

В. И. Левин, д-р. техн. наук, проф.,
Пензенский государственный технологический университет

Математические модели и методы обнаружения коррупции в организационных системах

Сформулирована проблема математического моделирования коррупции. Построена модель коррумпированной системы. Предложены математические методы измерения, обнаружения и локализации коррупции в системе. Приведены реальные примеры решения указанных задач.

Ключевые слова: коррупция, математическое моделирование, измерение, обнаружение, локализация, организационное управление, экспертиза

Введение

Одной из наиболее старых и не решенных до сих пор проблем большинства развитых стран является проблема коррупции. Для России она не нова. Достаточно вспомнить многочисленные русские пословицы на указанную тему, хотя бы такую: "Не подмажешь — не поедешь!". Но именно в наше время эта проблема приобрела особенно большой размах и остроту. По мнению многих специалистов, она является одной из главных проблем, которые должны быть решены государством. Однако, на наш взгляд, это не только главенствующая, но и первоочередная проблема современной России, с решения которой нужно начинать. Без этого любые реформы и проекты правитель-

ства обречены на неудачу, поскольку требующиеся на них вложения новых сил и средств на деле приводят лишь к дальнейшему расширению "коррупционного поля". Положение очень серьезно, так как нарастающая волна коррупции в стране может привести в конце концов к большой нестабильности, а затем к разрушению российского государства.

Имеется много различных определений коррупции. Согласно работе [1] коррупция — это подкуп взятками, продажность должностных лиц и политических деятелей в буржуазных странах, а согласно работе [2] — это подкуп, продажность общественных и политических деятелей, должностных лиц в капиталистическом обществе. Эти определения близки между собой, они грешат произвольными ограниче-

ниями области явления (на самом деле, коррупция существует в капиталистическом, социалистическом и любом другом обществе), его действующих лиц (взятки берут не только должностные лица, политические и общественные деятели, но и рядовые граждане). Более удовлетворительное определение дано в работе [3]: коррупция — это просто подкуп, продажность, взяточничество. Наиболее емкое и точное из существующих определений приведено, на наш взгляд, в работе [4]. Согласно ему коррупция — это аморальные, развращенные, нечестные действия любых лиц, выражающиеся, в первую очередь, в предложении и получении взяток. Несколько иначе понимают коррупцию в нормативных документах различных стран и международных организаций [5]. Так, в документах ООН по борьбе с коррупцией последняя трактуется как злоупотребление государственной властью для получения личной выгоды, в документах группы по коррупции Совета Европы — как любое поведение лиц (в том числе взяточничество), которым поручено выполнение определенных обязанностей в государственном или частном секторе, ведущее к нарушению данных обязанностей. В России коррупцией считается преступная деятельность в политике или государственном управлении в форме использования должностными лицами властных полномочий для личного обогащения.

Детальные сведения о современной коррупции (ее виды, размах, национальные особенности, связанные с ней опасности, научный подход к ее количественному изучению в рамках специальной науки корруметрии и др.) приведены в работе [6]. Мы же в данной работе изложим простейший корруметрический, так называемый детерминистский подход, позволяющий обнаруживать и измерять коррупцию в организационных системах из экспертов.

1. Постановка задачи

Теперь приведем формализованную постановку двух основных задач науки корруметрии. *Задача 1*: разработка математической модели и метода, позволяющих по имеющейся информации о работе организационной системы обнаружить факт наличия коррупции в ней, а точнее, установить, имеется ли коррупция в работе указанной системы или нет. *Задача 2*: разработка математической модели и метода, позволяющих по имеющейся информации о работе организационной системы измерить (вычислить) уровень коррупции в ней,

точнее, указать точку на некоторой введенной шкале уровней, которая измеряет степень коррупции в работе указанной системы. *Задачу 1* будем называть *задачей обнаружения (идентификации) коррупции*, а *задачу 2* — *задачей измерения (анализа) коррупции*.

