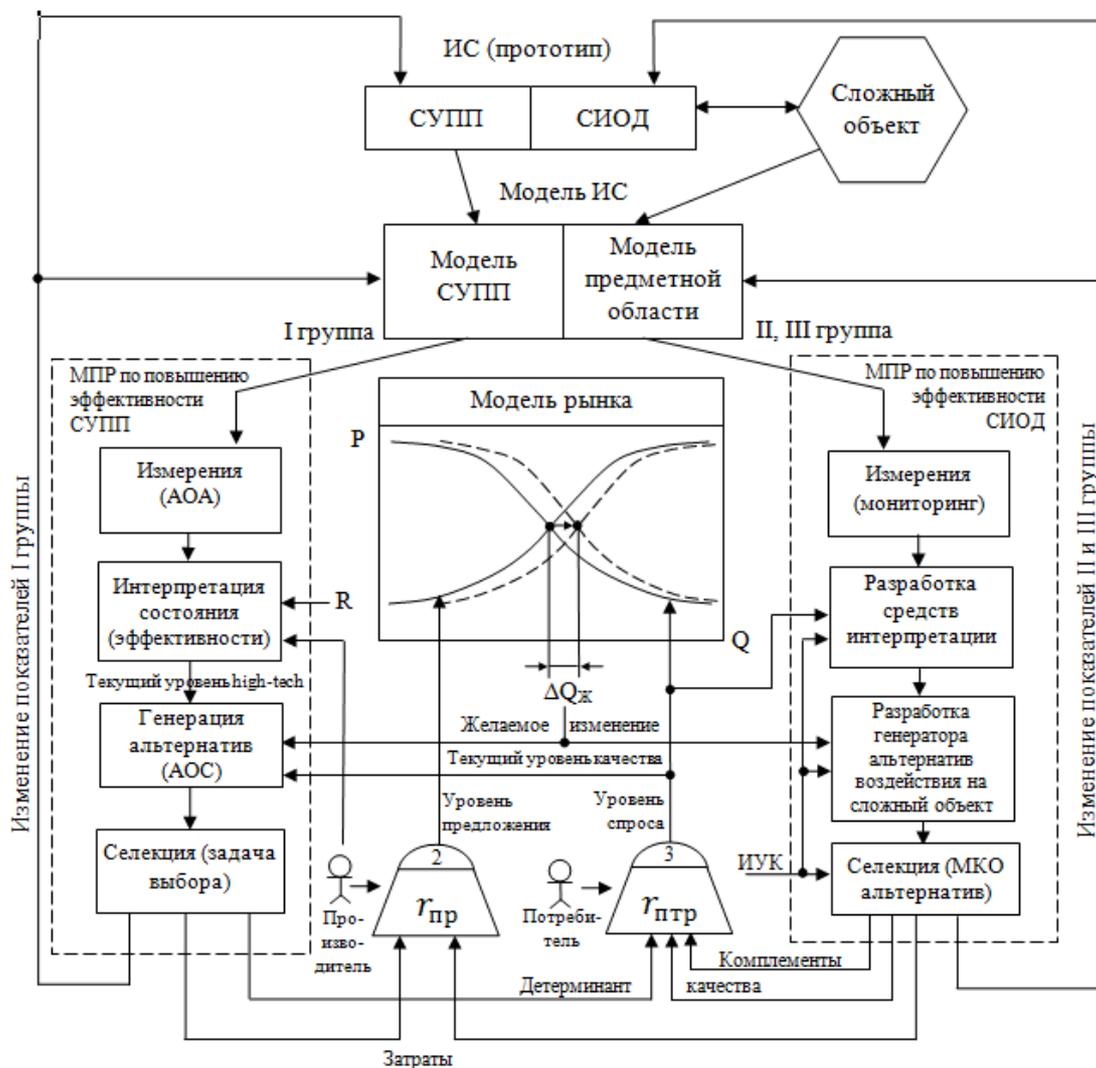


Рисунок 1. Комплексная схема интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем

В соответствии с методологией интерпретации эффективности сложных систем с позиций рыночных отношений [2] в комплексную схему (см. рисунок 1) включена модель рынка ИС (прототипа). Данная модель строится как композиция многомерных функций спроса и предложения, являющихся матричными моделями предпочтений производителя продукции

$r_{np}$  и потребителя  $r_{мп}$ . На входе каждой из моделей предполагается присутствие значений детерминантов спроса и предложения, наиболее существенные компоненты которых представлены на рисунке 1. Разработка упомянутых моделей принадлежит к классу задач, решаемых с помощью интеллектуальных технологий, обозначаемых здесь как ИТ1 и ИТ2, соответственно.

Эпюра, представленная на рисунке 1, иллюстрирует пересечение моделей в плоскости «цена сделок – объем сделок». Сплошными линиями отображается исходное равновесное состояние рынка, точка равновесия которого должна соответствовать реальному состоянию рынка. Факт несовпадения может служить обоснованием внесения параметрических изменений в модель рынка обеспечивающих адекватность модели объекту моделирования. Пунктирными линиями отображается желаемое состояние рынка, которое может быть достигнуто посредством повышения эффективности основного продукта.

Обсуждаемая структура управления эффективностью ИС содержит два контура управления в соответствии с определением, данным в [1].

Первый контур управления эффективностью ИС включает в себя модель системы устойчивой поддержки приложений и модель принятия решений (МПР) по повышению уровня эффективности этой компоненты ИС. Модель СУПП отображает все существенные архитектурные особенности аппаратно-программной части ИС, подлежащие учету при имитационном моделировании функционирования ИС. Модель принятия решений предназначена для обоснования технических заданий на изменение совокупности частных показателей эффективности ИС и состоит из последовательности этапов, общепринятой в теории принятия решений, но отличающейся новым наполнением.

Первый блок МПР осуществляет измерение частных характеристик аппаратно-программной компоненты ИС методом архитектурно-

ориентированного анализа [4], который отличается от известных методов высокой степенью достоверности и возможностями получения оценок эффективности ИС с учетом композиции использованных в ней технических решений на различных уровнях архитектуры.

Вектор результатов измерения поступает в составе детерминанта качества в обобщенный детерминант спроса, т.е. на вход модели предпочтений потребителя ( $r_{mnp}$ ), характеризуя качество ИС как системы устойчивой поддержки приложений и дополняя перечень задач разработки новых интеллектуальных технологий (ИТ3).

С другой стороны, вектор результатов измерения должен быть интерпретирован производителем как уровень использования достижимых (реализуемых) high-tech технологий, ограничивающих набор потребительских свойств производимой продукции. Решение этой задачи возлагается на блок интерпретации МПР, выполняющий операции свертки и комплексного оценивания результатов измерения в соответствии с мнением экспертов-технологов от производителя. Эта задача нуждается в разработке дополнительных интеллектуальных технологий (ИТ4).

Перечисленные элементы комплексной схемы достаточны для построения модели рынка с учетом только первой группы показателей эффективности ИС, полагая остальные группы не востребованными.

Последние два блока МПР: блок генерации альтернатив (архитектурно-ориентированный синтез) и блок селекции (решение задачи выбора), используются в процедуре повышения эффективности ИС и дополняются новыми интеллектуальными технологиями ИТ5 и ИТ6, соответственно. Содержание процедуры заключается в следующем.

1. На основании предпочтений экспертов-технологов в блоке интерпретации создается модель свертки измеряемых характеристик ИС с позиций глубины использования имеющихся ресурсов high-tech технологий, выполняется комплексное оценивание достигнутого уровня в прототипе по

результатам измерений и назначается желаемый уровень высоких технологий, исходя из имеющихся ресурсов  $R$ .

2. По модели предпочтений потребителя  $r_{mnp}$  оценивается текущий уровень качества продукта и требуемая степень его роста, обеспечивающая желаемые изменения  $\Delta Q_{жс}$  равновесия рынка в соответствии с high-hume технологиями, учитывающие позиционирование на нем реальных и прогнозируемых конкурентов. Для последних повышение уровня качества ИС является предпосылкой для снижения цен субституттов, способствующих вытеснению с рынка (уменьшению доли рынка) игроков, находящихся в антагонистических отношениях с «основным» производителем.

