

DOI: 10.15593/2499-9873/2019.4.09

УДК 519.714.3

А.О. Алексеев

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МЕХАНИЗМОВ
КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ К СТРАТЕГИЧЕСКОМУ
ПОВЕДЕНИЮ АГЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ СОГЛАСОВАНИЯ
ПОЛИТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ
РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА)**

Исследуется устойчивость матричных механизмов комплексного оценивания к стратегическому поведению агентов, обладающих способностью искажать информацию о своих возможностях и предпочтениях для достижения собственных целей. Показано, что результаты комплексного оценивания, полученные при использовании аддитивно-мультипликативного подхода механизма на основе матрицы свертки, элементы которой определялись с помощью матричного анонимного обобщенного медианного механизма, устойчивы к стратегическому поведению агентов, т.е. целевая функция агента, формализуемая как разница между комплексной оценкой, полученной при сообщении исходной матрицы свертки и комплексной оценкой при искажаемом сообщении, имеет минимум. Задача рассматривается на примере задачи согласования при коллегиальном органе управления единой политики риск-менеджмента организации в части формирования матрицы рисков, описывающей реакции по воздействию на риски при всевозможных сочетаниях рискообразующих факторов: возможность наступления рискового события и последствия в случае его наступления. Рассматривается модельный пример с тремя членами совета директоров, каждый из которых имеет собственное видение матрицы риска, показана итоговая карта риска, которая получилась с помощью предложенного подхода.

Ключевые слова: механизмы управления, механизмы контроля, разработка механизмов, игровая неопределенность, стратегическое поведение, неманипулируемость, медианные схемы, риск-менеджмент.

A.O. Alekseev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**STABILITY ANALYSIS OF THE RATING AND CONTROL
MECHANISM TO AGENT'S STRATEGIC BEHAVIOR
(ON EXAMPLE OF THE RISK MANAGEMENT
POLICY COORDINATION)**

The stability of the matrix rating and control mechanisms to the agent's strategic behavior is investigated. The agents could to distort information about their capabilities and preferences to achieve their own purposes. It is shown that the results of complex assessment obtained using the additive-multiplicative approach of the mechanism based on the convolution matrix, the elements of which were determined using the matrix anonymous generalized mechanism, are resistant to the strategic behavior of agents, i.e. the agent's objective function, formalized as the difference between the complex estimate obtained by reporting the original convolution matrix and the complex estimate when the message is distorted, has a minimum. The task is considered on the example of the task of agreeing with the collegial management body a unified risk management policy of the organization in terms of creating a risk matrix that describes the response to the risks with all possible combinations of risk factors: the possibility (likelihood) of a risk event and consequences if it occurs (amount of risk). We consider a model example with three members of the board of directors, each of which has its own vision of the risk matrix, and shows the final risk map, which was obtained using the proposed approach.

Keywords: control mechanism, rating and control mechanism, mechanism design, game uncertainty, strategic behavior, strategy-proof, median scheme, risk-management.

Введение

Групповая экспертиза сложных объектов, описываемых вектором свойств, является актуальной задачей во многих предметных областях, что делает востребованным применение механизмов комплексного оценивания и активной экспертизы.

Механизмы комплексного оценивания используются для агрегирования информации об объекте управления и описания его состояния с помощью всего одного параметра – интегральной, или комплексной, оценки [1, 2]. К преимуществу матричных механизмов комплексного оценивания, исследуемых в данной работе, относится отсутствие свойства компенсируемости. Расширить область применения матричных механизмов комплексного оценивания удалось благодаря применению нечетких процедур комплексного оценивания и эквивалентных им функций интерполяций [3].

Механизмы активной экспертизы разрабатывались с целью минимизации стремления активных агентов исказить информацию о состоянии оцениваемого объекта. Известно [4–6], что неманипулируе-

мыми механизмами активной экспертизы являются медианные схемы голосования. Каждый из описанных механизмов управления имеет явные преимущества для применения их в задачах групповой экспертизы сложных объектов, что делает актуальным синтез этих механизмов и исследование полученных свойств.

В работе [7] был введен матричный анонимный обобщенный медианный механизм (МАОММ), где было показано, что матрица свертки, элементы которой определены с помощью процедуры активной экспертизы, непротиворечива, т.е. не убывает. В [8] показана возможность использования матриц свертки, элементы которых определены в непрерывном виде, что не накладывает никаких дополнительных условий на процедуру активной экспертизы помимо традиционно используемых: монотонность, непрерывность, единогласие. В работах [9, 10] были предложены подходы по делегированию сообщений экспертов, что востребовано при привлечении узкопрофильных специалистов, способных оценить лишь часть свойств сложного многопараметрического объекта. Для наглядной демонстрации описанных выше свойств и экспериментального исследования стратегического поведения агентов был создан программный модуль [11] и разработана специальная деловая игра [12].

Задача исследования неманипулируемости комплексной оценки, получаемой при использовании матрицы свертки, элементы которой определялись с помощью МАОММ, сформулирована в работах [13, 14]. Фактически требовалось проверить, является ли комплексная оценка, полученная по групповой матрице, где все элементы являются медианами сообщений агентов, медианой комплексных оценок, которые бы получились при исходных матрицах, образованных сообщениями агентов и фантомов. Этому вопросу посвящена первая часть статьи.

Для экспериментальной проверки свойств неманипулируемости комплексной оценки автором выбрана задача согласования политики риск-менеджмента организации [14, 15] в части установления правил реагирования на риски¹, что отражено во второй части статьи. Такой выбор обусловлен тем, что одной из ключевых проблем при попытке

¹В политике риск-менеджмента организации помимо правил реагирования на риски еще может устанавливаться терпимость к риску, целевой уровень риска и т.п.