Далее в статье мы рассматриваем организационные системы, состоящие из экспертов. Каждый участник организационной системы функционирует на основе количественных и/или качественных оценок, которые он дает объектам своей деятельности. Так, врач оценивает состояние здоровья пациента и на этой основе назначает лечение, преподаватель оценивает знания учащегося и на базе этого корректирует программу его подготовки, член конкурсной комиссии оценивает уровень поданного на конкурс проекта и исходя из этого голосует за или против поддержки проекта и т. д. Все эти люди могут быть названы экспертами, поскольку даваемые ими оценки различных объектов являются экспертными, т. е. зависящими от уровня квалификации, честности, добросовестности, независимости служебного поведения и некоторых других качеств конкретного эксперта. Однако должно быть ясно, что разные эксперты, обладающие в высшей степени всеми указанными качествами, будут давать одинаковые оценки одному и тому же объекту (мы здесь не рассматриваем случаи, когда однозначная оценка принципиально невозможна, например, оценка произведений искусства). Эту идеальную ситуацию мы примем за "точку отсчета". В реальности эксперты могут быть малоквалифицированными, недостаточно честными и добросовестными, зависимыми в своем служебном поведении от иных лиц. При этом разные эксперты дают различные оценки одному и тому же объекту, что обусловлено их некачественностью или (гораздо чаще) сугубо личными корыстными интересами, в которых и проявляются их нечестность, недобросовестность и т. д. Последнее и есть проявление коррупции в работе организационной системы. Например, врач сознательно искажает состояние здоровья пациента, побуждая его покупать дорогие лекарства у фирмы, с которой состоит в сговоре; преподаватель сознательно занижает оценку знаний учащегося, заставляя его заключать договор на дополнительные платные образовательные услуги, которые сам и оказывает; член конкурсной комиссии сознательно занижает оценку "чужих" проектов, поданных на конкурс, и завышает оценку "своих" проектов (разумеется, за соответствующую плату) и т. д. Очевидно, что чем в большей степени эксперты обладают указанными отрицательными

качествами, ведущими к коррупции, тем больше расстояние между результатами экспертизы у различных экспертов, а также расстояние между коллективной экспертной оценкой, даваемой одному и тому же объекту реальными, коррумпированными экспертами и идеальными экспертами.

Из сказанного выше вытекает следующая формализованная постановка задач обнаружения и измерения коррупции. Пусть существует некоторая организационная система с конечным числом экспертов. Система считается реальной в том смысле, что по крайней мере часть ее экспертов являются работниками не самого высокого уровня в отношении их квалификации, честности, добросовестности и независимости. Однако считается невозможным сговор всех экспертов в отношении даваемых оценок. Гипотетическую систему, в которую превратилась бы наша реальная организационная система, если бы в один прекрасный день все ее эксперты стали в высшей степени квалифицированными, честными, добросовестными и независимыми, назовем "идеальной". Тогда *задача измерения коррупции* может быть сформулирована следующим образом: 1) найти объективный количественный показатель уровня коррупции в реальной системе в виде подходящего показателя расстояния между результатами экспертизы у разных экспертов реальной системы; 2) построить математическую модель, позволяющую эффективно находить уровень коррупции в реальной системе. Аналогично, *задача обнаружения коррупции* может быть сформулирована так: 1) найти объективный критерий существования коррупции в реальной системе в виде подходящего критического значения показателя уровня коррупции, превышение которого сигнализирует о существовании коррупции в системе; 2) построить математическую модель, позволяющую вести вычисления, нужные для обнаружения коррупции в системе.

