doi 10.17072/1994–9960–2016–3–61–76
УДК 330.332:351
ББК 65.263+67.401.12

АЛГОРИТМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ СОГЛАСОВАННЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

В.А. Харитонов, докт. экон. наук, профессор, заведующий кафедрой строительного инжиниринга и материаловедения
Электронный адрес: kharitonov@cems.pstu.ru
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614010, Россия, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109
М.С. Дмитрюков, ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения
Электронный адрес: dmitryukov.m@mail.ru
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614010, Россия, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109
Р.А. Ларионова, ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения
Электронный адрес: r.larionova@mail.ru
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
614010, Россия, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109

Объекты культурного наследия (ОКН) имеют большое социально-экономическое значение. Проблема сохранения и развития ОКН является достаточно важной для городов России. Вследствие многоаспектности задач данного класса к их решению привлекаются разные специалисты с собственными, не всегда совпадающими интересами. Актуально повышение эффективности известных механизмов принятия согласованных инвестиционных решений в многоаспектных задачах управления. Основная идея и цель представленных результатов исследования заключается в совершенствовании процедуры принятия согласованных инновационных решений на основе обобщенных медианных схем и доведения их до уровня инструментальных средств. Авторами предложена существенная модификация процедуры принятия согласованных инвестиционных решений на основе обобщенных медианных схем, обеспечивающая принятие согласованных проектных решений на множестве матричных моделей предпочтений групп экспертов. На этой основе разработаны процедуры согласования функций приведения фазовых характеристик ОКН и других многоаспектных объектов управления, инвестиционных проектов, нахождения согласованных решений при комплексной оценке инвестиционных проектов и согласованной модели предпочтений в группе моделей предпочтений экспертов, согласования матричных моделей предпочтений на основе обобщенных медианных схем. Также приводятся данные вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность предложенных механизмов принятия согласованных инвестиционных решений, в частности в задачах управления ОКН. Разработанные алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия согласованных инвестиционных решений с использованием согласованных моделей, расширяющих функциональные возможности экспертов в задачах управления сложными объектами, включая ОКН, обладают научной новизной и свойством неманипулируемости, доведены до наглядных процедур и инструментальных средств, что упрощает их использование в практике экономического исследования. Это особенно актуально в тех случаях, когда в управлении участвуют лица с не вполне совпадающими интересами. В результате повышается эффективность управления экономическими процессами, благодаря выбору наиболее предпочтительных инвестиционных проектов, через которые осуществляется управление состояниями ОКН.

Ключевые слова: объекты культурного наследия (ОКН), управление, алгоритмы интеллектуальной поддержки, матричные модели предпочтений, согласованные инвестиционные решения, активная экспертиза, обобщенная медианная схема, функция приведения, бинарная матрица свертки, активная неманипулируемая экспертиза.

© Харитонов В.А., Дмитрюков М.С., Ларионова Р.А., 2016

Введение

Объекты культурного наследия, представляющие недвижимое имущество со связанными с ним произведениями живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, объектами науки и техники и иными предметами материальной культуры, для территорий их местонахождения имеют большое социально-экономическое значение в отношении предоставляемых рекреационных услуг (проведение отдыха, восстановление сил и здоровья людей, использование свободного времени), привлекательности для туристической отрасли, а также развития экономической деятельности, экономических интересов и отношений. Объекты данного типа занимают значительный объем в народном хозяйстве, по России насчитывается более 120 тыс. таких объектов, на территории г. Перми – 195 памятников истории и архитектуры федерального и регионального значения. Поэтому проблема сохранения и развития ОКН является достаточно важной для городов России.

Отметим основные задачи, которые следует рассматривать в рамках обозначенной проблемы:

– интеграция ОКН в экономический оборот и их капитализация;

– приспособление ОКН для современного использования через реализацию имеющихся рекреационных возможностей;

– создание механизмов привлечения средств на проведение ремонтно-восстановительных мероприятий из бюджетных и внебюджетных источников. Это так или иначе связанно с решением проблемы выбора наилучшего инвестиционного проекта на заданном множестве альтернатив.

Вследствие многоаспектности задач данного класса к их решению привлекаются разные специалисты с собственными, не всегда совпадающими интересами.

В рамках отдельных ОКН как объектов недвижимости, обладающих определенным набором строительных конструкций, экспертом по строительной части выявляются дефекты и повреждения, что ограничивает возможности их использования по функциональному назначению и мотивирует его поведение при принятии инвестиционных решений [13; 14; 20]. Другим экспертом, по историко-культурной части, определяются все нарушения оригинальности исполнения ОКН, формирующие и мотивирующие его отношение к предлагаемым проектам. Экспертом по экономической части, рассматривающим ОКН как экономический субъект, определяется критерий для определения сбалансированности размеров предполагаемых затрат на развитие объекта. В данном случае принимаемые инвестиционные решения должны быть согласованы со всеми участниками проекта.

Перспективным путем «Витализации ОКН», включения ОКН в экономическую и социальную жизнь города является создание кластеров креативной индустрии. Кластерный подход должен обеспечивать эмерджентность оперативных объединений ОКН. Синергетический эффект кластера достигается в результате сотрудничества и эффективного использования возможностей партнеров и повышения конкурентоспособности участников кластера. В данном случае речь идет о согласовании интересов сотрудников нескольких ОКН.

Принятие согласованных решений, в том числе с использованием моделей индивидуальных и коллективных предпочтений [6; 9; 11; 12; 17–19], обеспечивающих высокий уровень эффективности (обоснованности, прозрачности и неманипулируемости процессов выбора наиболее предпочтительных инвестиционных проектов) управления состояниями ОКН, следует связывать с разработкой алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия решений [4; 5; 7; 8; 15; 22; 23]. Однако эффективность известных механизмов принятия согласованных инвестиционных решений ограничена несовершенством процедуры согласования интересов на основе неманипулируемых механизмов многокритериальной активной экспертизы, в том числе в вопросах практической реализации применительно к задачам прикладной экономики [1; 2; 10; 16; 19; 24–27]. Основная идея и цель представленных результатов исследования заключается в совершенствовании процедуры принятия согласованных инновационных решений на основе обобщенных медианных схем и доведения их до уровня инструментальных средств, не противоречащих теории коллективного выбора и отличающихся простотой интерпретации и реализации с использованием сертифицированных программных комплексов и доступного методического обеспечения. Это позволит уменьшить риски принятия не вполне убедительных и непринятия достаточно привлекательных для всех заинтересованных лиц инвестиционных решений. Также приводятся данные вычислительных экспериментов, подтверждающие эффективность предложенных механизмов принятия согласо-

ванных инвестиционных решений, в частности в задачах управления ОКН.

1. Модификация процедуры принятия согласованных инвестиционных решений на основе обобщенных медианных схем

Для рассматриваемого класса приложений характерны следующие ограничения, связанные со степенью несовпадения интересов участников, принимающих решения:

1) модели предпочтений экономических субъектов не совпадают только по параметрам функций приведения [17] частных характеристик к стандартной непрерывной шкале [1; 3] комплексного оценивания;

2) модели предпочтений экономических субъектов совпадают по функциям приведения и по структуре деревьев критериев, но отличаются наполнением матриц свертки.

В первом случае предлагается характеризовать непрерывные функции приведения $X = \pi(x)$, где x – значение фазовой координаты в физической шкале $x \in [x_{min}, x_{max}]$, а X – ее квалиметрический аналог в шкале $X \in [1,4]$, доступными для оценивания экспертами параметрами $\left(x_i = \pi_i^{-1}(N)\right)$, $i = \overline{1,I}$, соответствующими целочисленным значениям $N = \overline{1,4}$ функций приведения, где I – число лиц, принимающих решение (рис. 1).