формализации набора правил реагирования на риски является согласование мнений всех лиц, участвующих в управлении организацией (далее – коллегиальный орган управления / правление). С одной стороны, лица, отвечающие за определенный круг вопросов, могут иметь отличающиеся друг от друга представления о том, как необходимо реагировать на риски. Например, директор по финансам (CFO) может иметь мнение, отличное от представления директора по производству (СТО), а директор по информационным технологиям (CIO) может не соглашаться с директором по безопасности (CSO) и т.д. С другой стороны, не исключен случай личной заинтересованности отдельных членов коллегиального органа управления в формировании выгодной им политики риск-менеджмента. Например, с целью увеличения бюджета на противодействие каким-либо рискам.

1. Неманипулируемость механизма комплексного оценивания

Математически задача выглядит следующим образом. Пусть агенты $i \in N = \{1, \dots, n\}$ сообщают свои матрицы свертки $s^i = \{s_{rc}^i\}$, $r \in \{1, \dots, \bar{r}\}$, $c \in \{1, \dots, \bar{c}\}$, $\forall r, c \quad s_{rc}^i \in [z_{rc}; \bar{z}_{rc}]$. Обозначим $s_{rc} = \{s_{rc}^i\}_{i \in N}$. По сообщениям агентов с помощью любой процедуры согласования $\pi(s_{rc})$, удовлетворяющей условиям МСУ (монотонности, непрерывности и единогласия) [4–6], образуется $(n-1)$ матриц фантомов $w^j = \{w_{rc}^j\}$, $j \in M = \{1, \dots, n-1\}$, $\forall r, c \quad w_{rc}^j \in [z_{rc}; \bar{z}_{rc}]$. Обозначим $w_{rc} = \{w_{rc}^j\}_{j \in M}$. В результате применения матричного анонимного обобщенного медианного механизма [7] получается матрица $z = \{z_{rc}\}$, элементы которой являются медианами множеств сообщений агентов и фантомов $\forall r, c, z_{rc} = \text{med}(s_{rc}, w_{rc})$.

Матрица свертки описывает правило агрегирования пары критериев. Комплексная оценка $v(X_r, X_c)$ определяется согласно аддитивно-мультипликативному механизму комплексного оценивания [3] по матрице свертки так:

$$v = j_3 + \gamma_1(j_4 - j_3) + \gamma_2(j_5 - j_3) + \gamma_1 \cdot \gamma_2(j_6 + j_3 - j_5 - j_4), \quad (1)$$

где введены следующие обозначения:

$$\gamma_1 = X_r, \quad X_r \in [1, \bar{r}], \quad (2)$$

$$\gamma_2 = X_c, \quad X_c \in [1, \bar{c}], \quad (3)$$

$$j_3 = m_{rc} \mid_{r=X_r, c=X_c}, \quad (4)$$

$$j_4 = m_{rc} \mid_{r=\min(X_r+1; \bar{r}), c=X_c}, \quad (5)$$

$$j_5 = m_{rc} \mid_{r=X_r, c=\min(X_c+1; \bar{c})}, \quad (6)$$

$$j_6 = m_{rc} \mid_{r=\min(X_r+1; \bar{r}), c=\min(X_c+1; \bar{c})}. \quad (7)$$

Таким образом, используя (1)–(7) мы получим n комплексных оценок, соответствующих агентам (обозначим их v^i , $i \in N = \{1, \dots, n\}$), и $n-1$ комплексных оценок, соответствующих фантомам (обозначим их v^j , $j \in N = \{1, \dots, n-1\}$).

Для определения комплексной оценки по исходным матрицам агентов в выражениях (4)–(7) вместо m_{rc} необходимо использовать s_{rc} , $i \in N = \{1, \dots, n\}$, фантомов – w_{rc} , $j \in M = \{1, \dots, n-1\}$.

В случае согласованной матрицы в выражениях (4)–(7) в качестве m_{rc} необходимо использовать z_{rc} . Обозначим комплексную оценку, полученную по согласованной матрице свертки, – v^z .

Ранее отмечено, что неманипулируемыми механизмами активной экспертизы являются медианные схемы голосования. Тогда, если комплексная оценка, полученная по групповой матрице, где все элементы являются медианами сообщений агентов и фантомов, является медианой комплексных оценок, которые бы получились при исходных матрицах, образованных сообщениями агентов и фантомов, то механизм неманипулируем. Другими словами, требуется проверить справедливость выражения $v^z = \text{med}(v^i, v^j)$.

Преобразуем выражение (1), раскрыв скобки и выделив слагаемые с множителями j_3 , j_4 , j_5 и j_6 :

$$v = j_3(1 - (\gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_1 \cdot \gamma_2)) + j_4(1 - \gamma_1) + j_5(1 - \gamma_2) + j_6 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2. \quad (8)$$

Как видно из выражения (8), все слагаемые являются положительными при любых значениях сворачиваемых критериев X_r и X_c , так как $\gamma_1 \in [0,1)$ и $\gamma_2 \in [0,1)$ согласно (2) и (3), т.е. выражение (8), а значит и (1), описывают монотонную функцию. Таким образом, при фиксированных значениях сворачиваемых критериев X_r и X_c выражение (8) представляется линейным уравнением с переменными j_3 , j_4 , j_5 и j_6 , которые соответствуют элементам матрицы свертки.

Для линейных уравнений не во всех случаях выполняется условие, что значение функции при медианах множеств значений аргументов является медианой. Таким образом, $\exists X_r$ и X_c , для которых $v^z \neq \text{med}(v^i, v^j)$.

Покажем это, рассмотрев пример с тремя экспертами (рис. 1).