2. Решение задачи измерения коррупции

Пусть m экспертов, образующих организационную систему, проводят совместную экспертизу одного и того же объекта, оценивая n его показателей. Любой j -й показатель может принимать r_j возможных значений, вместе составляющих множество

$$A_j = \{a_{j1}, a_{j2}, \dots, a_{jr_j}\}, j = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Каждый i -й эксперт, $i = \overline{1, m}$, оценивает каждый j -й показатель объекта, $j = \overline{1, n}$, выби-

рая при этом одно из r_j возможных значений этого показателя a_{j1}, \dots, a_{jr_j} , указанных в (1). В результате проведения экспертизы имеем матрицу экспертных оценок

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & \dots & b_{mn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

в которой b_{ij} , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, — экспертная оценка, данная i -м экспертом j -му показателю объекта. В матрице B , согласно сказанному, элементы j -го столбца выбираются экспертами из множества A_j , определяемого выражением (1), $j = \overline{1, n}$. Предположим, что все эксперты являются в наивысшей степени квалифицированными, честными, добросовестными и независимыми. В этом идеальном случае, как уже говорилось, экспертные оценки, даваемые различными экспертами одному и тому же j -му показателю объекта, равны. Поэтому и наборы оценок показателей объекта, принадлежащие различным экспертам, совпадают. В терминах матрицы экспертных оценок (2) это означает, что в идеальной системе каждый столбец данной матрицы состоит из равных элементов, а все строки совпадают. Реальная система в силу реальных свойств ее экспертов (см. выше) имеет матрицу экспертных оценок B с существенно другими отношениями элементов b_{ij} , чем идеальная система, а именно с различными значениями элементов в столбцах и с несовпадающими строками. Это подсказывает путь нахождения объективного показателя уровня коррупции в реальной системе в виде подходящего показателя расстояния между результатами экспертизы у различных экспертов реальной системы. Во-первых, расстояние между полными результатами экспертизы у различных экспертов складывается из расстояний между частными результатами их экспертизы в отношении каждого из n показателей оцениваемого объекта. Во-вторых, расстояние между частными результатами экспертизы в отношении любого j -го показателя объекта складывается из расстояний между этими частными результатами для каждой пары различных экспертов. В-третьих, расстояние между частными результатами оценки определенного j -го параметра двумя различными экспертами можно оценивать абсолютной величиной разности соответствующих двух оценок. Таким образом, получаем выражение показателя абсолютного уровня коррупции:

$$K = \sum_{j=1}^n \sum_{i < q} |b_{ij} - b_{qj}|. \quad (3)$$

Здесь $|M|$ — абсолютная величина числа M . Как следует из формулы (3), для идеальных систем в силу равенства всех элементов любого столбца матрицы B таких систем $b_{ij} = b_{qj}$ для всех i, q , откуда $K = 0$, т. е. абсолютный уровень коррупции таких систем равен нулю. Однако для реальных систем указанное условие для матрицы не выполняется, поэтому найдется такая тройка чисел i, q, j , для которой $b_{ij} \neq b_{qj}$, откуда следует $K > 0$, т. е. абсолютный уровень коррупции таких систем положительный.

Для практических целей обычно удобнее пользоваться показателем относительного уровня коррупции, определяемым в виде

$$k = K/K_{\max}, \quad (4)$$

где K_{\max} — максимальное значение абсолютно-го показателя K . С учетом значений K у идеальных и реальных систем, из соотношения (4) получаем

$$0 < k \leq 1, \quad (5)$$

причем нижняя граница интервала соответствует полному отсутствию коррупции (идеальная система), а верхняя — присутствию коррупции в максимально возможном объеме (неадекватная система).

Найдем выражение для K_{\max} . Из выражения (3) для K очевидно, что K достигает своего максимального значения K_{\max} тогда, когда наибольшее возможное число слагаемых в вы-

ражении (3) принимает максимально возможное значение благодаря тому, что элемент b_{ij} выбран равным верхней, а b_{qj} — нижней границе (или наоборот) диапазона допустимых значений элементов j -го столбца матрицы B , задаваемого множеством (1). Эти границы, таким образом, равны

$$\begin{aligned} a_{j\max} &= \max_j \{a_{j1}, \dots, a_{jr_j}\}, \\ a_{j\min} &= \min_j \{a_{j1}, \dots, a_{jr_j}\}. \end{aligned} \quad (6)$$