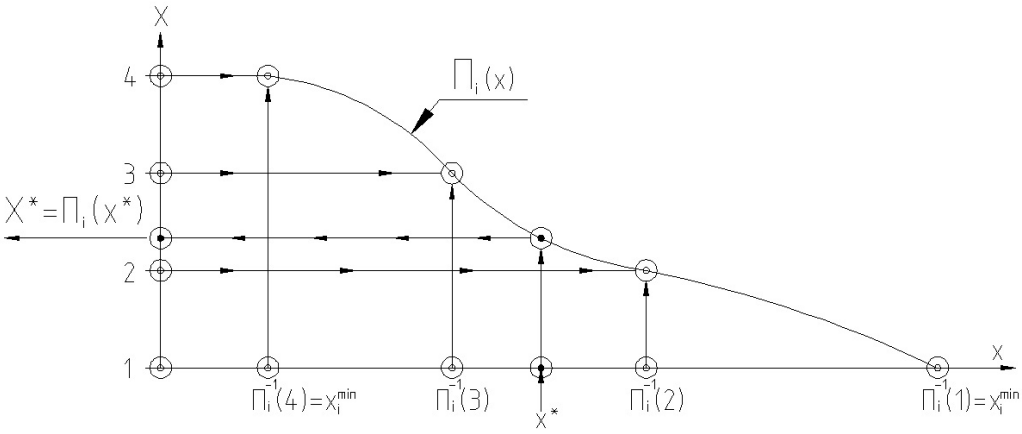


Рис. 1. Параметры $\pi_i^{-1}(4), \pi_i^{-1}(3), \pi_i^{-1}(2)\ \pi_i^{-1}(1)$ непрерывной функции приведения значений фазовой характеристики к квалимитрической шкале [1; 3] i-го эксперта

Это приводит к неоднозначной квалиметрической интерпретации X^* одних и тех же значений x^* фазовых характеристик что можно устранить путем согласования параметров функций приведения методом активной экспертизы (АЭ). Таким образом, на этой стадии моделирования производится частичное согласование интересов лиц, принимающих решения. Согласованные параметры функции приведения являются основанием перехода от решетчатой формы функции приведения к непрерывной $\pi(x)$ единым методом интерполяции, что обеспечивает полное совпадение интересов участников принятия решений в области представления функций приведения. Многократное использование непрерывных функций приведения при обосновании наиболее предпочтительных решений требует достаточного внимания к выбору эффективного метода интерполяции по параметрам точности и быстродействия. Этому способствует регулярный характер искомых функций трех видов дифференцируемых, имеющих один максимум и один или два минимума. Поэтому можно рекомендовать в качестве аналитического метода сплайн-способ или графическую интерполяцию с использованием «Стилуса», создающего табличные формы. Отсюда можно сделать вывод о том, что первое ограничение всегда устранимо при наличии эффективной процедуры АЭ для произвольной фазовой шкалы.

Максиминный механизм активной экспертизы, прошедший государственную регистрацию в виде программы для ЭВМ [1; 3], представлен на рис. 2. В основе этого механизма лежит не арифметическая обработка экспертной информации, а логическая, реализованная в соответствии с выражением

$$X_э = \max_{i=\overline{1,I}} \min_{i=\overline{1,I}} (X_i, W_{i-1}). \qquad (1)$$

В выражении (1) $i = \overline{1,I}$ – номер эксперта в ранжированном ряду высказываний, расположенных между заданными нижней $X_{нижн}$ и верхней $X_{верх}$ границами, W_{i-1} – специальная дискретная функция, определенная

на множестве $\overline{0,I}$, включая номер 0 виртуального эксперта, значения которой соответствуют состояниям равновесия по Нэшу [17; 18]. Данная функция вычисляется по формуле

$$W_{i-1} = X_{низ} + \frac{X_{верх} - X_{низ}}{n}(n - i), \qquad (2)$$

где n – общее число реальных экспертов.

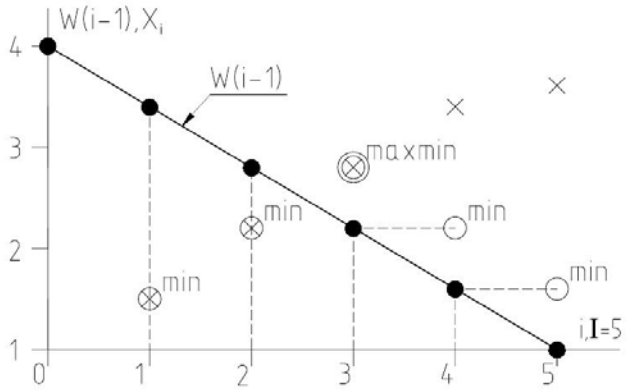


Рис. 2. Максиминный механизм неманипулируемой активной экспертизы

Приведенный механизм не вполне соответствует идее обобщенной медианной схемы согласования результатов экспертного опроса [2; 10] и поэтому нуждается в дополнительном анализе, который целесообразно произвести с помощью предложенного авторами усовершенствования схемы представления максиминного механизма АЭ путем изменения взаиморасположения ключевых для него математических объектов – специальной функции $W(i)$ и ранжированного ряда сообщений экспертов X_i, $i = \overline{1,I}$ (рис. 3 а,б), смещаемого влево на единицу шкалы абсцисс относительно положения, занимаемого на рис. 2. В результате этой процедуры сопоставляемые в процессе АЭ суждения реальных и фантомных экспертов занимают удобное для анализа взаиморасположение, а номером эксперта становится число $i' = i + 1$, для фантомного эксперта – число $I = 4$.

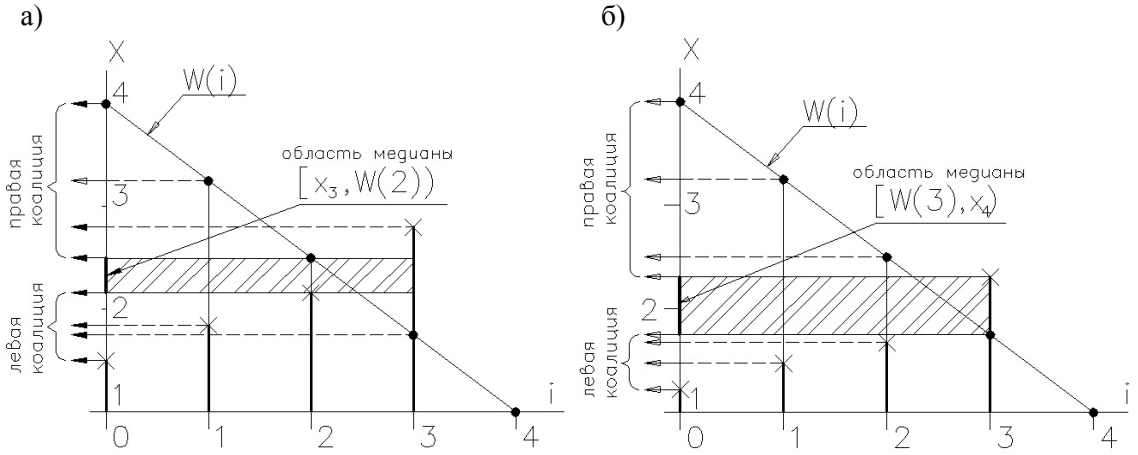


Рис. 3. Варианты формирования области обобщенной медианы при получении согласованного решения на множествах высказываний экспертов $f(i+1)$, обозначенных крестом, и значений специальной функции $W(i)$, отличающиеся порядком построения полуинтервала медианы (а), (б)