Совмещение моделей предпочтений различных игроков для обоснования сбалансированных решений требует перевода ряда обстоятельств моделирования в метрическое пространство, что становится возможным в рассматриваемых ниже интеллектуальных технологиях ИТ7.

3. С помощью графоаналитической процедуры обоснования конечного числа вариантов альтернатив, связанных с установлением требуемых изменений его частных показателей эффективности, в блоке генерации альтернатив на основе архитектурно-ориентированного синтеза [4] определяются варианты технического задания на изменение эффективности ИС с позиций рыночных отношений (ИТ8) с учетом ограничений на допустимый уровень высоких технологий (ИТ9). Последнее ограничение есть частичное решение задачи выбора на уровне сужения множества альтернатив.

4. В блоке селекции на конкурсной основе по критерию затрат находится hume-оптимальное решение (ИТ10), уточняемое в итерационном порядке путем сопоставления результатов моделирования на моделях СУПП и рынка с желаемыми значениями.

5. Обоснованное техническое решение по повышению эффективности ИС отправляется на реализацию взамен прототипа.

Второй контур управления эффективностью ИС включает в себя модель предметной области и модель принятия решений по повышению уровня эффективности системы интеллектуальной обработки данных.

Перечислим элементы комплексной схемы, достаточные для построения модели рынка с учетом только второй и третьей групп показателей эффективности ИС, полагая первую группу не востребованной.

Модель предметной области отображает все существенные особенности задач анализа и интеллектуальной обработки данных о сложном объекте, подлежащем управлению. Модель принятия решений предназначена для обоснования процессов и методов реализации интеллектуальных технологий, обеспечивающих интерпретацию состояний сложного объекта (ИТ11), генерацию множества альтернатив – вариантов изменения этих состояний, а также селекцию *hume*-оптимальных решений на основе механизмов комплексного оценивания и уровень ИУК. Перечисленные функции МПР, по аналогии с первым контуром управления эффективностью ИС, составляют последовательность этапов, общепринятую в теории принятия решений, но отличающуюся новым наполнением. Принимаемые решения, связанные с разработкой новых интеллектуальных технологий ИТ12, влияют на содержание функций и расположение кривых спроса и предложения через динамику затрат  $r_{np}$  на модернизацию второй и третьей групп показателей эффективности ИС, детерминант качества и компоненты  $r_{nmp}$  (см. рисунок 1). Таким образом, возможно повышение эффективности ИС в целом с позиций рыночных отношений.

Одновременное использование обоих контуров управления эффективностью ИС не приводит к серьезному усложнению данной процедуры, благодаря универсальности модели рынка.

В соответствии с предложенной во введении последовательностью обсуждения проблемы разработки интеллектуальных технологий повыше-

ния эффективности ИС ее решение начинается с создания соответствующего инструментального базиса.

## 2. Базовые процессы интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем

Введем исходное множество формализмов:

$r$  – тип предпочтения (область предпочтений и носитель предпочтения),

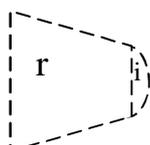
$M$   
 $R$  – матричное представление свертки,

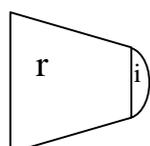
$T$   
 $R$  – топологическое представление свертки,

$(i)$  - рефлексия  $i$  – го рода,

$\Delta$  - степень неадекватности модели прототипу,

$\sim$  - символ эквивалентности (взаимооднозначности) моделей предпочтения прототипу,

 - предпочтение  $i$  – го рода рефлексии,

 - модель предпочтения  $i$  – го рода рефлексии.

Процесс исследования существа индивидуального предпочтения лица принимающего решение (ЛПР) и повышения степени адекватности модели предпочтения прототипу на основе топологизации матрицы свертки может быть представлен мнемосхемой, показанной на рисунке 2.

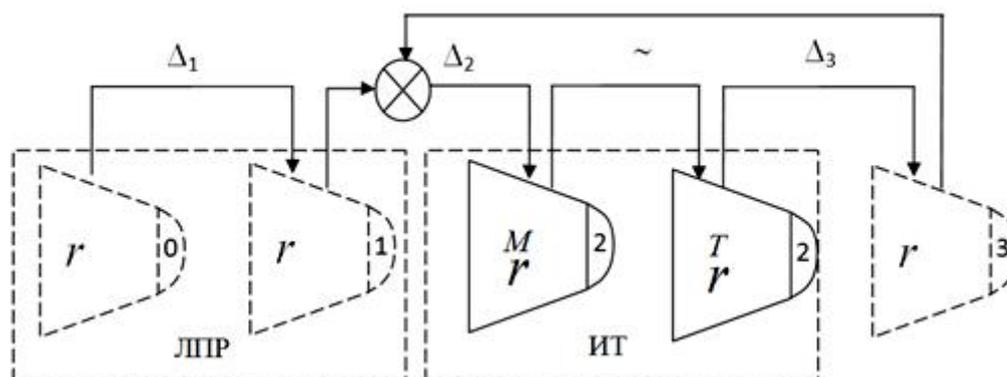


Рисунок 2. Технология повышения степени адекватности модели предпочтения прототипу на основе топологизации матрицы свертки

Индивидуальное предпочтение в определенной предметной области возникает как результат сложной психической деятельности человека и означает его способность, главным образом, за счет эмоциональных (бессознательных) компонентов системы предпочтений в отношении двух любых объектов (А, В) из однородного множества сформулировать один из трех вариантов своего отношения к ним:

$$A > B, B > A, A = B. \quad (1)$$

Такой форме предпочтения соответствует рефлексия 0-го рода. Эта форма предпочтения служит основой большого числа методов обоснования принимаемых решений, используя отношение порядка (1), устанавливаемого на представляемом множестве однородных объектов, с последующим его обобщением на множество представления. Этот результат уже соответствует рефлексии более высокого – 1-го рода с методической погрешностью  $\Delta_1$  рефлексирования (отражения предпочтения).

При необходимости, носитель предпочтения (ЛПР) путем усиления своей психической деятельности может составить интерпретацию, объясняющую мотивацию принятия решения в задаче выбора относительно лю-

бой пары объектов сопоставления из множества представления. Сформулированный результат психической деятельности соответствует рефлексии 1-го рода предпочтения ЛПР.

Не останавливаясь на мотивациях моделирования индивидуального предпочтения ЛПР (отметим лишь целесообразность использования в этой процедуре топологического представления свертки), построим модель предпочтения ЛПР как рефлексия 1-го рода отражения прототипа на информационном носителе с методической погрешностью  $\Delta_2$ , обозначающей степень неадекватности модели прототипу. Последнее обстоятельство свидетельствует о соответствии модели рефлексии 2-го рода и необходимости уменьшения методической погрешности  $\Delta_2$ . Единственный путь достижения этой цели лежит в направлении создания возможностей для ЛПР сопоставления содержания рефлексии 1-го рода с содержательной интерпретацией модели предпочтения как рефлексии 2-го рода.

В силу взаимодозначности топологической и матричной форм представления свертки известным образом получаем модель предпочтения в формализованном виде, допускающем проведение исследований методом вычислительного эксперимента. Речь идет об интерпретации полученной модели, объясняющей «мотивацию» принятия решений на ее основе. Содержание интерпретации соответствует рефлексии 3-го рода предпочтения ЛПР и обуславливает методическую ошибку  $\Delta_3$ , которая должна быть сведена к минимуму путем использования эффективных технологий исследования модели предпочтений, в том числе посредством проведения комплексной сертификации и множественной линеаризации свертки семейства рабочих точек. Результатом сопоставления должна стать коррекция топологии модели свертки и следующее за ней уточнение рефлексии предпочтения 2-го рода, на которой лежит ответственность за принимаемое в будущем решение.

Процесс рефлексивного изучения типа участника системы принятия решений по данным в виде матриц свертки решается в соответствии с мнемонической схемой, представленной на рисунке 3.