Комбинация элементов b_{ij} и b_{qj} в формуле (3), нужная нам, достигается в том случае, когда элементы любого j -го столбца матрицы $B = \|b_{ij}\|$ принимают только два возможных значения: $a_{j\max}$ и $a_{j\min}$, причем число элементов с этими значениями одинаково. При этом наиболее обозримое выражение для K_{\max} можно отыскать, когда указанные значения следуют друг за другом в одном из двух возможных порядков:

$$\begin{aligned} &b_{1j} = a_{j\max}, b_{2j} = a_{j\min}, b_{3j} = a_{j\max}, \dots \\ \text{или } &b_{1j} = a_{j\min}, b_{2j} = a_{j\max}, b_{3j} = a_{j\min}, \dots \end{aligned} \quad (7)$$

Иными словами, при движении вдоль любого j -го столбца матрицы B ее элементы b_{ij} должны чередовать свои значения, принимая попеременно максимальное и минимальное значения для этого столбца. При этом условии из (3) получим следующее развернутое выражение для K_{\max} :

$$\begin{aligned} K_{\max} &= \underbrace{|b_{11} - b_{21}| + |b_{11} - b_{41}| + |b_{11} - b_{61}| + \dots + |b_{21} - b_{31}| + |b_{21} - b_{51}| + |b_{21} - b_{71}| + \dots + |b_{m-1,1} - b_{m1}|}_{\text{1-й столбец матрицы } B} + \\ &+ \underbrace{|b_{12} - b_{22}| + |b_{21} - b_{42}| + |b_{12} - b_{62}| + \dots + |b_{22} - b_{32}| + |b_{22} - b_{52}| + |b_{22} - b_{72}| + \dots + |b_{m-1,2} - b_{m2}|}_{\text{2-й столбец матрицы } B} + \\ &\dots \dots \dots \\ &+ \underbrace{|b_{1n} - b_{2n}| + |b_{1n} - b_{4n}| + |b_{1n} - b_{6n}| + \dots + |b_{2n} - b_{3n}| + |b_{2n} - b_{5n}| + |b_{2n} - b_{7n}| + \dots + |b_{m-1,n} - b_{mn}|}_{\text{n-й столбец матрицы } B}. \end{aligned} \quad (8)$$

В выражении (8) оставлены лишь те слагаемые общего выражения (3), которые в рассматриваемом случае чередования значений элементов столбцов матрицы B согласно формуле (7) не равны нулю. Легко видеть, что оставленные в выражении (8) слагаемые для одного j -го столбца равны одной и той же величине $a_{j\max} - a_{j\min}$. Заметим, что число слагаемых в выражении (8) для любого j -го столбца одно и то же: оно зависит лишь от числа строк m матрицы B и является некоторой функцией $N(m)$.

Учитывая сказанное, формулу (8) можно записать в следующем окончательном виде:

$$K_{\max} = N(m) \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min}). \quad (9)$$

Функция $N(m)$ в соотношении (9) для конкретных m рассчитывается достаточно легко, а ее значения для $m = 2, \dots, 7$ приведены в табл. 1.

Таблица 1

m	2	3	4	5	6	7
$N(m)$	1	2	4	6	9	12

$N(m)$ можно также выразить аналитически. Действительно, обозначив через $\lfloor x \rfloor$ целую часть x , получаем из соотношения (8):

$$N(m) = \lfloor m/2 \rfloor + \lfloor (m-1)/2 \rfloor + \lfloor (m-2)/2 \rfloor + \dots + 0 = \begin{cases} (m/2) + ((m/2) - 1) + ((m/2) - 1) + \\ + ((m/2) - 2) + ((m/2) - 2) + \dots + 0, \\ m - \text{четное}; \\ (m-1)/2 + (m-1)/2 + (m-3)/2 + \\ + (m-3)/2 + \dots + 0, \\ m - \text{нечетное}, \end{cases} \quad (10)$$