Из рис. 3 а, б следует, что согласованные решения находятся в области определения медианы, с нижней (верхней) границей, принадлежащей значениям высказываний эксперта (рис. 3а), (рис. 3б) (значениям специальной функции), либо в обратной последовательности. Верхняя граница области определения медианы устанавливается альтернативным значением на шаге полученного согласованного решения – либо фантомного объекта (рис. 3а), либо высказывания агента (рис. 3б). Таким образом, область определения медианы принимает одну из двух форм – $[x_i, W_{i-1})$ или $[W_{i-1}, x_i)$ – и является разделителем равно-

мощных левой и правой коалиций, составленных из реальных и фантомных экспертов, обладающих в значительной степени свойством неманипулируемости. В то же время существование непустой области определения медианы обусловливает некорректность (неопределенность) решения задачи согласования ввиду ее неоднозначности, которая допускает возможность выбора «несправедливого» решения, а именно в пользу одной из коалиций, т.е. определенного манипулирования. Следствием этого манипулирования могут оказаться риски принятия не вполне убедительных и непринятия достаточно привлекательных для всех заинтересованных лиц инвестиционных решений. Преодолеть обнаруженное затруднение можно переходом от дискретных форм представления суждений реальных и виртуальных игроков $i \in \overline{0,I}$ к непрерывным, $i \in [0,I]$, путем использования процедуры интерполяции (рис. 4 а, б) или графическим методом построения вручную, что оправдано однократным использованием результата.

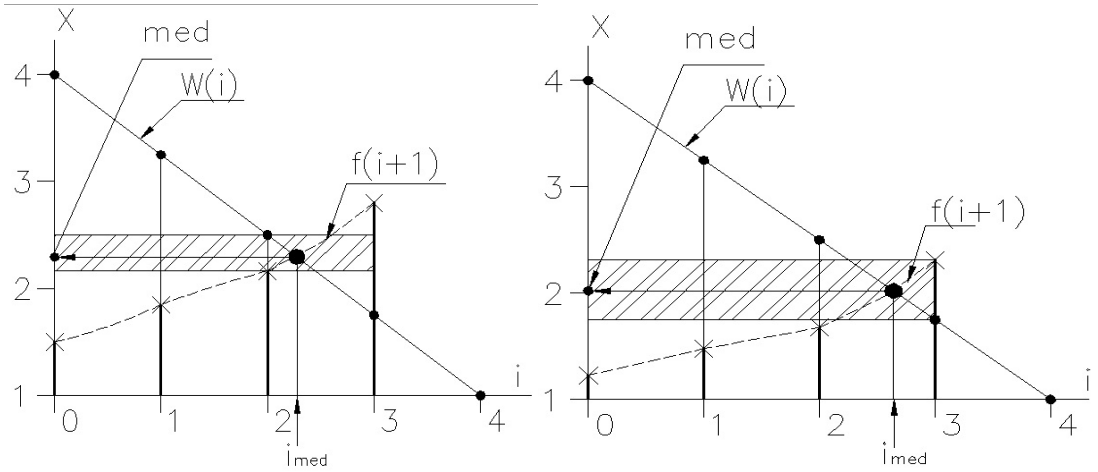


Рис. 4. Иллюстрация процедуры однозначного нахождения обощенной медианы для случаев (а), (б) , $i \in [0,I]$

Точка пересечения полученных непрерывных функций $f(i+1), W(i),\ \ i \in [0,I]$ может служить вычислению однозначного и полностью неманипулируемого согласованного решения согласно выражениям (3), (4), (5):

$$i_{med} = \arg\big(W(i) = f(i+1)\big), i \in [0,I], \quad (3)$$

$$med = W(i_{med}) = f(i_{med}+1), i \in [0,I], \quad (4)$$

$$W(i) = 4 - \frac{3*i}{I}, i \in [0,I]. \quad (5)$$

Таким образом, сформулирована модифицированная процедура активной экспертизы на основе обобщённых медианных схем, отличающаяся единственностью и более полной неманипулируемостью согласованных решений. Полученный результат может быть использован для построения согласованных моделей предпочтений при ограничениях, связанных с несовпадениями как функций приведения фазовых переменных к качественной стандартной квалиметрической шкале комплексного оценивания, так и наполнений матриц свертки, путем нахождения согласованных параметров функции приведения или элементов матриц искомой модели предпочтений, что будет проиллюстрировано в следующем разделе.

2. Принятие согласованных проектных решений на множестве матричных моделей предпочтений при управлении объектами культурного наследия

2.1. Процедура согласования функций приведения фазовых характеристик ОКН к стандартной шкале комплексного оценивания

Исходная ситуация, в качестве примера, характеризуется различными функциями приведения трех экспертов – $\Pi_1(x), \Pi_2(x), \Pi_3(x)$, обозначенными пунктирными линиями. Для построения согласованной функции приведения $\Pi_c(x)$ исходные функции описываются параметрами 1–4 соответственно: $\Pi_i^{-1}(1), \Pi_i^{-1}(2), \Pi_i^{-1}(3),\ \Pi_i^{-1}(4)$ (рис. 5). Названные функции приведения отличаются значениями четырех основных параметров, которые фигурными скобками собраны в четыре группы по числу параметров функции приведения. Чтобы получить согласованную функцию приведения необходимо согласовать соответствующие параметры в каждой группе, что описано соответственно четырьмя графиками на рис. 6.

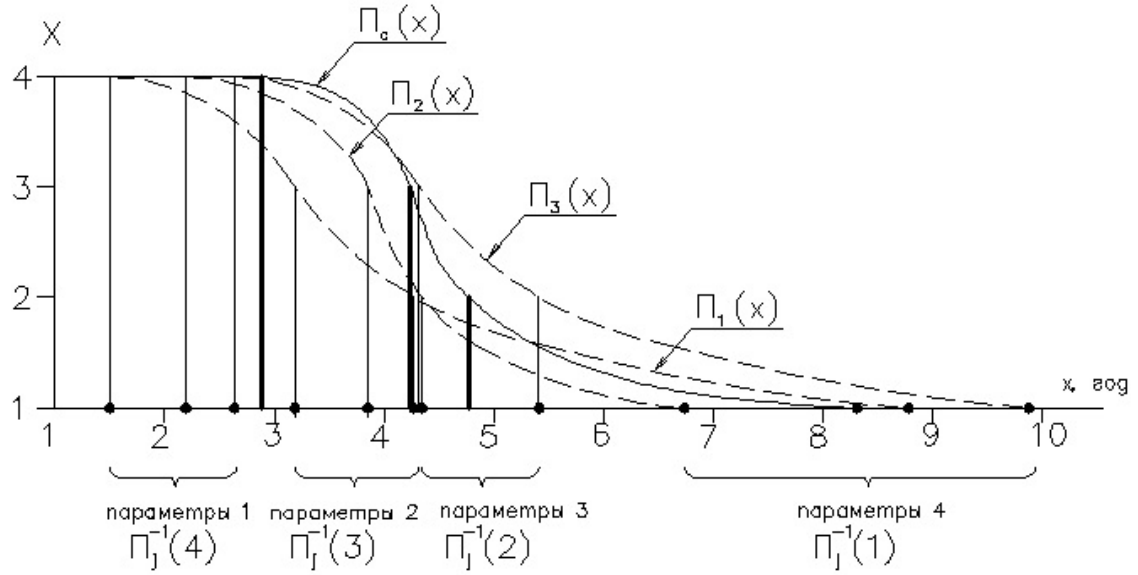


Рис. 5. Решение задачи формирования согласованной функции приведения при заданных функциях приведения группы экспертов

Для каждой группы 1–4 параметров функций приведения экспертов формируется соответствующий параметр согласованной функции приведения с использованием модифицированной процедуры принятия согласованных решений на основе обобщенных медианных схем (рис. 6). В каждом из них по формуле (2) строится специальная линейная функция, отражающая мнения фантомных агентов и неубывающая последовательность мнений экспертов, которая интерполируется с использованием аналитических методов, например сплайн-методом, или графически. На рис. 6 сообщения экспертов обозначены символом *x*. Точка пересечения обеих функций устанавливает согласованную оценку в каждой группе. Все четыре согласованные оценки служат (отмечены жирными вертикальными линиями) основанием для построения методом интерполяции на рис. 5 согласованной функции приведения, очерченной сплошной линией.