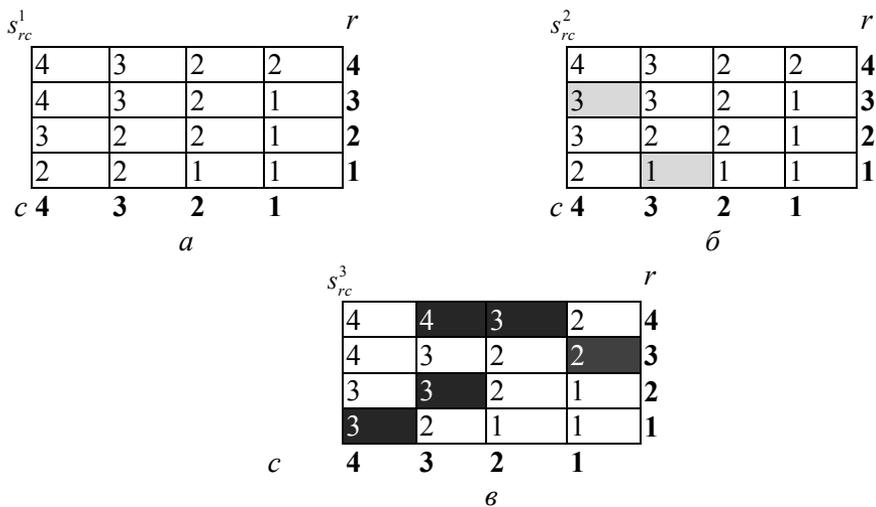


Рис. 1. Примеры сообщений трех экспертов

Механизмы активной экспертизы, основанные на медианных схемах, требуют добавления к сообщениям реальных людей заранее фиксированных дополнительных сообщений, известным лицам, участвующим в процедуре согласования. Это сообщения несуществующих, так называемых фантомных, экспертов; их сообщения используются так, как если бы это были сообщения реальных людей.

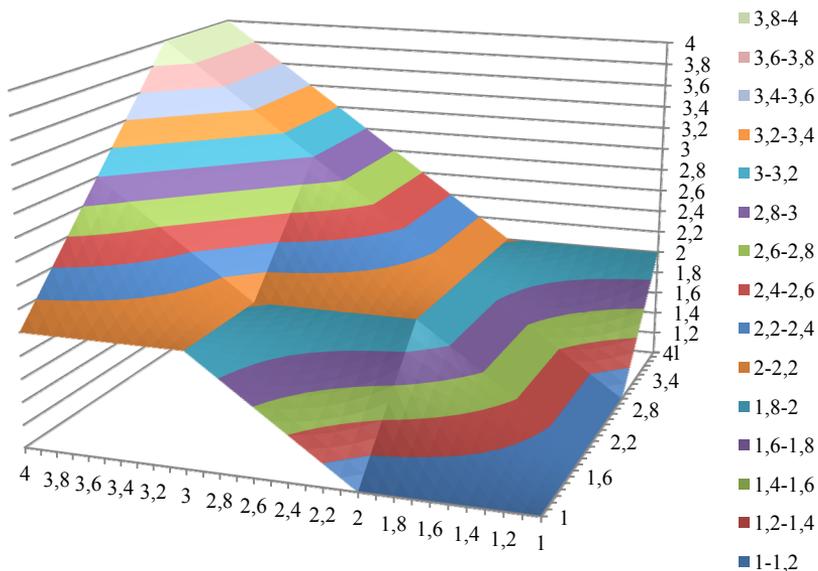


Рис. 2. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по матрице свертки эксперта 1 с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

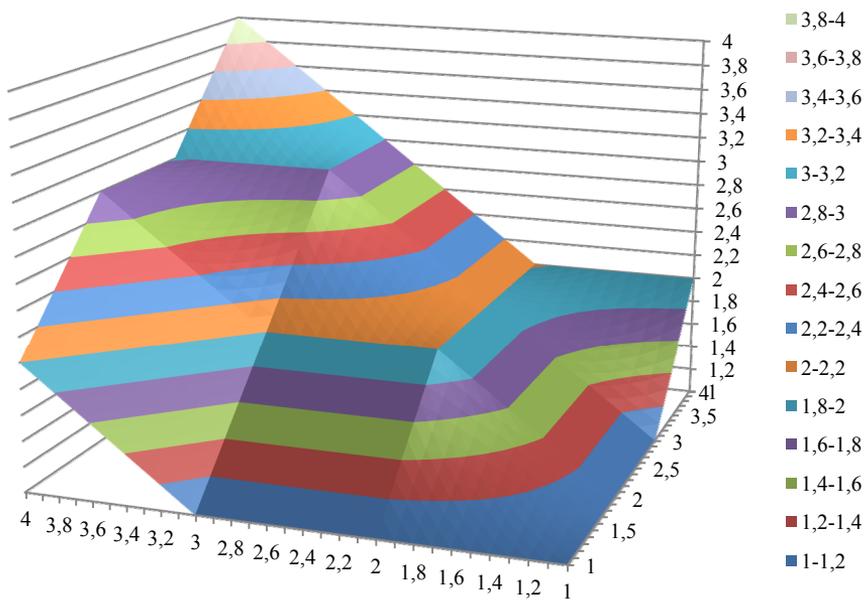


Рис. 3. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по матрице свертки эксперта 2 с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

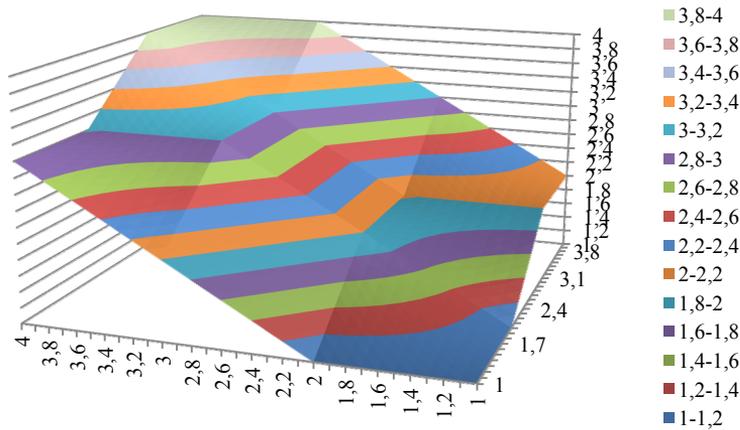


Рис. 4. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по матрице свертки эксперта 3 с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

Оценки фантомов вычисляются с помощью специальной процедуры π на основе множества виртуальных оценок, полученных как будто бы часть реальных людей сообщает максимальные оценки \bar{z}_{rc} , оставшаяся часть сообщает минимальную оценку \underline{z}_{rc} . Так, для иллюстрируемого примера у фантома ($j = 1$) два члена правления ($M - j$) сообщают максимальные оценки \bar{z}_{rc} , а один (j) член правления сообщает минимальную оценку \underline{z}_{rc} , а у фантома ($j = 2$) один член правления сообщает максимальную оценку \bar{z}_{rc} , а оставшихся два сообщают минимальные оценки \underline{z}_{rc} .