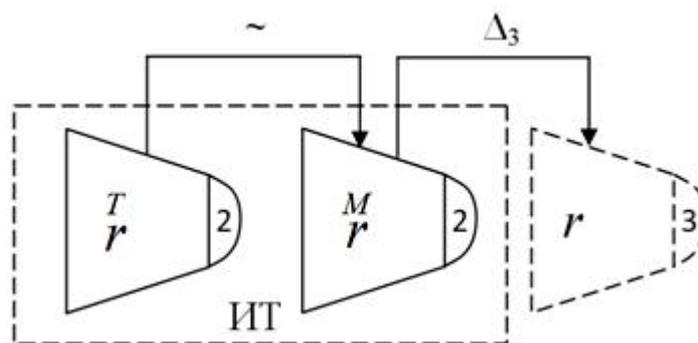


Рисунок 3. Технология исследования существа предпочтения неизвестного лица по модели предпочтения с рефлексией 2-го рода

Решением проблемы адекватности модели предпочтений является их интерпретация с максимально возможным снижением методической погрешности  $\Delta_3$  и использованием процедуры, аналогичной схеме, представленной на рисунке 2.

Процедура переноса топологии матриц свертки в метрическое пространство предназначена для более глубокой интерпретации модели предпочтений с рефлексией второго рода (для уменьшения методической погрешности  $\Delta_3$ ). Для матриц свертки первого уровня дерева критериев перенос предлагается осуществлять методом, использующим обратные формы функций приведения сворачиваемой пары критериев (см. рисунок 4).

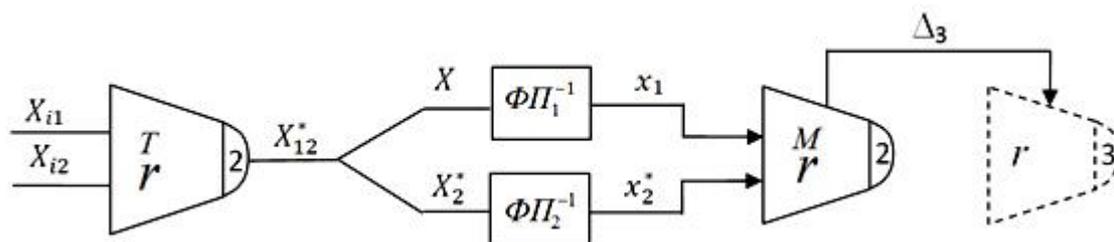


Рисунок 4. Мнемосхема переноса топологии матрицы свертки первого уровня дерева критериев в метрическое пространство

Иллюстрация переноса топологии приведена на рисунках 5, 6.

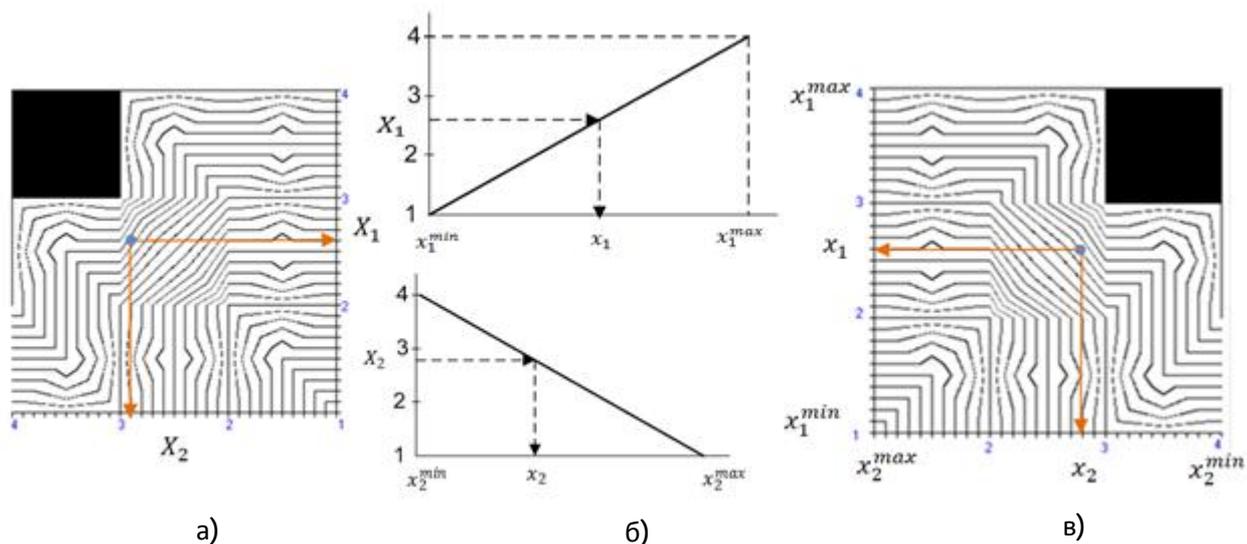


Рисунок 5. Перенос топологии матрицы первого уровня в метрическое пространство с использованием монотонных функций приведения: а) топология матрицы в качественной форме, б) функции приведения с экстремумом, в) топология матрицы в метрическом пространстве

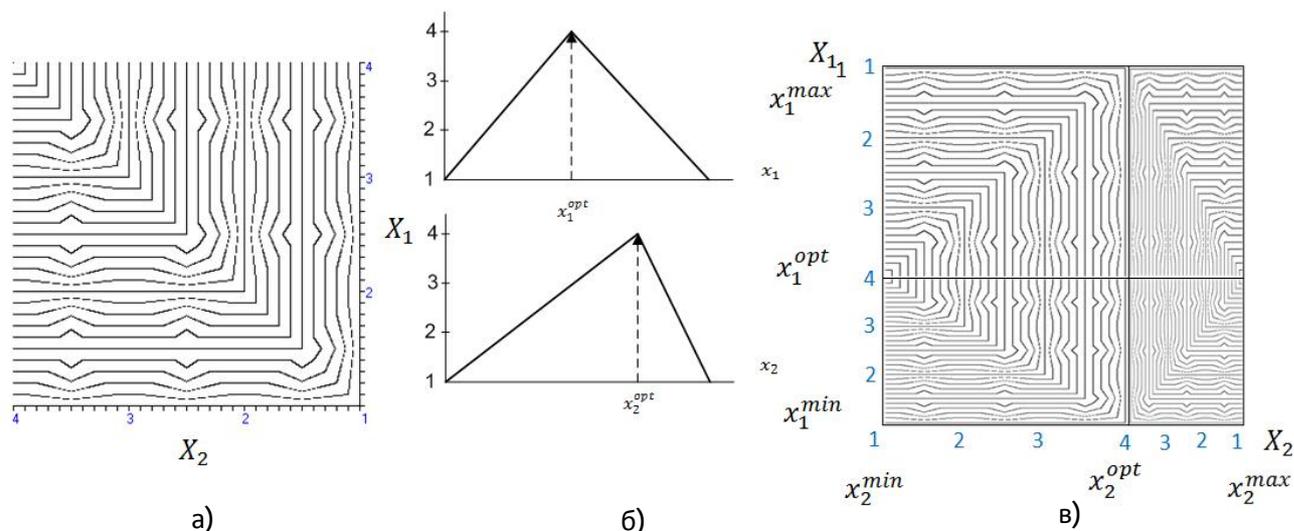


Рисунок 6. Перенос топологии матрицы первого уровня в метрическое пространство с использованием функций приведения с экстремумом: а) топология матрицы в качественной форме, б) функции приведения с экстремумом, в) топология матрицы в метрическом пространстве

Интерпретация модели предпочтений существенно обогащается анализом размещения изоприс (линий одинаковой цены) в метрической области определения. Этот результат стал возможным только после завершения процедуры конструирования матриц свертки с топологической интерпретацией, допустимого исключительно в качественных шкалах, строящихся на основе функций приведения.

Понятие «рабочая точка» как совокупность данных о состоянии (оценке) объекта, как минимум, включает в себя набор значений частных критериев  $(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$  и его комплексную оценку  $X^*$ , вычисляемую по правилам нечеткой свертки.

Мнемоническое изображение процедуры построения рабочих точек представлено на рисунке 7.