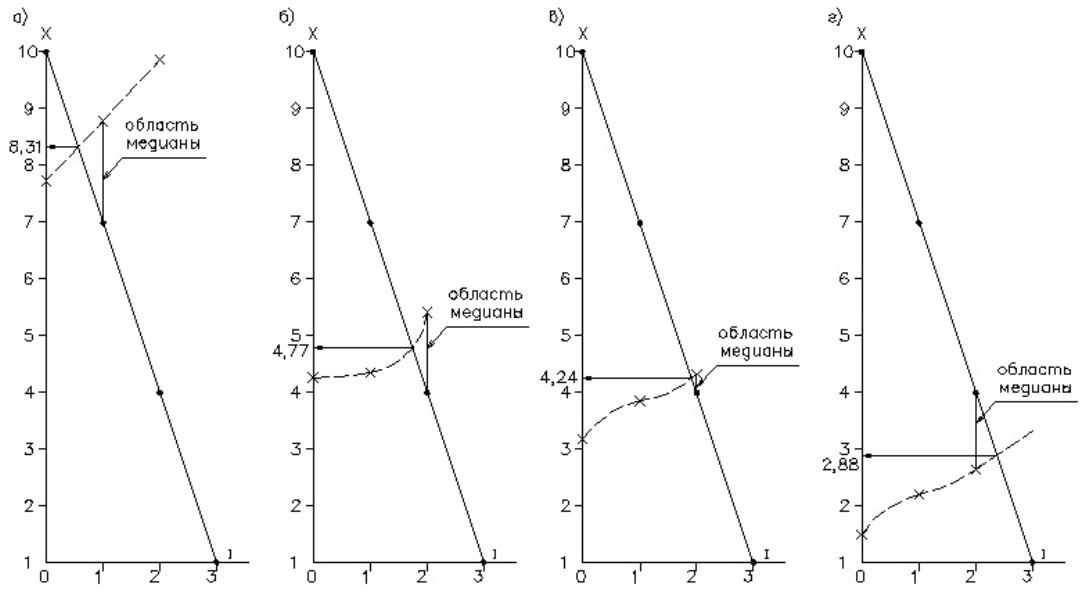


Рис. 6. Процедура формирования параметров согласованной функции приведения по параметрам функций приведения группы экспертов

Результаты вычислений сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сопоставление значений параметров функций приведения группы экспертов со значениями параметров согласованной функции приведения

j	$\pi^{-1}_i(1)$	$\pi^{-1}_i(2)$	$\pi^{-1}_i(3)$	$\pi^{-1}_i(4)$
1	8.78	4.26	3.18	1.49
2	6.73	4.34	3.85	2.19
3	9.87	5.41	4.32	2.63
c	8.31	4.77	4.24	2.88

Окончательный результат в виде согласованной функции приведения $\Pi_c(x)$ получен методом интерполяции по ее согласованным параметрам и представлен на рис. 5 сплошной линией.

2.2. Процедура нахождения согласованных решений группой экспертов при комплексной оценке инвестиционных проектов

В зависимости от наличия (рис. 7) или отсутствия (рис. 8) первого ограничения выбирается схема преодоления второго ограничения.

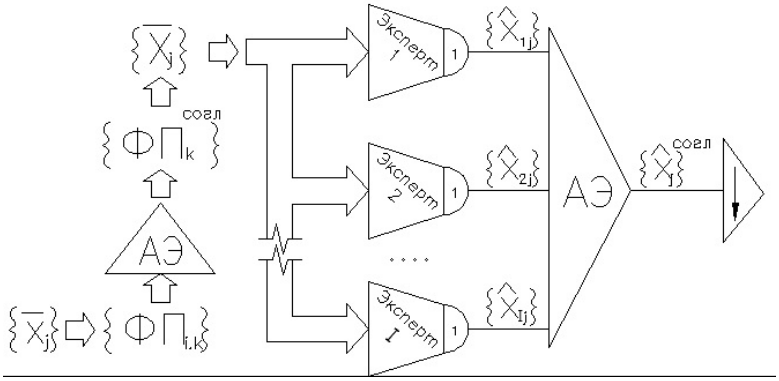


Рис. 7. Структурная схема нахождения согласованных решений группой экспертов

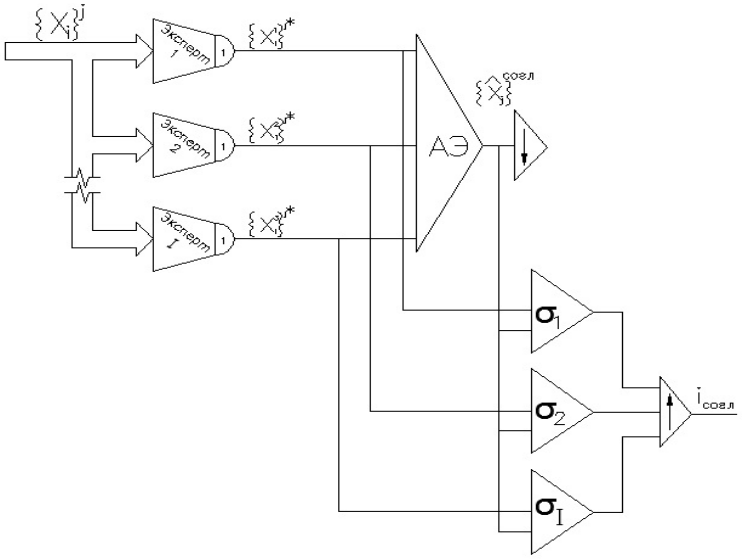


Рис. 8. Структурная схема идентификации модели предпочтений эксперта с наилучшими приближениями к идеальной согласованной модели

Предложенная в свое время авторами [21] процедура нахождения согласованных решений при комплексном оценивании инвестиционных проектов произвольным числом I экспертов представлена на рис. 7, где вертикальной стрелкой обозначена функция ранжирования. Результаты вычисления индивидуальных и согласованных решений группы экспертов с использованием модифицированной процедуры принятия согласованных решений

на основе обобщенных медианных схем приведены в табл. 2. Недостатком данной процедуры являются ограниченные функциональные возможности, в отношении управления состояниями оцениваемого объекта, что может быть преодолено построением согласованной модели предпочтений.

Таблица 2

Результаты вычислений индивидуальных и согласованных решений группы экспертов, а также среднеквадратических отклонений между ними

Эксперт\проект	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	**2**	1,21	2,6	1,27	1,33
2	2	1,2	2	1,22	1,3
3	2	1,75	2,25	1,4	1,33
АЭ ($\widehat{X}^{согл}$)	**2**	**1,46**	**2,31**	**1,36**	**1,33**
Δx_1	0	0, 25	0, 29	0,09	0
Δx_2	0	0,26	0,31	0,14	0,03
Δx_3	0	0,19	0, 03	0,04	0
σ_1	0,175				
σ_2	0,196				
σ_3	0,088				

2.3. Процедура нахождения согласованной модели предпочтений в группе моделей предпочтений экспертов

Структурная схема нахождения (идентификации) модели предпочтений доминирующего эксперта представлена на рис. 8, и отражает принцип поиска, заключающийся в ранжировании оценок степени соответствия предпочтений каждого эксперта идеальной согласованной модели $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3$, по критерию среднеквадратического отклонения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, описываемой результатами нахождения согласованных решений в подразделе 2.2 (см. табл. 2).