В данном случае для иллюстрации примера используем процедуру π , вычисляющую среднеарифметическую оценку (рис. 5). Тогда элементы матрицы вычисляются по следующему выражению:

$$w_{rc}^j = (\bar{z}_{rc} \cdot (M - j) + \underline{z}_{rc} \cdot j) / M.$$

w_{rc}^1				r
4,00	3,67	3,33	3,00	4
3,67	3,33	3,00	2,33	3
3,33	3,00	2,33	1,67	2
3,00	2,33	1,67	1,00	1
c 4	3	2	1	

a

w_{rc}^2				r
4,00	3,33	2,67	2,00	4
3,33	2,67	2,00	1,67	3
2,67	2,00	1,67	1,33	2
2,00	1,67	1,33	1,00	1
c 4	3	2	1	

б

Рис. 5. Матрицы со значениями фантомов: матрица фантома $j = 1 - (a)$; матрица фантома $j = 2 - (б)$

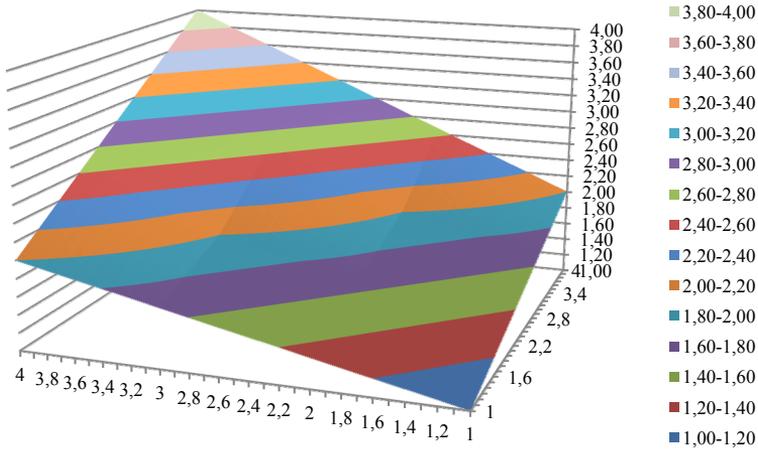


Рис. 6. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по матрице фантома 1 с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

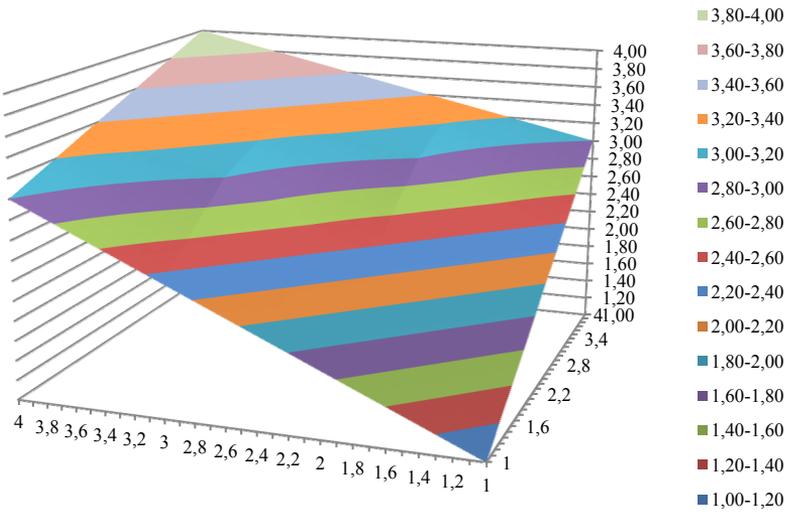


Рис. 7. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по матрице фантома 1 с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

Для $\forall r, c$ элементы матрицы $z_{rc} \in [\underline{z}_{rc}; \bar{z}_{rc}]$ и матрица будет непротиворечивой, т.е. неубывающей, что может быть выражено следующим образом: $z_{rc} \leq z_{rc+1}$, $z_{rc} \leq z_{r+1c}$, $\underline{z}_{rc} \leq \underline{z}_{rc+1}$, $\underline{z}_{rc} \leq \underline{z}_{r+1c}$, $\bar{z}_{rc} \leq \bar{z}_{rc+1}$, $\bar{z}_{rc} \leq \bar{z}_{r+1c}$.

Непротиворечивость матрицы z_{rc} обосновывается тем, что у любой процедуры π должно выполняться условие монотонности: $\forall \Delta s > 0$

справедливо $\pi(s) \leq \pi(s + \Delta s)$. Поскольку на множество сообщений агентов $s_{rc}^i \in [z_{rc}; \bar{z}_{rc}]$ накладываются ограничение монотонности значений матрицы, чтобы их индивидуальная матрица не убывала, т.е. выполняется $s_{rc} \leq s_{rc+1}$, $s_{rc} \leq s_{r+1c}$, $\underline{s}_{rc} \leq \underline{s}_{rc+1}$, $\underline{s}_{rc} \leq \underline{s}_{r+1c}$, $\bar{s}_{rc} \leq \bar{s}_{rc+1}$, $\bar{s}_{rc} \leq \bar{s}_{r+1c}$, то результаты активной экспертизы π не будут убывать в силу монотонности аргумента.