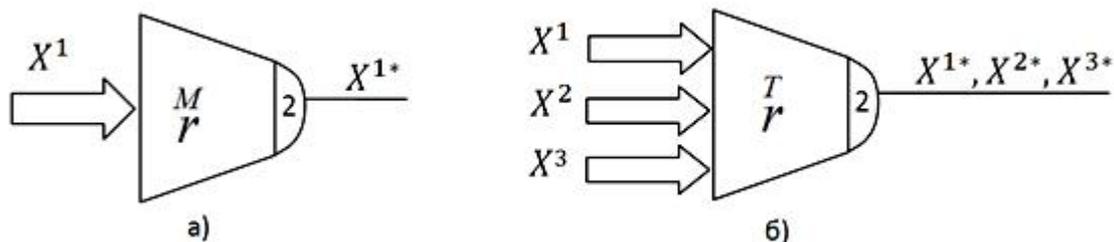


Рисунок 7. Процедура построения одной (а) и семейства (б) рабочих точек

Задачи исследования модели предпочтений в соответствии с их содержанием целесообразно сопоставлять с подсистемами модели меньшей размерности.

Мнемоническая схема, описывающая формирование подсистем на три входа из модели предпочтения на четыре входа представлена на рисунке 8. Алгебраически операция агрегирования модели в подсистему для данного примера описывается следующим образом:

$$\{X_1, X_2, X_3, X_4\} \rightarrow \{X'_1, X'_2, X'_3\}, \quad \{X'_1, X'_2, X'_3\} \subset \{X_1, X_2, X_3, X_4\}.$$

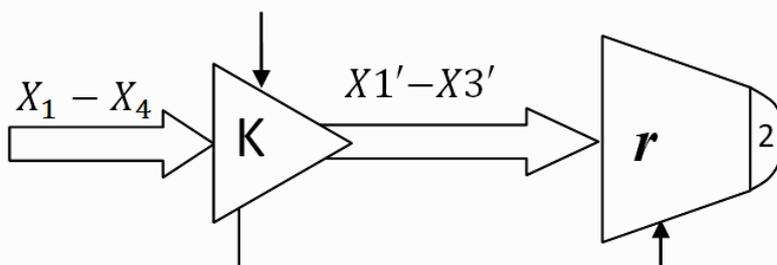


Рисунок 8. Мнемоническая схема формирования подсистем модели предпочтений с использованием коммутатора К

Методы ранжирования состояний объекта комплексного оценивания предназначены для оценки тенденций развития (изменения уровня эффективности) объектов комплексного оценивания.

Мнемоническая схема названной процедуры показана на рисунке 9 и включает дополнительные мнемонические элементы:

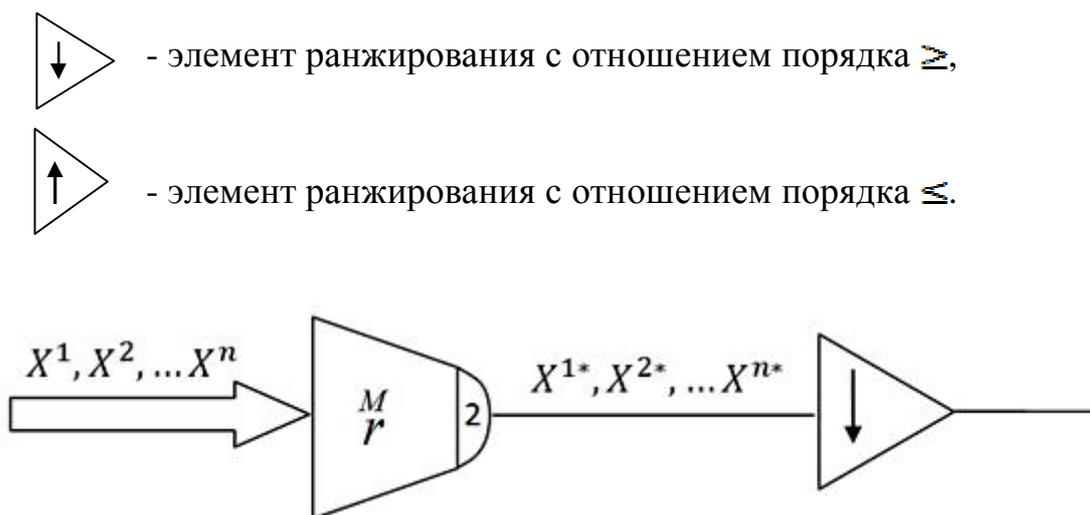


Рисунок 9. Мнемоническая схема установления нестрогого порядка на множестве состояний объекта комплексного оценивания ( $\geq$  - не возрастание,  $\leq$  - не убывание)

Задача построения динамики изменения состояний объекта комплексного оценивания отличается от предыдущей задачи привязкой каждого состояния к определенному моменту времени. На рисунке 10 показана мнемоническая схема процедуры построения динамики изменения состояний объекта комплексного оценивания, использующая элемент ранжирования в режиме не убывания по отношению к моментам времени. Получаемая данным методом информация о правилах перехода из состояния в состояние объекта комплексного оценивания в условиях известных и неопределенных характеристик воздействий внешней среды на систему по-

зволяет учитывать сложность функционирования (поведения) объекта в различных организационных системах занимающихся решением проблемы повышения эффективности товаров и услуг.

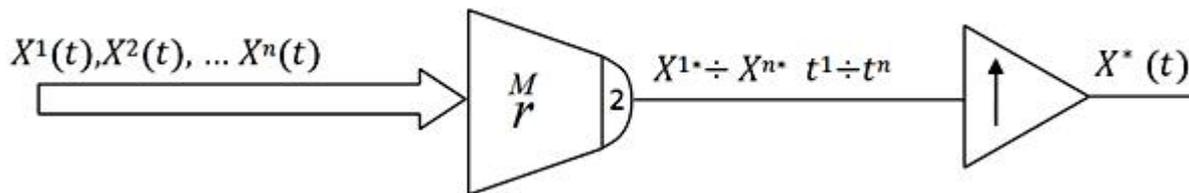


Рисунок 10. Мнемоническая схема процедуры построения динамики изменения состояний объекта комплексного оценивания

Методы ранжирования объектов сопоставления обслуживают исследование сложности поведения модели предпочтений в процессе ранжирования ими разнообразных групп однородных объектов: проекты изменения системы, конкурирующие товары и услуги, экспонаты выставки, претенденты на распределяемые ресурсы, участники тендеров и другие. Мнемоническая схема процедуры ранжирования групп однородных объектов показана на рисунке 10.

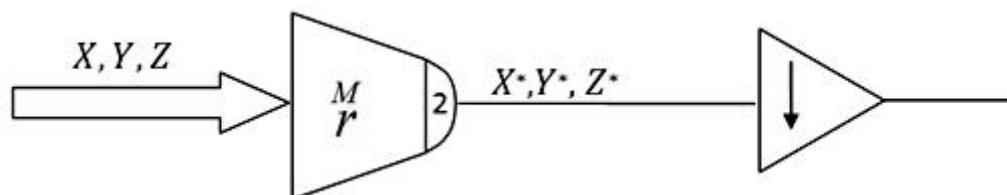


Рисунок 10. Процедура ранжирования групп трех однородных объектов X, Y, Z

Функции чувствительности модели предпочтений отображают изменение комплексной оценки объекта комплексного оценивания в зависимости от вариаций значений частных критериев. Уменьшение размерности

функций чувствительности может быть осуществлено агрегированием числа переменных путем придания им фиксированных значений, если предполагаемые исследования ориентированы на конкретное состояние объекта комплексного оценивания (рабочую точку)  $X^*(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$ .

Мнемоническая схема построения функции чувствительности одной переменной модели предпочтения представлена на рисунке 11.

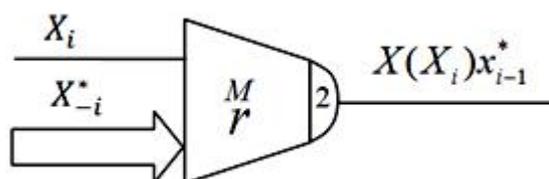


Рисунок 11. Схема построения функции чувствительности одной переменной модели предпочтения

Функцией чувствительности двух переменных модели предпочтения будем называть зависимость комплексной оценки объекта комплексного оценивания от вариаций пары (любой) частных критериев во всей их области определения при сохранении остальными критериями фиксированных значений, обозначенных рабочей точкой.