Ввиду регистрации и продолжительного сохранения модели предпочтений группы экспертов возможности манипулирования со стороны доминирующего эксперта как формального актора управления ОКН весьма ограничены. Тем не менее они могут вызвать неудовлетворенность остальных экспертов и привести к упомянутым выше рискам принятия «не вполне согласованных» инвестиционных решений. Улучшить ситуацию можно распространением использования обобщенной медианной схемы для матричной активной экспертизы [2; 10] на матричные модели предпочтений одинаковой структуры (рис. 9), основываясь на втором допущении, высказанном в разделе 1.

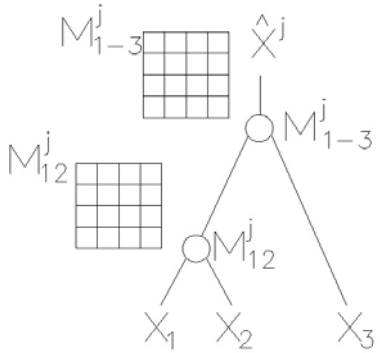


Рис. 9. Иллюстрация совпадения структур матричных моделей предпочтений экспертов $j = 1,2,3$ и согласованной матричной модели предпочтений $(j = c)$, отличающихся только наполнением бинарных матриц свертки

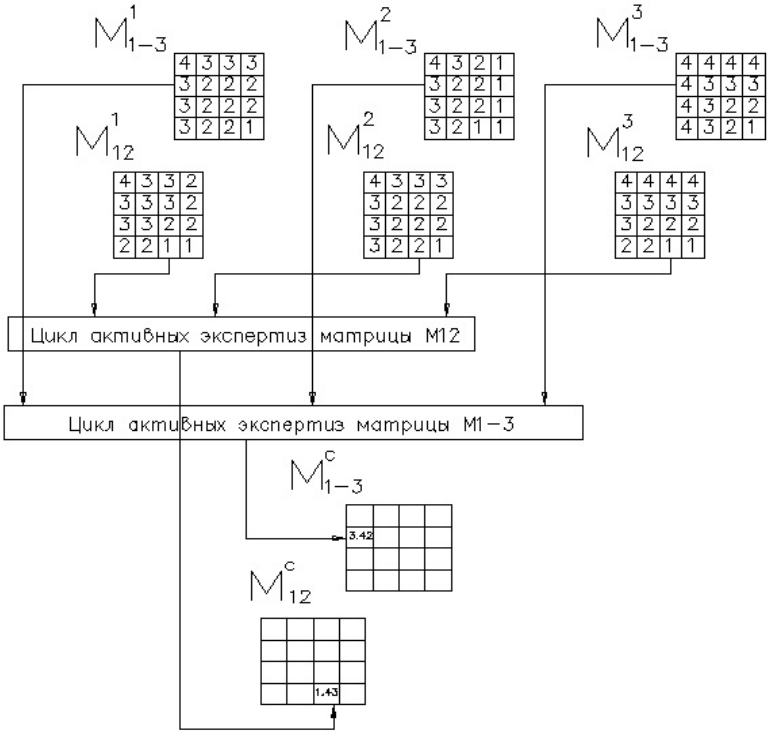
2.4. Процедура согласования матричных моделей предпочтений на основе обобщенных медианных схем

Постановка задачи и общая схема ее решения представлена на рис. 10. Здесь изображены субъективные версии трех экспертов относительно заполнения последовательности (см. рис. 9) из двух бинарных матричных сверток:

$\hat{x}^j = M^j_{1-3}\left(M^j_{12}(x_1 \circ x_2) \circ x_3\right), j = 1,2,3$, а также искомая согласованная версия

$\hat{x}^c = M^c_{1-3}(M^c_{12}(x_1 \circ x_2) \circ x_3)$. Здесь же предусмотрены два цикла (для каждой матрицы) активных экспертиз согласования матричных элементов.

Для использования модифицированной процедуры согласования матричных моделей предпочтений на основе обобщенных медианных схем сформирована матрица диапазона разбросов высказываний экспертов на основе предельной по характеристикам неравномерности развития максимальной и минимальной матриц высказываний (рис. 11). Эта информация необходима для установления фактических диапазонов высказываний экспертов в соответствии с контекстным размещением каждого согласуемого элемента матрицы, что влияет на размещение и протяженность специальной линейной функции фантома.



4	3,24	2,51	2,35
3,42	3	2,08	1,51
3	2,08	2	1,24
2,79	2	1,24	1

4	3,24	3	2,8
3	3	2,91	2
3	2	2	2
2,08	2	1,43	1

Рис. 10. Процедура построения согласованной матричной модели предпочтений согласованием матриц, принадлежащих матричным моделям предпочтений группой экспертов

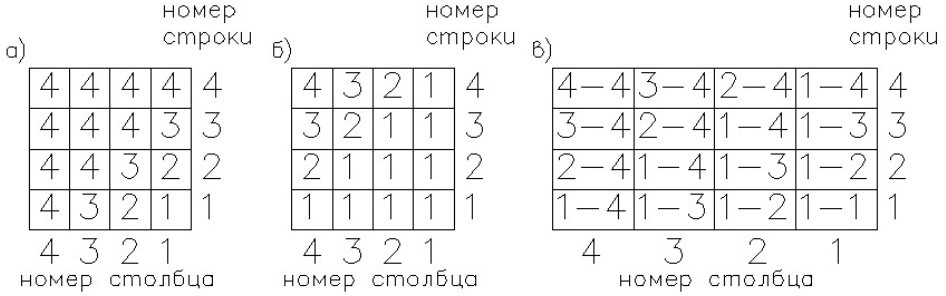


Рис. 11. Установление матрицы в) диапазона разброса высказываний на основе предельных по характеристике неравномерности развития матриц: максимальной а) и минимальной б)

На рис.12 и рис. 13 представлены результаты формирования согласованных матриц М12 и М1-3 соответственно. Получение каждого согласованного элемента матрицы осуществляется по технологии, описанной в пояснениях к рис. 6.