Используя МАОММ, получим согласованную матрицу z_{rc} (рис. 8).

$$z_{rc} = \text{med}(s_{rc}, w_{rc})$$

				<i>r</i>	
	4,00	3,33	2,67	2,00	4
	3,67	3,00	2,00	1,67	3
	3,00	2,00	2,00	1,00	2
	2,00	2,00	1,00	1,00	1
<i>c</i>	4	3	2	1	

Рис. 8. Согласованная матрица, полученная с помощью МАОММ

Вычислим комплексные оценки, используя (1) или (8) при изменении X_r и X_c от 1 до 4 с шагом 0,1, по матрице свертки, элементы которой определялись с помощью МАОММ (рис. 9), и сравним результаты с медианами множеств комплексных оценок, полученных по матрицам экспертов и матрицам фантомов (рис. 10).

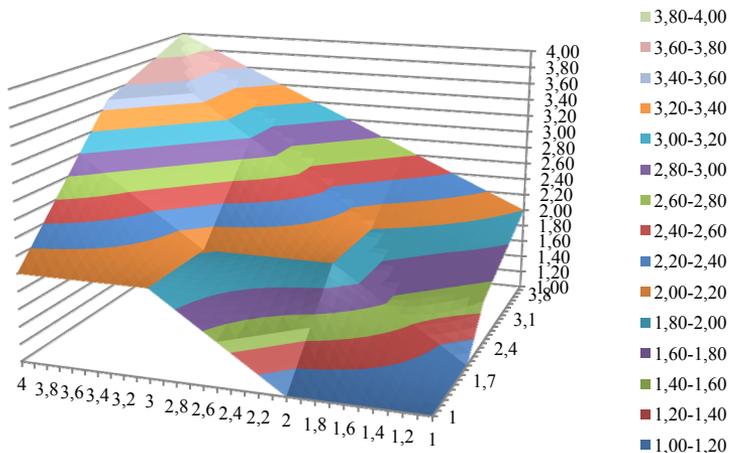


Рис. 9. Поверхность, соответствующая множеству комплексных оценок, вычисленным по согласованной с помощью МАОММ матрице с шагом изменения X_r и $X_c = 0,1$

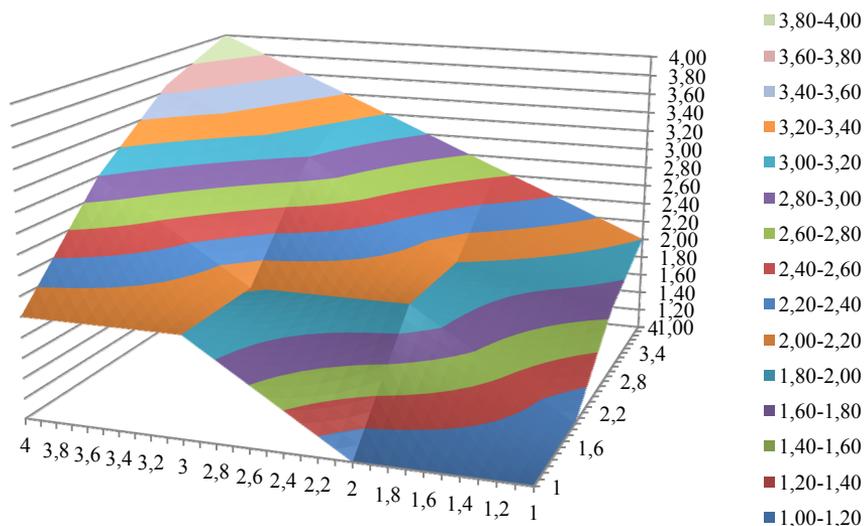


Рис. 10. Поверхность, соответствующая множеству медиан комплексных оценок, полученных по матрицам экспертов и матрицам фантомов

Глядя на рис. 9 и 10, можно сделать вывод о качественном совпадении результатов. Однако после выполнения серии вычислительных экспериментов при изменении X_r и X_c от 1 до 4 с шагом 0,1, т.е. 960 экспериментов, показано, что комплексная оценка, полученная при использовании матрицы свертки, элементы которой определялись с помощью МАОММ, не является медианой комплексных оценок, полученных по матрицам экспертов и матрицам фантомов ($v^z \neq \text{med}(v^i, v^j)$) в 354 случаях. В остальных случаях требуемое свойство выполняется.

При этом отклонения v^z от $\text{med}(v^i, v^j)$ довольно незначительные и в большинстве случаев не превышают 5%. На основании того, что целевая функция агента, формализуемая как разница между комплексной оценкой, полученной при сообщении исходной матрицы свертки, и комплексной оценкой при искажаемом сообщении, имеет минимум, можно утверждать, что свойство неманипулируемости результатов комплексного оценивания при групповой экспертизе выполняется и МАОММ устойчив к стратегическому поведению агентов.

2. Согласование политики риск-менеджмента при коллегиальном органе управления

В риск-менеджменте существуют общепринятые стратегии реагирования на риски: принятие, снижение, передача и отказ. Подобные стратегии могут быть прописаны в политике риск-менеджмента организации совместно с декларированием склонности к риску, терпимости к риску, целевого уровня риска и т.п. Фактически речь идет о совокупности правил – при каком уровне риска какая дается реакция. Риск, согласно PMBOK[®], определяется тремя факторами:

- 1) рисковое событие (risk event, согласно ISO 31000:2018 речь идет о любых событиях, способных повлиять на цели организации);
- 2) вероятность риска (probability of risk, которую согласно международному стандарту по риск-менеджменту ISO 31000:2018 рекомендовано называть likelihood, т.е. речь не идет только о количественных оценках, описывающих возможность наступления случайных событий);
- 3) последствия (amount of risk) в случае наступления рискового события.

Таким образом, набор правил реагирования на риски должен предусматривать всевозможные сочетания возможности наступления событий и их последствий. Набор подобных правил можно формально представить в виде матрицы, похожей на матрицу риска (рис. 11).