В качестве формального описания функции чувствительности двух переменных предлагается использовать следующее выражение:

$$X = X(X_{i_1}, X_{i_2})_{X_{-(i_1, i_2)}^*}, \quad i_1, i_2 \in \overline{1, n}, \quad i_1 \neq i_2, \quad (2)$$

где  $X_{-(i_1, i_2)}^*$  - множество значений всех прочих частных критериев, привязанных к рабочей точке.

Мнемоническая схема построения функций чувствительности двух переменных представлена на рисунке 12.

Дальнейшее развитие аппарата функций чувствительности как инструмента исследования поведения моделей предпочтений, объектов комплексного оценивания и ЛПР в направлении увеличения их мерности связано с привлечением более сложного математического аппарата аналитической геометрии в пространстве и векторного анализа.

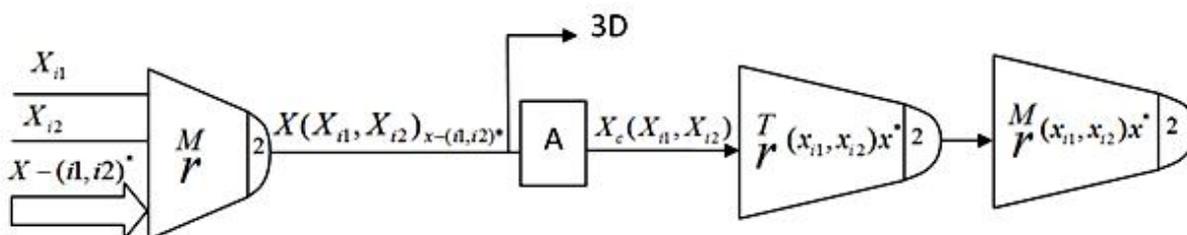


Рисунок 12. Мнемоническая схема построения функций чувствительности двух переменных в форме 3D и 2D с топологической интерпретацией

Альтернативное описание матричной нелинейной свертки с помощью семейства линейных сверток, отличающихся значениями весовых коэффициентов в каждой локальной области, дает новый инструмент исследования моделей предпочтений в вопросах адекватности и динамических свойств.

Отличительной чертой матричных моделей предпочтений является простота построения необходимого семейства линейных сверток для любой заданной локальной области исследуемой матричной свертки. Действительно, многомерная линейная область матричной свертки, обозначенная рабочей точкой – функциональными значениями компонент вектора  $\vec{X}_i^* = (X_1^*, \dots, X_n^*)$  имеет вид:

$$X = f_L(X_1, \dots, X_n) \approx \sum_{j=1}^n k_j^i X_j,$$

где  $k_j^i = \frac{\partial f_M(x_1, \dots, x_n | \vec{X}_i^*)}{\partial x_j}$ .

Технология построения линейной свертки в рабочей точке в мнемонической форме представлена на рисунке 13., где

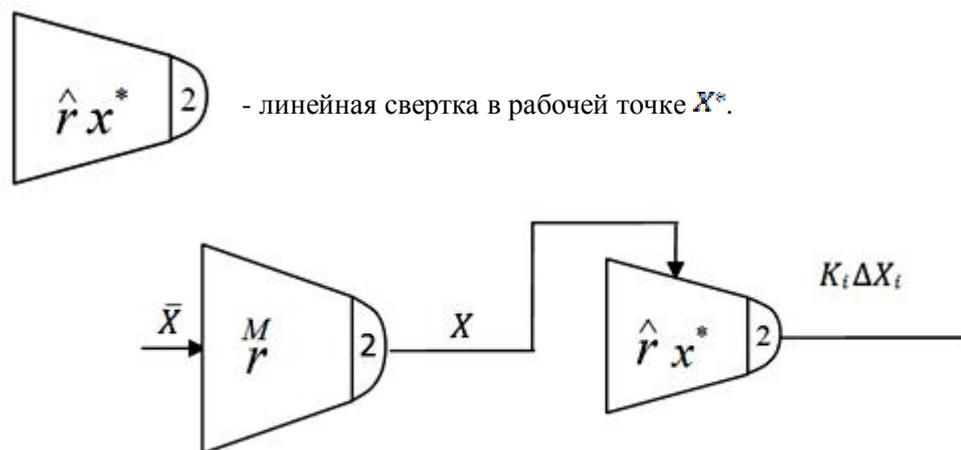


Рисунок 13. Мнемоническая схема процедуры построения линейной свертки в рабочей точке

Описанный процесс может быть использован при прогнозе или планировании изменений поведения объектов комплексного оценивания в окрестности рабочей точки, а также в более широких пределах на основе последовательных шагов линеаризации и анализа.

Необходимость моделирования коллективных предпочтений встречается во время принятия решения коллегиальными руководящими органами при обосновании перспективных направлений повышения эффективности ИС, наиболее привлекательного варианта (проекта) изменения системы, учете предпочтений социума, электората, субъектов рынка и т.п. и связанна с обработкой экспертной информации.

Механизмы активной экспертизы можно считать эффективными для решения задач обработки множества экспертных оценок. Результат обработки этой информации будем называть согласованной оценкой. С помо-

щью этих механизмов можно обосновать подходы к принятию коллективных решений и моделированию коллективных предпочтений.

Моделирование коллективных предпочтений предполагает использование композиции моделей индивидуальных предпочтений и элементов анализа и обработки информации о взаимодействии этих моделей.

Суть методов принятия коллективных решений заключается в следующем. Мнение экспертов запрашивается не в виде оценок, а в форме моделей предпочтений, являющихся средством выражения мнений экспертов по вопросу выбора варианта решения. Каждая модель имеет одну и ту же область определения, составленную из частных критериев объектов сопоставления. После соответствующей обработки полученной информации эксперты могут быть приглашены уже на утверждение окончательного варианта решения, который будем называть согласованным коллективным решением.

Последовательность действий в методах принятия согласованных решений заключается в следующем (см. рисунок 14):

1) для всех объектов оценивания устанавливается  $m$ -мерный вектор значений частных критериев;

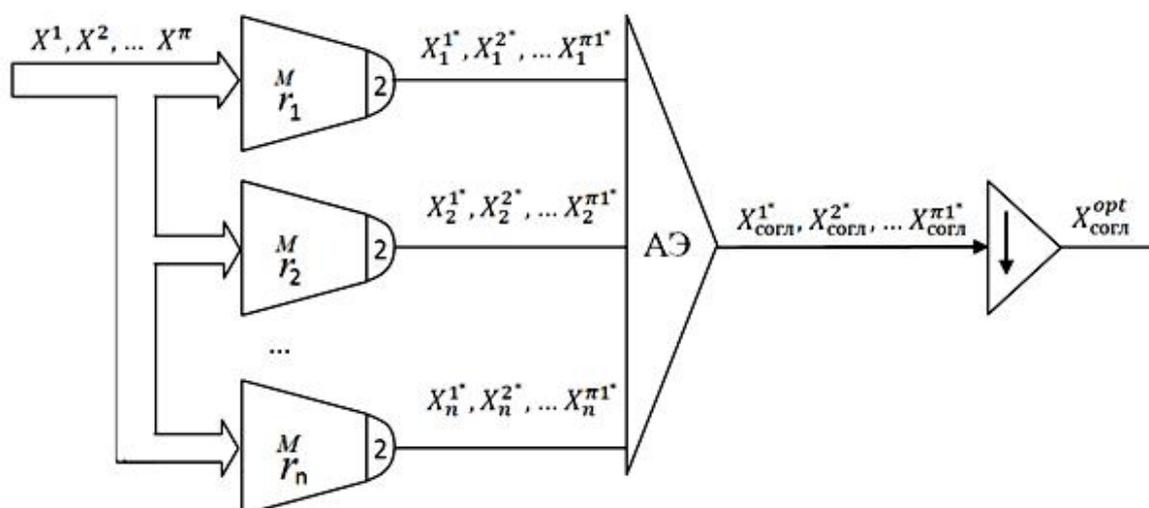


Рисунок 14. Мнемосхема технологии принятия согласованных коллективных решений

2) для первого объекта сопоставления вычисляются комплексные оценки на основе моделей предпочтений всех экспертов  $X_1^{1*}, X_2^{1*}, \dots, X_n^{1*}$ ;

3) с помощью активной экспертизы (АЭ) находятся согласованные оценки по данному объекту  $X_{\text{согл}}^{1*}$  и другим объектам сопоставления;

4) индекс варианта согласованного решения определяется по признаку наибольшей из согласованных комплексной оценки  $X_{\text{согл}}^{\text{opt}}$ .