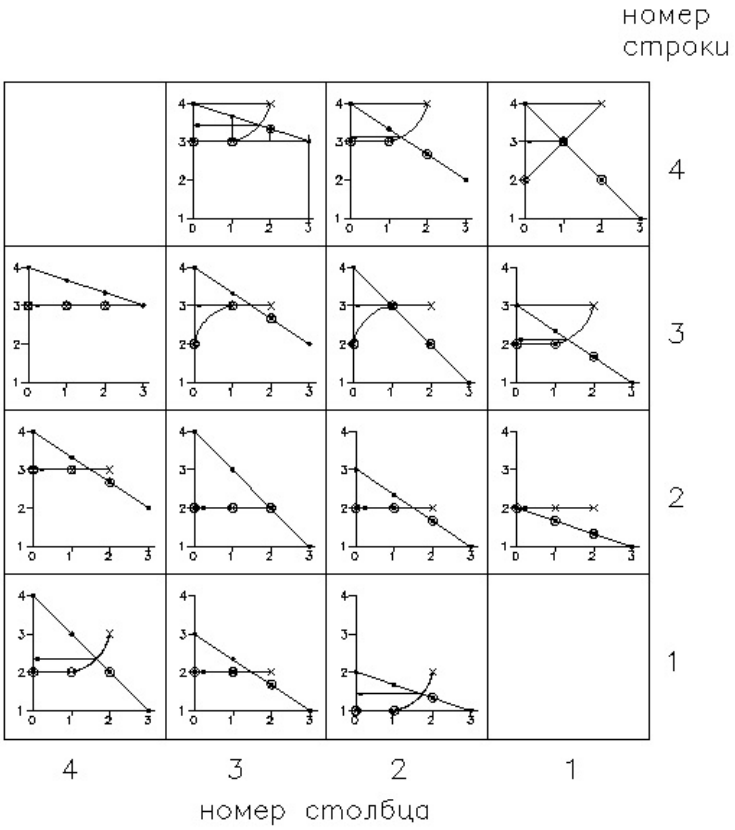


Рис. 12. Процедура формирования согласованной матрицы М12

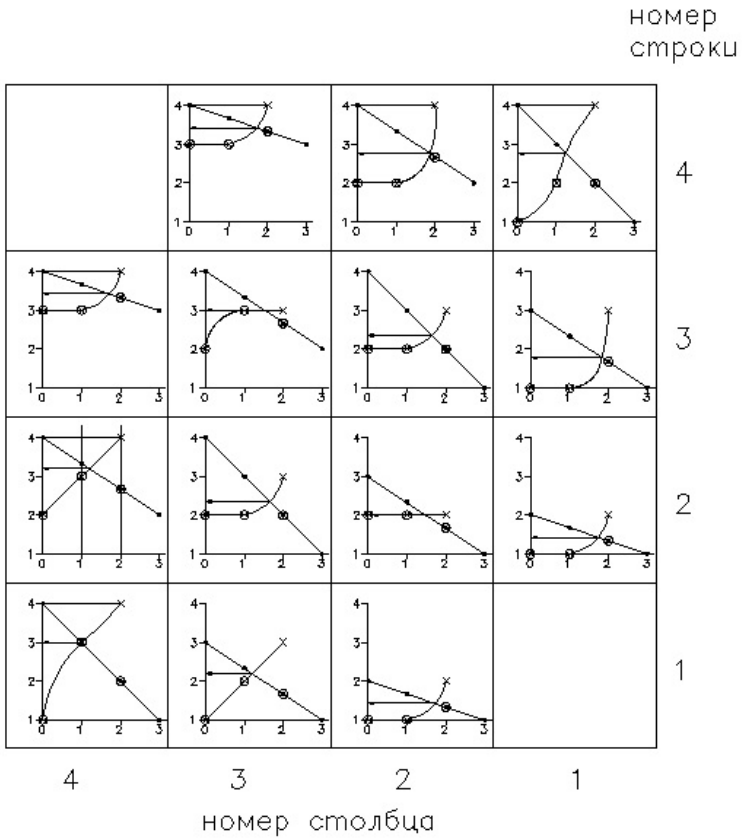


Рис. 13. Процедура формирования согласованной матрицы М1-3

Полученная согласованная модель предпочтений приведена на рис. 10 и отличается нечетким наполнением бинарных матриц свертки в дереве комплексного оценивания, на котором вычисление комплексной оценки производилось (табл. 3) с помощью программного комплекса «Бизнес-декон» [3], реализующего вычисления сверток с нечеткими матрицами на основе специально разработанных алгоритмов [21].

Таблица 3

Результаты вычислительного эксперимента по сопоставлению результатов комплексного оценивания проектов по индивидуальным и согласованной моделям предпочтений с нечетким наполнением матрицы свертки

Эксперт\проект	1	2	3	4	5
1	**2**	1,21	2,6	1,27	1,33
2	2	1,2	2	1,22	1,3
3	2	1,75	2,25	1,4	1,33
$X^{ср.}$	2	1,387	2,283	1,297	1,32
$X^{согл.}$	2,14	1,84	2,6	1,52	1,33

Анализ результатов вычислительного эксперимента демонстрирует способность согласованных моделей противодействовать попыткам манипулирования результатами комплексного оценивания инвестиционных проектов даже на уровне построения субъективных моделей экспертов, т.е. на «системном» уровне, которые являются неманипулируемыми только на стадии сообщений экспертов о характеристиках объектов сопоставления [3]. Действительно, данные табл. 3 обнаруживают способность согласованной модели предпочтений компенсировать попытки манипулирования 1-м и 2-м экспертами (проекты №2 и №4) и 2-м и 3-м экспертами (проект №3) в интересах сбалансированного управления состояниями ОКН, что свидетельствует о повышении эффективности алгоритмов интеллектуальной поддержки согласованных инвестиционных решений.

Заключение

Разработанные алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия согласованных инвестиционных решений с использованием согласованных моделей предпочтений, расширяющих функциональные возможности экспертов в задачах управления сложными объектами, включая ОКН, обладающие научной новизной и свойством неманипулируемости, доведены до наглядных процедур и инструментальных средств, что упрощает их использование в практике экономического исследования. Это особенно актуально в тех случаях, когда в управлении участвуют лица с не вполне совпадающими интересами, но существует необходимость сохранения шансов на компромисс, снижение уровня рисков принятия не вполне убедительных и непринятия достаточно привлекательных для объектов в целом инвестиционных решений. В результате повышается эффективность управления экономическими процессами на основе выбора наиболее предпочтительных инвестиционных проектов, через которые осуществляется управление состояниями ОКН.

Список литературы

1. *Алексеев А.О., Белых А.А., Мелехин М.И., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф.* Адаптируемая неманипулируемая процедура обработки результатов активного экспертного оценивания. А.с. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009616217 от 11.11.2009.

2. *Алексеев А.О., Коргин Н.А.* О применении обобщённой медианной схемы для матричной активной экспертизы // Прикладная математика, механика и процессы управления: III Всерос. науч.-техн. интернет-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 30 нояб. – 5 декаб. 2015 г. / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. Пермь, 2015. URL: http://pmmpu.pstu.ru/media/paper_pdf_2015/%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%BD.pdf (дата обращения: 26.11.2015).

3. *Алексеев А.О., Кривогина Д.Н., Харитонов В.А.* Парадигма инженерной поддержки технологий субъектно-ориентированного управления // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 208–229. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/15.pdf (дата обращения: 06.07.2015).

4. *Алексеев А.О., Мелехин М.И., Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф.* Автоматизированная система комплексного оценивания объектов с возможностью выбора нечеткой процедуры свертки в соответствии со степенью неопределенности экспертно информации о параметрах их состояния». А.с. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014660537 от 12.08.2014.

5. *Алексеев А.О., Харитонов В.А.* Концепция казуальности в управлении социально-экономическими системами // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2013. №10. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-kauzalnosti-v-upravlenii-sotsialno-ekonomicheskimi-sistemami (дата обращения: 16.11.2015).

6. *Андронникова Н.Г., Леонтьев С.В., Новиков Д.А.* Процедуры нечеткого комплексного оценивания // Современные сложные системы управления: Труды междунар. науч.-практ. конф. Липецк, 2002. С. 7–8.

7. *Белых А.А., Винокур И.Р., Харитонов В.А.* Функциональные возможности механизмов комплексного оценивания с топологической интерпритацией матриц свертки // Управление большими системами (электронный научный журнал). 2007. № 18. URL: http://www.mathnet.ru/links/3a8890e33507752ba9d22f7e2dc1e2c7/ubs273 (дата обращения: 26.11.2015).

8. *Белых А.А., Харитонов В.А.* Технологии современного менеджмента. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. 190 с.

9. *Бурков В.Н., Данаев Б., Еналеев А.К., Кондратьев В.В., Нанаева Т.Б., Щепкин А.В.* Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989. 246 с.

10. *Бурков В.Н., Искаков М.Б., Коргин Н.А.* Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемых механизмов многокритериальной активной экспертизы // Проблемы управления. 2008. № 4. С. 38–47.

11. *Бурков В.Н., Буркова И.В. и др.* Механизмы управления: мультифункциональное учеб. пособие // под ред. Д.А. Новикова. М.: УРСС, 2011.

12. *Винокур И.Р., Махлес Р.М., Харитонов В.А.* Развитие методов управления портфелем активов на основе нового класса моделей рынков и рыночных отношений // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. 2012. Вып. 4 (15). С. 15–23.