Стоит отметить, что есть исследования (например, [17]), в которых критикуется использование матриц риска. В данной же работе речь идет не об оценке рисков на основе матриц риска, а прежде всего о том, что в виде матрицы можно представить сформулированные руководством организации правила реагирования на риски.

4 – отказ	4 – отказ	3 – передача	3 – передача	Возможности: 4 – ожидаемые события, 3 – частые события, 2 – редкие события, 1 – крайне редкие события
4 – отказ	3 – передача	2 – снижение	2 – снижение	
4 – отказ	3 – передача	2 – снижение	1 – принятие	
3 – передача	3 – передача	2 – снижение	1 – принятие	

Последствия: 4 – катастрофические, 3 – критические, 2 – существенные, 1 – приемлемые

Рис. 11. Пример матрицы реагирования на риски²

² Для описания категорий, соответствующих «возможности» возникновения рисковых событий, весьма условно использована интерпретация через частоту их проявления, что можно было бы трактовать как вероятность согласно частотному определению вероятности.

Программный модуль экспериментального исследования матричного анонимного медианного механизма к стратегическому поведению [11] создавался для проведения экспериментов с участниками, являющимися носителями любых предметно-профессиональной областей, поэтому он создан абстрактным. Это привело к тому, что первые попытки проведения экспериментов сводились к длительным и запутывающим участников эксперимента объяснениям.

Поэтому для выполнения поведенческого эксперимента с советом директоров саморегулируемой строительной организации был создан макет системы согласования политики риск-менеджмента (рис. 12), работающий по локальной сети Ethernet и поддерживающий до 5 экспертов. Тестирование и испытание данного макета было проведено в октябре 2019 года в рамках реализации проекта «Сетевой ИТ-университет³». В тестировании макета участвовало две группы специалистов по 5 человек.

Предварительные результаты поведенческих экспериментов демонстрировали устойчивость результатов комплексного оценивания, полученных по согласованной матрице, к стратегическому поведению людей – только один пользователь в одной группе искажал исходную информацию о матрице реагирования на риски.

Если для активной экспертизы с n экспертами используется обобщенная медианная схема, то результат активной экспертизы x^n является медианой ранжированного множества, образованного сообщениями n экспертов – s^n , дополнительного сообщения, совпадающего с результатами активной экспертизы с n экспертами, – $s_{n+1} = x^n$ и оценками фантомов, образованных при $k = \overline{0, n+1}$, – w^{n+1} :

$$x^{n+1} = \text{med}(w^{n+1}, s^n, s_{n+1} = x^n),$$

$$x^{n+1} = x^n.$$

Качественно это утверждение означает, что при сообщении результата активной экспертизы, полученной при n экспертах, в процедуре при $(n + 1)$ экспертах данное сообщение будет являться результатом активной экспертизы. Доказательство этого утверждения приведено в [10].

³ Проект Правительства Пермского края, Министерства информационного развития и связи Пермского края и Министерства образования и науки Пермского края и ведущих образовательных организаций г. Перми.

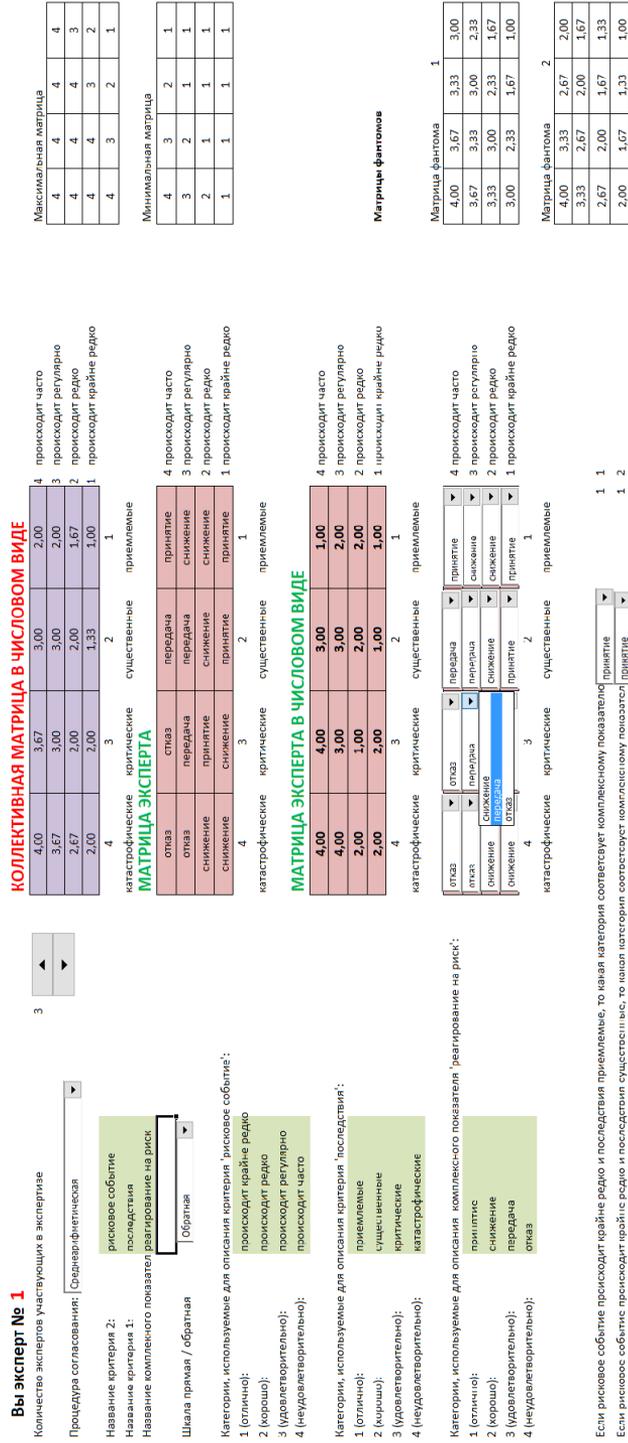


Рис. 12. Макет системы согласования политики риск-менеджмента организации

Заключение

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в том, что использование анонимной медианной схемы согласования матричного механизма комплексного оценивания обеспечивает неманипулируемость самих результатов комплексного оценивания, полученных при использовании медианной матрицы свертки.