Данный механизм может быть модифицирован для принятия коллективных решений в коллегиальных органах, участники которого имеют различные доли ответственности. Это достигается правом тиражирования отдельными экспертами своего мнения пропорционально доли ответственности, что проявится на этапе активной экспертизы.

Моделирование коллективных предпочтений более привлекательно, чем нахождение согласованных коллективных решений, поскольку не только освобождает членов коллегиального руководства от рутинной работы по согласованию решений, но и предоставляет дополнительные функциональные возможности изучения различных ситуаций принятия решений с учетом мнений всех заинтересованных сторон.

Последовательность действий в предложенной процедуре моделирования коллективных предпочтений заключается в следующем (см. рисунок 15):

1) на принципах маркетинга осуществляется выборка группы респондентов (экспертов) из коллектива, предпочтения которого играют роль прототипа модели;

2) для всей группы респондентов составляются модели предпочтения  $r_1^M, r_2^M, \dots, r_n^M$ ;

3) в отличие от представляемого множества объектов сопоставления (задача 13) в качестве множества представления строится набор  $X^1, X^2, \dots, X^p$  виртуальных объектов оценивания (рабочих точек), заданным образом покрывающих область определения модели индивидуальных предпочтений;

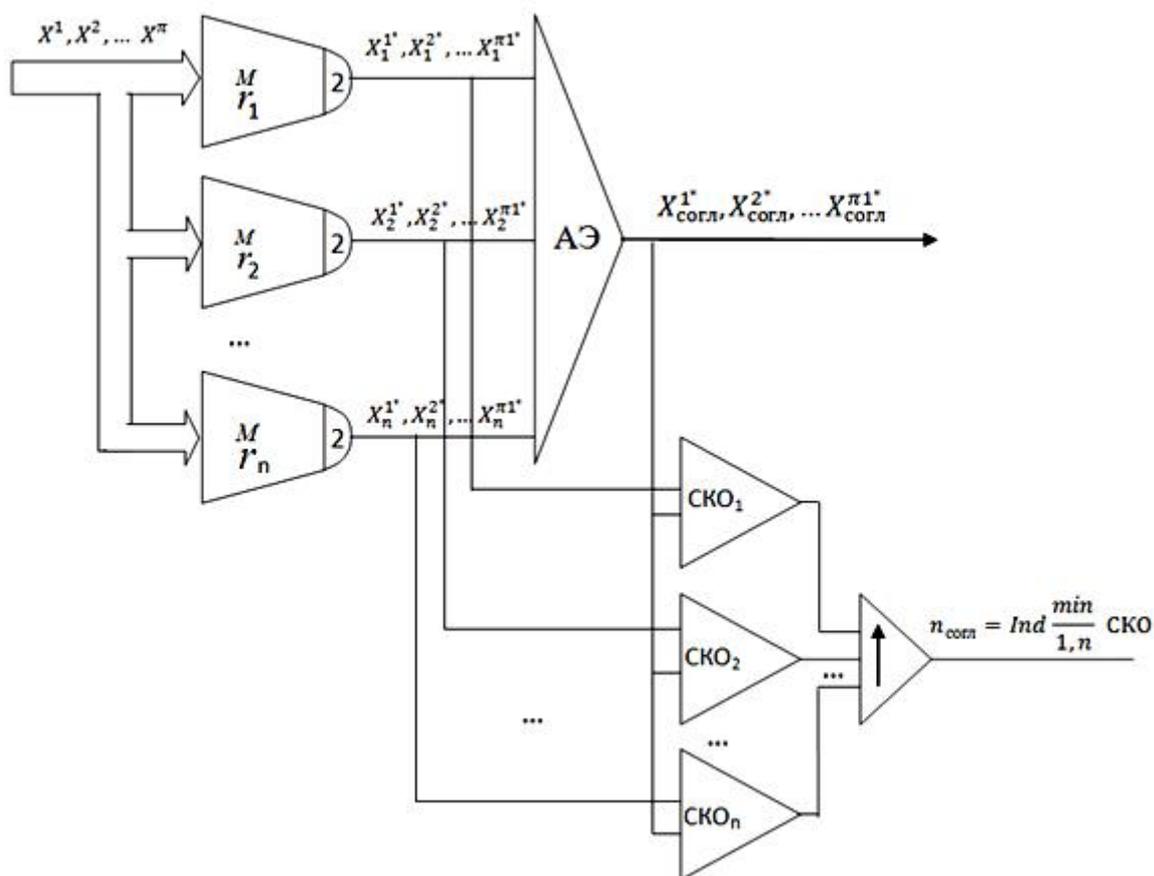


Рисунок 15. Мнемосхема технологии моделирования коллективных предпочтений

4) по методике предыдущего подхода устанавливается ряд согласованных комплексных оценок для указанных выше виртуальных объектов оценивания:  $X_{согл}^{1*}, X_{согл}^{2*}, \dots, X_{согл}^{p*}$ , где  $p$  – количество рабочих точек, а полученный ряд представляет собой образ идеальной согласованной модели предпочтений  $X_{идл}^{1*}, X_{идл}^{2*}, \dots, X_{идл}^{p*}$ ;

5) вычисляются среднеквадратические отклонения (СКО)

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{идл}^{k*} - X_i^{k*})^2}}{n}, \quad i = \overline{1, n}, \text{ где } n - \text{ количество респондентов, а}$$

$X_i^{k*}$  - оценка  $i$ -го респондента по  $k$ -ому виртуальному объекту;

б) определяется индекс согласованной модели коллективного предпочтения согласно выражения  $i_{\text{согл}} = \text{Ind} \min_n S_i$ , как наилучшего приближения к идеальной модели предпочтений по критерию СКО относительно идеальных оценок при условии достаточной близости к ней:  $S_{i_{\text{согл}}} \leq S_{\text{дон}}$ . Если условие не выполняется, то следует увеличить число респондентов, либо проверить их правомочность представлять данный коллектив.

### 3. Прикладные модели интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем

Модель предметной области.

Основой стратегии устойчивого развития природных территорий является достижение равновесия между окружающей средой и её ресурсами, экономикой и населением [5]. Для эффективного применения данной стратегии к таким сложным объектам природопользования, как городские лесопарки, целесообразно привлечь методологию системного анализа, в частности принцип агрегирования с учетом человеческого фактора.

Лесопарк представляет собой значительную площадь с существенно неоднородным составом элементарных участков поверхности по абиотическим, биотическим характеристикам и характеристикам социально-экономической значимости. Это делает задачу управления устойчивым развитием лесопарка достаточно сложной с точки зрения обоснования принимаемых управленческих решений в отношении его экологического состояния и рекреационного значения.

Следуя принципу агрегирования, можно предложить выделение отдельных участков лесопарка с ярко выраженными свойствами, на которых

сформировались биотические сообщества, характеризующиеся типом лесонасаждений. Элементом такого агрегированного представления лесопарка является сравнительно однородный (без разрывов) участок (1-3 Га), занятый растительным сообществом одного типа из установленного ряда, называемый выделом. Необходимо заметить, что выделы одного типа могут существенно отличаться друг от друга по параметрам экологического состояния (стадиями дигрессии) и связанной с этим социальной значимостью (доступность, просматриваемость, эстетичность и т.д.). Поэтому объекты типа Черняевского лесопарка после первого этапа агрегирования представляют собой глубоко не однородные, большие и сложные системы.