13. *Дмитрюков М.С., Новопашина Е.И.* Определение категорийности основных несущих конструкций зданий памятников истории и архитектуры при помощи механизма комплексного оценивания// Теория активных систем (ТАС-2014). Материалы междунар. науч.-практ. конф., 17–19 нояб. 2014 г. М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук, 2014. С. 138–141.

14. *Дмитрюков М.С. Харитонов В.А.* Концепция комплексного управления объектами культурного наследия // Управление большими системами (УБС-2015). Материалы XII Всероссийской школы-конференции молодых ученых, 7–11 сент. 2015 г. Волгоград: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Волгоград. гос. ун-т, 2015. С. 355–361.

15. *Иващенко А.А., Коргин Н.А., Новиков Д.А.* Модели и методы оценки эффективности портфеля проектов // Системы управления и информационные технологии. 2005. №. 3 (20). С. 92–98.

16. *Иващенко А.А., Коргин Н.А., Новиков Д.А.* Неманипулируемые механизмы экспертизы при неограниченных множествах возможных сообщений экспертов // Известия Тульского государственного университета. 2005. Вып. 8, ч. 2. С. 159–165.

17. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами. М.: Московский психолого-социальный институт, 2005. 581 с.

18. *Новиков Д.А., Петраков С.Н.* Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. 108 с.

19. *Петраков С.Н.* Механизмы планирования в активных системах: неманипулируемость и множества диктаторства. М.: ИПУ РАН, 2001. 135 с.

20. *Рипкема Д.* Экономика исторического наследия. Практическое пособие для руководителей: пер. с англ. М.: Билдинг Медиа Груп, 2006. 156 с.

21. Харитонов В.А. [и др.]. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений / науч.ред. В.А. Харитонова. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-т, 2010. 342 с.

22. *Харитонов В.А., Шайдулин Р.Ф.* Конецепции интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах управления сложными объектами (на примере городских лесничеств) // Управление экономиче-

скими системами: электронный научный журнал. 2014. № 10. URL: http://www.ue cs.ru. (дата обращения: 29. 11. 2015).

23. *Alekseev A.O., Gureev K.A., Kharitonov V.A.* Intelligent technologies in modelling the investment preferences of market perticipants // Actual Problems of Economics. 2014. Vol. 152, iss. 2. P. 435–449. URL: www.scopus.com (дата обращения: 12.12.2015).

24. *Barbera S., Masso J., Neme A.* Voting under Constraints // Journal of Economic Theory. 1997. Vol. 76. P. 298–321. URL: http://www.ucl.ac.uk/~uctpcab/jocs/mas so (дата обращения: 30.11.2015).

25. *Border K., Jordan J.* Straightforward elections, unanimity and phantom voters // Review of Economic Studies. 1983. Vol. 50. P. 153–170.

26. *Kormen, Tomas H., Layserson, Charlz I., Rivest Ronal L., Shtain., Klifford.* Algorithms. Design and Analysis. Second edition. M.: Williams, 2005. P. 240.

27. *Moulin H.* On strategy-proofness and single-peakedness // Public Choice. 1980. Vol. 35. P. 437–455.

Получено: 17.12.2015.

References

1. Alekseev A.O., Belykh A.A., Melekhin M.I., Kharitonov V.A., Shaidulin R.F. *Adaptiruemaia nemanipuliruemaia protsedura obrabotki rezul'tatov aktivnogo ekspertnogo otsenivaniia* [Adaptable non-manipulable data processing procedure of the active expert evaluation] A. s. o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM no. 2009616217 dd. 11.11.2009.

2. Alekseev A.O., Korgin N.A. O primenenii obobshchennoi mediannoi skhemy dlia matrichnoi aktivnoi ekspertizy [On the application of generalized median schemes for the examination of the active matrix] *Prikladnaia matematika, mekhanika i protsessy upravleniia. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 30 noiab–5 dec. 2015 [Proceedings of the international scientific and practical conference, Nov. 30 – dec. 19. 2015]*.Perm, (In Russian).

3. Alekseev A.O., Krivogina D.N., Kharitonov V.A. Paradigma injenernoi podderjki tehnologi sybektno-orientirovannogo upravleniia [Paradigm engineering support subject-oriented management technology] *Polimatematicheski setevoi electronni jurnal Kybanskogo gosydarstvennogo agrarnogo yniversiteta*. 2015, no. 112, pp. 208–229.

4. Alekseev A.O., Melekhin M.I., Kharitonov V.A., Shaidulin R.F. *Avtomatizirovannaia sistema kompleksnogo otsenivaniia obieektov s vozmozhnost'iu vybora nechetkoi protsedury svertki v sootvetstvii so stepen'iu neopredelennosti ekspertno informatsii o parametrakh ikh sostoianiia* [Automated system of complex estimation of objects with a choice of fuzzy convolution procedures according to the degree of uncertainty of expert information on the parameters of their condition] A. s. o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM no. 2014660537 dd 12.08.2014.

5. Alekseev A.O., Kharitonov V.A. Koncepciia kazualnosti v upravlenii sotsialno-economicheskimi sistemami [The concept of causality in the management of socio-economic systems]. *Upravlenie economocheskimi sitemami (elektronnyi nauchnyi zhurnal)* [Economic systems management], 2013, no.10.

6. Andronikova N.G., Leont'ev S.V., Novikov D.A. Protsedury nechetkogo kompleksnogo otsenivaniia [Procedures for fuzzy comprehensive assessment]. *Sovremenie slozhnie sistemi upravleniia* [Modern sophisticated control systems] *Materialy mezhdunarodnoi nauchno – prakticheskoi konferentsii, 2002* [Proceedings of the International scientific and practical conference 2002]. Lipezk, pp. 7–8. (in Russian).

7. Belykh A.A., Vinokur I.R., Kharitonov V.A. Funktsional'nye vozmozhnosti mekhanizmov kompleksnogo otsenivaniia s topologicheskoi interpritatsiei matrits svertki [The functionality of the complex mechanisms of evaluation from a topological interpretation of the convolution matrix]. *Upravlenie bol'shimi sistemami (elektronnyi nauchnyi zhurnal)* [Managing large systems], 2007, no. 18. Available at: http://www.mathnet.ru/links/3a8890e33507752 ba9d22f7e2dc1e2c7/ubs273 (accessed 26.11.2015).

8. Belykh A.A., Kharitonov V.A. *Tekhnologii sovremennogo menedzhmenta* [Modern Management Technologies]. Perm, Perm. gos. tekhn. Publ., 2007. 190 p.

9. Burkov V.N., Danev B.N., Enaleev A.K., Kondrat'ev V.V., Nanaeva T.B., Shchepkin A.V. *Bol'shie sistemy: modelirovanie organizatsionnykh mekhanizmov* [Large systems: modeling organizational

mechanisms]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 246 p.

10. Burkov V.N., Iskakov M.B., Korgin N.A. Primenenie obobshchennih mediannyh shem dlia postroeniia nemanipyliruemikh mehanizmov mnogokriterialnoi aktivnoi ekspertizy [Application of generalized median schemes for the construction of mechanisms manipulated multicriterion active expertise] *Problemi upravleniia* [The problems of management], 2008, no. 4, pp. 38–47.

11. Burkov V.N., Burkova I.V., *Mekhanizmi upravleniia: multifunktsionalnoe uchebnoe posobie* [Control Mechanisms: Multi tutorial]. Moscow, URSS Publ., 2011.

12. Vinokur I.R., Makhles R.M., Kharitonov V.A. Razvitie metodov upravleniia portfelem aktivov na osnove novogo klassa modelei rynkov i rynochnykh otnoshenii [Development of methods of portfolio management on the basis of a new class of models of markets and market relations]. *Perm University Herald. Economy,* 2012, no. 4(15), pp. 15–23.