С практической точки зрения неманипулируемость комплексной оценки означает возможность использования предложенного подхода для согласования матрицы реагирования на риски при известном всем членам коллегиального органа управления реестре рисков. Перспективным направлением исследований является исследование устойчивости при персонализированных реестрах рисков, например когда эксперты заинтересованы в снижении только части рисков.

Полученные результаты применимы для согласования политики риск-менеджмента саморегулируемых строительных организаций (СРО). Данная прикладная задача является весьма актуальной, так как в строительстве в настоящее время внедряется риск-ориентированный подход [18], который подразумевает присвоение всем членам СРО одной из семи возможных категорий риска. В строительстве риски носят сложный междисциплинарный характер, источниками которых может быть как весьма специфичная внутренняя, так и внешняя среда, в совокупности порождающие высокий уровень неопределенности, в том числе игровой неопределенности, так как возникает конфликт интересов руководителей строительных организаций и руководства саморегулируемой организации, где первые будут заинтересованы в построении «мягкого» механизма оценивания рисков, позволяющего иметь незначительные последствия, а вторые, с одной стороны, будут заинтересованы в справедливой оценке рисков, но, с другой стороны, будут понимать, что при «жесткой» оценке они могут потерять членство ключевых строительных организаций.

Работа подготовлена при поддержке РФФИ (грант 17-07-01550).

Список литературы

1. Novikov D. Theory of Control in Organizations. – New York: Nova Science Publishers, 2013. – 341 p.
2. Mechanisms of Organizational Behavior Control: A Survey / V.N. Burkov, M.V. Goubko, N.A. Korgin, D.A. Novikov // Advances in Systems Science and Application. – 2013. – Vol. 13, no. 1. – P. 1–20.

3. Алексеев А.О. Комплексное оценивание сложных объектов в условиях неопределенности // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2019. – № 2. – С. 103–131.

4. Moulin H. On Strategy-proofness and Single-peakedness // Public Choice. – 1980. – Vol. 35. – P. 437–455.

5. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В.Н. Бурков, Б. Данев, А.К. Еналеев [и др.]. – М.: Наука, 1989. – 246 с.

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

7. Алексеев А.О., Коргин Н.А. О применении обобщенных медианных схем для матричной активной экспертизы // Прикладная математика, механика и процессы управления: материалы Всерос. науч.-техн. интернет-конф. студентов и молодых ученых, г. Пермь, 30 нояб. – 5 дек. 2015 г. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – С. 170–177.

8. Алексеев А.О. Матричные механизмы комплексного оценивания, элементы матриц свертки которых определены в нечетком виде // Управление большими системами. УБС-2017: материалы XIV Всерос. шк.-конф. молодых ученых, 4–8 сент. 2017, Пермь / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова РАН, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т. – М., 2017. – С. 219–233.

9. Алексеев А.О., Коргин Н.А. Матричный анонимный обобщенный медианный механизм с правом делегирования сообщений // Теория активных систем (ТАС-2016) – М., 2016. – С. 85–91.

10. Алексеев А.О., Коргин Н.А. Матричный анонимный обобщенный медианный механизм с правом делегирования сообщений // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2016. – № 4. – С. 137–156.

11. Программный модуль экспериментального исследования устойчивости матричного анонимного обобщенного медианного механизма к стратегическому поведению агентов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660758 от 21.09.2016 г. / Алексеев А.О., Мелехин М.И., Шайдулин Р.Ф., Спирина В.С., Коргин Н.А., Корепанов В.О. (РФ).

12. Алексеев А.О., Коргин Н.А. Деловая игра «Матричная активная экспертиза» // Управление большими системами (УБС-2016): материалы XIII Всерос. шк.-конф. молодых ученых, 5–9 сент. 2016 г., Самара / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова РАН, Самар. нац. исслед. ун-т им. акад. С.П. Королева. – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2016. – С. 242–256.

13. Алексеев А.О. О неманипулируемости матричного механизма комплексного оценивания // Социофизика и социоинженерия – 2018: тр. Второй всерос. междисциплинар. конф., 23–25 мая 2018 г., Москва / Ин-т про-

блем упр. им. В.А. Трапезникова РАН, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2018. – С. 179–180.

14. Алексеев А.О. Неманипулируемость механизма комплексного оценивания при определении матрицы свертки с помощью матричного анонимного обобщенного медианного механизма // Математика и междисциплинарные исследования – 2018: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием (г. Пермь, 14–19 мая 2018 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Perm University Press, 2018. – С. 144–147.

15. Алексеев А.О. Согласование политики риск-менеджмента организации при коллективном органе управления // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками : материалы VII Междунар. молодеж. науч.-практ. конф. (Саратов, 14–17 нояб. 2018 г.) / Сарат. нац. исслед. гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского, Центр. банк Рос. Федерации, Нац. исслед. ун-т Высш. шк. экономики. – Саратов: Науч. кн., 2018. – С. 3–8.

16. Алексеев А.О. Роль и место согласования политики риск-менеджмента организации при коллегиальном органе управления // Математика и междисциплинарные исследования – 2019: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием (г. Пермь, 15–18 мая 2019 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь: Perm University Press, 2019. – С. 32–35.

17. Thomas Ph., Bratvold R.B., Bickel J.E. The risk of using risk matrices // SPE Economics & Management. – 2014. – P. 56–66.

18. Алексеев А.О., Пашковец В.С., Житлова В.А. Пример применения риск-ориентированного подхода в строительстве // Master's Journal. – 2018. – № 1. – С. 87–95.

References

1. Novikov D. Theory of Control in Organizations. New York, Nova Science Publishers, 2013, 341 p.

2. Burkov V.N., Goubko M.V., Korgin N.A., Novikov D.A. Mechanisms of Organizational Behavior Control: A Survey. *Advances in Systems Science and Application*. 2013, vol. 13, no. 1, pp. 1–20.