Оценивание состояния лесопарка целесообразно осуществлять на основе кластерного подхода с отношением эквивалентности – истинности предиката от композиции группы параметров (частных критериев).

В основе модели предметной области (лесопарка) лежит множество векторов состояний выделов с иллюстрацией «среза» по группам компонент на электронной карте (см. рисунок 16 ).



Рис. 16. Пример кластеризации выделов Черняевского лесопарка (г. Пермь) по предикату абиотического состояния.

Данный вариант полезен при решении задачи установления массивов в отношении которых целесообразны единые управленческие решения.

б) без формирования объединений.

Данный вариант дает обобщенные оценки веса совокупности кластеров с заданными предикатами свойств .

Другая реализация кластерного подхода обеспечивает обоснованность управленческих решений. Для любой выделенной непрерывной совокупности выделов устанавливается минимальное значение комплексной оценки и по её расхождению с действительными значениями определяется необходимый для управления объем работ и средств.

Эффективное управление устойчивым развитием лесопарка возможно только при выполнении условий достаточной наблюдаемости и управляемости в отношениях между управляющим органом (Центром) и объектом. Первый аспект предполагает оценку и выявление самых малых изменений динамики многомерного состояния лесопарка, второй – характер влияния управленческих решений любого масштаба на это состояние относительно устанавливаемого Центром «градиента» (направления) устойчивого развития.

Оценке состояния лесопарка предшествует его всесторонняя экспертиза (мониторинг) с целью установления широкого спектра характеристик (параметров) абиотического (абио), биотического (био), и социально-экономического (с-э) планов (рис. 1). Полученная база данных при всей её большой ценности (и затратности) в прямой постановке мало пригодна для эффективного управления большой и сложной системой – лесопарком.

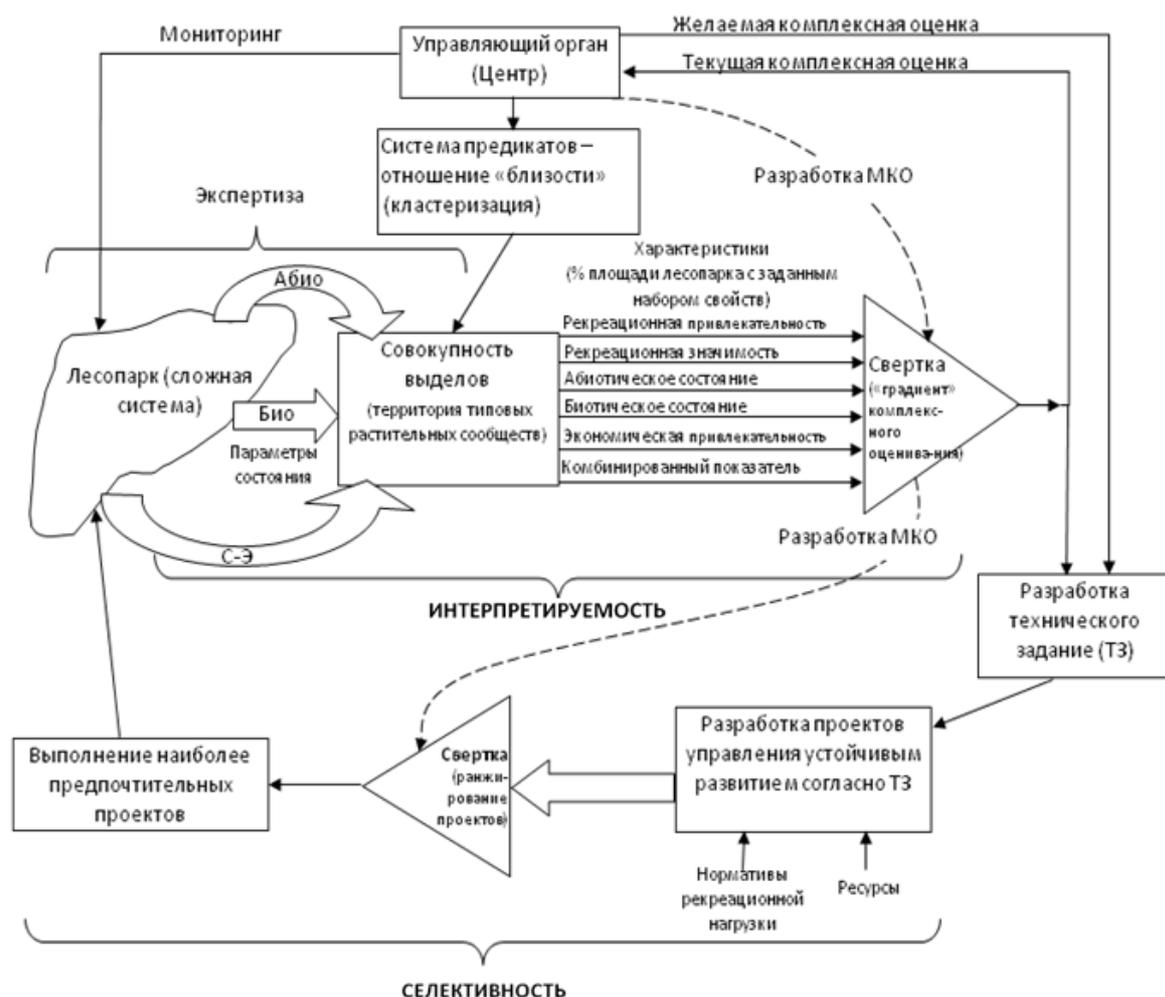


Рис.17. Управление устойчивым развитием лесопарка

Проблема большой системы для лесопарка решается агрегированием его распределенной территории до совокупности выделов – территорий типовых растительных сообществ существенно отличающихся внутри однородных групп иными планами состояния, а также уровнями дигрессии и биологической устойчивости. Эта ступень агрегирования делает поверхность лесопарка дискретной системой. Совокупность выделов важна для оценивания состояния лесопарка и при рассмотрении его как сложной системы, избегая методических препятствий, возникающих при попытках прогнозирования динамики биологических параметров, находящихся под влиянием других. Данное обстоятельство преодолевается использованием

установленных нормативов на допустимые рекреационные нагрузки в зависимости от состояния выделов.

Следующий шаг агрегирования предлагается выполнять на основе кластерного анализа с использованием специально разрабатываемой системы предикатов – отношений «близости». Кластеризация совокупности выделов выявляет «однородные» области (рис.2) с заданным набором свойств.

Эти свойства определяют возможности использования лесопарка в востребованных целях, формулируемых предикатами, и отвечающий этим целям процент территории. В руках Центра появляется агрегированные наборы частных комплексных оценок по направлениям рекреационной привлекательности и значимости, уровней абиотического и биотического состояний, экономической привлекательности и иных комбинированных показателей. Однако и они не обеспечивают требуемой степени наблюдаемости. Центру необходимо формализовать желаемое направление устойчивого развития лесопарка в этих категориях в форме свертки – механизма комплексного оценивания (МКО), конкретизирующего заявленную ранее идею равновесия объекта с окружающей средой и способного оценить (сделать наблюдаемым) текущее состояние лесопарка комплексной оценкой в пределах установленной непрерывной шкалы, например, интервала [1,4] (пример, см. рисунок 3).

С учетом планируемого (желаемого) уровня устойчивого развития лесопарка разрабатывается достаточно либеральное техническое задание на разработку проектов управления по достижению этого уровня при нормативных ограничениях на допустимые рекреационные нагрузки и заданных ресурсах.

Для выделения наиболее предпочтительных проектов Центром разрабатывается механизм их ранжирования по частным показателям эффективности проектов. Исполнением отобранных проектов, влияющих на со-

стояние лесопарка малый цикл управления заканчивается. Большой цикл управления устанавливается периодичностью мониторинга.