13. Dmitriukov M.S., Novopashina E.I. Opredelenie kategoriinosti osnovnykh nesushchikh konstruktsii zdanii pamiatnikov istorii i arkhitektury pri pomoshchi mekhanizma kompleksnogo otsenivaniia [Determination of categorizing the main load-bearing structures of buildings of historical and architectural complex mechanism using the assessment] *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, 17–19 noiab. 2014 [Proceedings of the international scientific-practical conference, 17–19 November 2014*]. Moscow, Institut problem upravleniia imeni V.A. Trapeznikova Rossiiskaia akademi nauk [Russian Academy of Sciences], 2014, pp. 138–141. (In Russian).

14. Dmitriukov M.S., Kharitonov V.A. Kontseptsiia kompleksnogo upravleniia ob'ektami kul'turnogo naslediia [The concept of integrated management of cultural heritage]. *Upravlenie bol'shimi sistemami (UBS-2015). Materialy XII Vserossiiskoi shkoly-konferentsii molodykh uchenykh, 7–11 sent. 2015* [*Managing large systems (UBS 2015). Materials of the XII All-Russian School-Conference of Young Scientists, 7–11 Sep. 2015*]. Volgograd, Institut problem upravleniia imeni V.A. Trapeznikova Rossiiskaia akademi nauk, Volgogradskii gosudarstvenni universitet, 2015, pp. 355–361. (In Russian).

15. Ivashhenko A.A., Korgin N.A., Novikov D.A. Modeli i metody otsenki effektivnosti portfelia proektov [Models and methods for evaluating the effectiveness of the portfolio] *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii* [Administration Systems and Information Technology], 2005, no. 3 (20), pp. 92–98.

16. Ivashhenko A.A., Korgin N.A., Novikov D.A. Nemanipuliruemye mehanizmy ekspertizy pri neogranichennykh mnozhestvakh vozmozhnykh soobshhenii ekspertov [Manipulated examination mechanisms with limited sets of possible messages experts] *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*, 2005, vol. 2, no. 8, pp. 159–165.

17. Novikov D.A. *Teoriia upravleniia organizacionnimi sistemami* [Organizational systems management theory]. Moscow, Moscovski psihologo-socialnii instityt Publ., 2005. 581 p.

18. Novikov D.A., Petrakov S.N. *Kyrs teorii aktivnikh system* [Course of the theory of active systems]. Moscow, SINTEG Publ., 1999. 108 p.

19. Petrakov S.N. *Mekhanizmy planirovaniia v aktivnikh sistemakh: nemanipuliruemost I mnozhestva dictatorstva* [Planning mechanisms in active systems: the manipulability and a variety of dictatorship]. Moscow, Institut problem upravleniia imeni V.A. Trapeznikova Rossiiskaia akademi nauk, Publ., 2001. 135 p.

20. Ripkema D. *Economica istoricheskogo naslediia]. Practicheskoe posobie dlia rykovoditelei.* [Economics of historical heritage. A practical guide for managers]. Moscow, Bilding Media Grup Publ., 2006. 156 p.

21. Kharitonov V.A., Elokhova I.V., Stamatin V.I., Belykh A.A., Shaidulin R.F., Alekseev A.O., Lykov M.W., Vinokur I.R., Kaloshina E.A., Gureev K.A. *Intellektual'nye tekhnologii obosnovaniia innovatsionnykh reshenii* [Intelligent Technology justify investment decisions]. Perm, Perm. gos. tekhn., Publ., 2010. 342 p.

22. Kharitonov V.A., Shaidulin R.F. Konetseptsii intellektual'noi podderzhki priniatiia reshenii v zadachakh upravleniia slozhnymi ob"ektami (na primere gorodskikh lestnichestv) [Concept of intelligent decision support tasks in the management of complex objects (for example, urban lestnichestv)] *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami (elektronnyi nauchnyi zhurnal)* [Management of economic systems], 2014, no. 10. Available at: http://www.uecs.ru. (accessed: 29.11.2015).

23. Alekseev A.O., Gureev K.A., Kharitonov V.A. Intelligent technologies in modelling the investment preferences of market participants. *Actual Problems of Economics,* 2014, vol. 152, issue 2, pp. 435–449.

24. Barbera S., Masso J., Neme A. Voting under Constraints. *Journal of Economic Theory,* 1997, vol. 76, pp. 298–321. Available at: http://www.ucl.ac.uk/~uctpcab/jocs/masso (accessed 30.11.2015).

25. Border K., Jordan J. Straightforward elections, unanimity and phantom voters. *Review of Economic Studies,* 1983, vol. 50, pp. 153–170.

26. Kormen, Tomas H., Layserson, Charlz I., Rivest Ronal L., Shtain., Klifford. *Algorithms. Design and Analysis. – Second edition*. Moscow, "Williams" Publ., 2005. 240 p.

27. Moulin H. On strategy-proofness and single-peakedness. *Public Choice,* 1980, vol. 35, pp. 437–455.

The date of the manuscript receipt: 17.12.2015.

MAKING CONCERTED INVESTMENT DECISIONS IN CULTURAL HERITAGE MANAGEMENT: ALGORITHMS OF INTELLECTUAL SUPPORT

Valery A. Kharitonov, Doctor of Economic Sciences, Professor
E-mail: kharitonov@cems.pstu.ru
Perm National Research Polytechnic University;
109, Kuibysheva st., 614010, Perm, Russian Federation
Maksim S. Dmitryukov, Teaching Assistant
E-mail: dmitryukov.m@mail.ru
Perm National Research Polytechnic University;
109, Kuibysheva st., 614010, Perm, Russian Federation
Regina A. Larionova, Teaching Assistant
E-mail: r.larionova@mail.ru
Perm National Research Polytechnic University;
109, Kuibysheva st., 614010, Perm, Russian Federation

Cultural heritage (CH) is of great socio-economic importance. The problem of preservation and development of CH is vital for the cities of Russia. Due to the multidimensional nature of such problems, experts from different fields are involved to their solution, those often having not concurring interests. Thus, it is essential to improve the efficiency of the known mechanisms for making concerted investment decisions in the context of CH management problems. The main idea of the research is to improve the procedure for making innovative decisions agreed on the basis of generalized median schemes and to bring them to the level of tools. In the paper a substantial modification to the procedure for making such decisions is proposed, allowing for working out design decisions based on a set of matrix models showing preferences of different groups of experts in managing CH. The authors have elaborated procedures to harmonize functions of bringing CH phase characteristics and investment projects, to find concerted solutions when conducting a comprehensive assessment of investment projects and also a consistent model of preferences in the group of models of expert preferences, to harmonize matrix models of preferences based on generalized median schemes. The article also presents data of computing experiments confirming that the mechanisms proposed are effective, in particular in CH management tasks. The algorithms developed apply consistent models, which extend functional capacities of experts in handling problems of managing complex objects, including CH. These algorithms possess scientific novelty and the property of non-manipulability, they are brought up to the level of visual procedures and tools, which simplifies their use in economic research. This is especially essential in cases when persons involved in management have not quite matching interests. Selection of the most preferable investment projects results in increasing efficiency of control over economic processes.

Keywords: cultural heritage, management, algorithms of intellectual support, matrix models of preferences, concerted investment decisions, active examination, generalized median scheme, bringing function, binary matrix of convolution, active non-manipulable examination.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:
Харитонов В.А., Дмитрюков М.С., Ларионова Р.А. Алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия согласованных инвестиционных решений в задачах управления объектами культурного наследия // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2016. № 3(30). С. 61–76. doi: 10.17072/1994–9960–2016–3–61–76

Please cite this article in English as:
Kharitonov V.A., Dmitryukov M.S., Larionova R.A. Making concerted investment decisions in cultural heritage management: algorithms of intellectual support // Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy. 2016. № 3(30). P. 61–76. doi: 10.17072/1994–9960–2016–3–61–76