3. Alekseev A.O. Kompleksnoe otsenivanie slozhnykh ob"ektov v usloviakh neopredelennosti [Rating and control of complex objects in uncertainty cases]. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2019, no. 2, pp. 103–131.

4. Moulin H. On Strategy-proofness and Single-peakedness. *Public Choice*, 1980, vol. 35, pp. 437–455.

5. Burkov, V.N., Danev, B., and Enaleev, A.K., Bol'shie sistemy: modelirovanie organizatsionnykh mekhanizmov [Large-scale Systems: Modeling Organizational Mechanisms], Moscow, Nauka, 1989. 246 p.

6. Burkov V.N., Iskakov M.B., Korgin N.A. Application of generalized median voter schemes to designing strategy-proof mechanisms of multicriteria active expertise. *Automation and Remote Control*, 2010, no. 71, pp. 1681–1694. – DOI: 10.1134/S0005117910080163.

7. Alekseev A.O., Korgin N.A. O primeneniі obobshchennykh mediannykh skhem dlia matrichnoi aktivnoi ekspertizy [About the generalized median schemes application for the matrix active examination]. *Prikladnaia matematika, mekhanika i protsessy upravleniia: materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi internet-konferentsii studentov i molodykh uchenykh*, 30 November – 5 December 2015. Perm, Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. 2016, pp. 170-177.

8. Alekseev A.O. Matrichnye mekhanizmy kompleksnogo otsenivaniia, elementy matrits svertki kotorykh opredeleny v nechetkom vide [Integrated assessment matrix mechanisms, whose elements of convolution matrices are defined as fuzzy]. *Upravlenie bol'shimi sistemami. UBS-2017 : materialy XIV Vserossiiskoi shkoly-konferentsii molodykh uchenykh*, 4-8 September 2017, Perm, Moscow, 2017, pp. 219-233.

9. Alekseev A.O., Korgin N.A. Matrichnyi anonimnyi obobshchennyi mediannyi mekhanizm s pravom delegirovaniia soobshchenii [The matrix anonymous generalized median schemes with delegation]. *Teoriia aktivnykh sistem*. Moscow. 2016, pp. 85-91.

10. Alekseev A.O., Korgin N.A. Matrichnyi anonimnyi obobshchennyi mediannyi mekhanizm s pravom delegirovaniia soobshchenii [The matrix anonymous generalized median schemes with delegation]. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2016, no 4, pp. 137-156.

11. Alekseev A.O., Melekhin M.I., Shaidulin R.F., Spirina V.S., Korgin N.A., Korepanov V.O. Programmnyi modul' eksperimental'nogo issledovaniia ustoichivosti matrichnogo anonimnogo obobshchennogo mediannogo mekhanizma k strategicheskomu povedeniiu agentov [Program for experimental research of the matrix anonymous generalized median schemes stability to the agent's strategical behavior]. Certificate of program for computer no. 2016660758 (2016).

12. Alekseev A.O., Korgin N.A. Delovaia igra «Matrichnaia aktivnaia ekspertiza» [Business game “Matrix active expertise”]. *Upravlenie bol'shimi sistemami (UBS'2016): materialy XIII Vserossiiskoi shkoly-konferentsii molodykh uchenykh*, 5-9 September 2016, Samara. Moscow, Institut problem upravleniia im. V.A. Trapeznikova Rossiiskoi akademii nauk, 2016, pp. 242-256.

13. Alekseev A.O. O nemanipuliruemosti matrichnogo mekhanizma kompleksnogo otsenivaniia [On strategy-proofness of the matrix rating mechanism]. *Sotsiofizika i sotsioinzheneriia 2018: trudy Vtoroi vserossiiskoi mezhdistsiplinarnoi konferentsii*, 23-25 may 2018. Moscow, Institut problem upravleniia im. V.A. Trapeznikova Rossiiskoi akademii nauk. 2018, pp. 179-180.

14. Alekseev A.O. Nemanipuliruemost' mekhanizma kompleksnogo otsenivaniia pri opredelenii matritsy svertki s pomoshch'iu matrichnogo anonimnogo obobshchennogo mediannogo mekhanizma [Strategy-proof mechanism of the complex evaluation with using by the matrix anonymous generalized median schemes]. *Matematika i mezhdistsiplinarye issledovaniia – 2018: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem uchastiem (Perm, 14-19 May 2018)*. Perm, Perm University Press. 2019, pp. 144-147.

15. Alekseev A.O. Soglasovanie politiki risk-menedzhmenta organizatsii pri kollektivnom organe upravleniia [Coordination of the risk management policy in case of collegial management body]. *Matematicheskoe i komp'iuternoe modelirovanie v ekonomike, strakhovanii i upravlenii riskami : materialy VII Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konfeferentsii (Saratov, 14-17 November 2018)*. Saratov, Nauchnaia kniga, 2018, pp. 3-8.

16. Alekseev A.O. Rol' i mesto soglasovaniia politiki risk-menedzhmenta organizatsii pri kollegial'nom organe upravleniia [Role and place of coordination of the risk management policy in case of collegial management body]. *Matematika i mezhdistsiplinarye issledovaniia – 2019: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem uchastiem (Perm, 15-18 May 2019)*. Perm, Perm University Press. 2019, pp. 32-35.

17. Thomas Ph., Bratvold R.B., Bickel J.E. The risk of using risk matrices. *SPE Economics & Management*, 2014, pp. 56–66.

18. Alekseev A.O., Pashkovets V.S., Zhitlova V.A. Primer primeneniia risk-orientirovannogo podkhoda v stroitel'stve [An example of the risk-based approach application in civil engineering]. *Master's Journal*, 2018, no. 1, pp. 87-95.

Получено 26.10.2019

Сведения об авторах

Алексеев Александр Олегович (Пермь, Россия) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

About the authors

Alexander O. Alekseev (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Construction engineering and materials science, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).