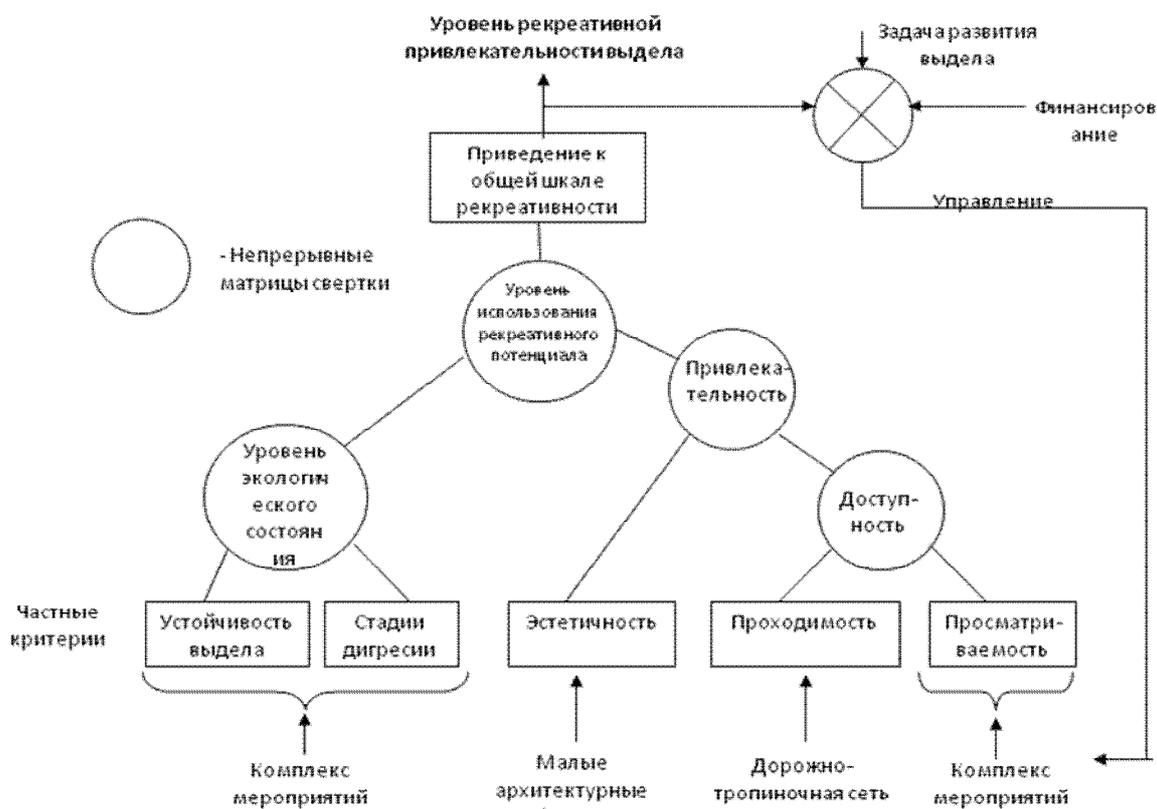


Рис.3. Схема формирования «градиента» (направления) устойчивого развития

Предложенная система поддержки принятия решений, включающее методологические, методические и инструментальные инновации, способна обеспечить устойчивое развитие лесопарков.

**Таблица 1. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИС НА ОСНОВЕ НАПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОГРАММНЫМИ МЕТОДАМИ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ИУК ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

| Типы моделей свертки                            |  | Моделирование на естественном языке                 | Линейные и гармонические свертки | Свертки программного ряда «Декон» |                          |                        |                        |
|---|--|---|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
|   |  |   |                                  | Изо-прайс (2007)                  | Табл (2008)              | Опер (2009)            | Бизнес (2010)          |
| Свойства средств анализа и обработки информации |  |   |                                  |                                   |                          |                        |                        |
| <b>1</b>  | <b>Анализ измеренных гетерогенных характеристик ИС</b> | Концептуальные модели                               | Локальный анализ                 | Комплексное оценивание            | Комплексное оценивание   | Комплексное оценивание | Комплексное оценивание |
| <b>2</b>  | <b>Интерпретируемость состояний</b>                    |   |                                  |                                   |                          |                        |                        |
| <b>группа</b>                                   | <b>2.1</b>   | Моделирование предпочтений                          |                                  | ⊥                                 | +                        | +                      | +                      |
|   | 2.1.1  | Структурный синтез                                  |                                  |                                   | +                        | +                      | +                      |
|   | 2.1.2  | Конструирование матриц                              |                                  |                                   | +                        | +                      | +                      |
|   | 2.1.3  | Функции приведения                                  |                                  |                                   |                          | линеаризованные        | нелинейные             |
|   | <b>2.2</b>   | Исследование моделей предпочтений                   |                                  | ⊥                                 | +                        | +                      | +                      |
|   | 2.2.1  | Адекватность  |                                  |                                   | сертификация             | сертификация           | сертификация           |
|   | 2.2.2  | Функции чувствительности                            |                                  |                                   | Графоаналитический метод | Программный метод      | Программный метод      |
|   | 2.2.3  | Альтернативы развития объекта                       |                                  | ⊥                                 | +                        | +                      | +                      |
|   | 2.2.4  | Дружественный интерфейс (ИУК)                       |                                  |                                   | 0                        | 1                      | 3                      |
|   | 2.2.5  | Перенос топологий матриц в метрическое пространство |                                  |                                   |                          |                        | +                      |
| 2.2.6   | Построение линейной                                    |   |                                  |                                   | +                        | +                      |                        |

*Продолжение таблицы 1*

|               |  |   |  |  |   |   |   |   |
|---------------|--|---|--|--|---|---|---|---|
|               |  | свертки в рабочей точке   |  |  |   |   |   |   |
|               | 2.3                                      | Композиции предпочтений   |  |  |   |   |   |   |
|               | 2.3.1                                    | Моделирование рынка   |  |  |   | ⊥ |   | + |
|               | 2.3.2                                    | Эффективность объекта с позиций рыночных отношений              |  |  |   | ⊥ |   | + |
|               | 2.3.3                                    | Перенос функций спроса и предложений в метрическое пространство |  |  |   |   |   | + |
|               | 2.3.4                                    | Линеаризация точки равновесия рынка                             |  |  |   | + |   | + |
|               | 2.3.5                                    | Альтернативы позиционирования объектов на рынке                 |  |  |   |   |   | + |
| <b>3</b>      | <b>Селективность изменений состояний</b> |   |  |  |   |   |   |   |
| <b>группа</b> | 3.1                                      | Принятие индивидуальных home-оптимальных решений                |  |  | + | + |   | + |
|               | 3.2                                      | Принятие коллективных home-оптимальных решений                  |  |  | + | + |   | + |
|               | 3.3                                      | Дружественный интерфейс (ИУК)                                   |  |  | 0 | 1 | 3 | 2 |

### **Заключение**

В статье излагаются основы построения интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем в виде процессов, описываемых мнемоническими схемами на основе учета предпочтений игроков рынка и программных методов их наполнения в соответствии с востребованным уровнем инжинирингово-управленческих компетенций пользователя.

### **Литература**

1. Белых А.А. Проблема повышения эффективности информационных систем в современных условиях. Научный журнал КубГАУ, №58(04), 2010 год. <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/04.pdf>

<http://ej.kubagro.ru/2010/06/pdf/35.pdf>

2. Белых А.А., Харитонов В.А. Интерпретация эффективности сложных систем с позиций рыночных отношений. Научный журнал КубГАУ, №59(05), 2010 год. <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/05.pdf>

3. Белых А.А. Концепция разработки интеллектуальных технологий повышения эффективности информационных систем. Научный журнал КубГАУ, №58(04), 2010 год. <http://ej.kubagro.ru/2010/04/pdf/05.pdf>

4. Белых А.А., Харитонов В.А. Архитектурно-ориентированный подход к оценке сбоеустойчивости специализированных вычислительных комплексов. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, № 11, 2000. С. 51-55

5. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкина А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами / Под ред. Академика С.Н. Васильева. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.

6. Харитонов В.А., Белых А.А. Технологии современного менеджмента. Инновационно-образовательный проект / Под научной редакцией В.А. Харитонova: Монография. – Пермь: Изд-во Перм.гос.техн.ун-та, 2007. – 190 с.