или, после суммирования,

$$N(m) = \begin{cases} m^2/4 \text{ при } m - \text{четном}; \\ (m^2 - 1)/4 \text{ при } m - \text{нечетном}. \end{cases} \quad (11)$$

Двойную формулу (11) сведем в одинарную менее явную формулу

$$N(m) = \{m(m-1)/2 + \lfloor m/2 \rfloor\}. \quad (12)$$

Подставляя значения K из соотношения (3) и K_{\max} из выражения (9) в соотношение (4), получим явное выражение показателя относительного уровня коррупции k :

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i < q} |b_{ij} - b_{qj}|}{N(m) \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}. \quad (13)$$

На практике, в основном, встречаются организационные системы, состоящие из ограниченного (до 5...7) числа экспертов. Явные выражения показателя k относительного уровня коррупции для нескольких таких систем, вытекающие из общего выражения (12), приведены ниже:

$$\begin{aligned} k &= \frac{\sum_{j=1}^n |b_{1j} - b_{2j}|}{\sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, m = 2; \\ k &= \frac{\sum_{j=1}^n (|b_{1j} - b_{2j}| + |b_{1j} - b_{3j}| + |b_{2j} - b_{3j}|)}{2 \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, m = 3; \\ k &= \frac{\sum_{j=1}^n (|b_{1j} - b_{2j}| + |b_{1j} - b_{3j}| + |b_{1j} - b_{4j}| + |b_{2j} - b_{3j}| + \\ &+ |b_{2j} - b_{4j}| + |b_{3j} - b_{4j}|)}{4 \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, m = 4; \\ k &= \frac{\sum_{j=1}^n (|b_{1j} - b_{2j}| + |b_{1j} - b_{3j}| + |b_{1j} - b_{4j}| + |b_{1j} - b_{5j}| + |b_{2j} - b_{3j}| + |b_{2j} - b_{4j}| + \\ &+ |b_{2j} - b_{5j}| + |b_{3j} - b_{4j}| + |b_{3j} - b_{5j}| + |b_{4j} - b_{5j}|)}{6 \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, m = 5. \end{aligned} \quad (14)$$

Изложенный подход к измерению коррупции организационной системы пригоден только для систем с $m \geq 2$ экспертами.

3. Решение задачи обнаружения коррупции

Снова рассмотрим организационную систему с m экспертами, изученную выше в п. 1. Как было показано, относительный уровень k коррупции в деятельности указанной системы можно достаточно объективно измерить (оценить) с помощью формулы (13) (для конкретных систем с конкретным числом m — с помощью производных от (13) формул типа (14)). При этом показателю относительного уровня коррупции $k = 0$ соответствует полностью бескоррупционная (идеальная) система, а $k = 1$ — полностью коррумпированная система. Все возможные значения показателя k находятся в интервале от 0 до 1 (формула (5)), причем возрастание k в этом интервале означает монотонное увеличение уровня коррупции в системе от минимально возможного до максимально возможного, убывание k — монотонное уменьшение от максимально возможного до минимально возможного. Такое взаимно однозначное соответствие между предполагаемым уровнем коррупции в системе и математически сконструированным показателем этого уровня k позволяет решить задачу обнаружения коррупции в системе полностью формализованно. Для решения нужно:

1. Выбрать некоторое достаточно малое значение относительного уровня коррупции k , превышение которого можно обоснованно трактовать как объективное свидетельство наличия в системе коррупции. Это значение (обозначим его k_0) естественно называть порогом коррумпированности системы. Необходимость введения порога коррумпированности системы k_0 связана с тем, что слишком малые значения показателя k ($k < k_0$) могут быть вызваны не свойствами, связанными с коррумпированностью экспертов (нечестность, недобросовестность, зависимость и т. д.), а совсем иными свойствами (в первую очередь, недостаточной квалификацией), играющими при обнаружении коррупции роль "шума", подмешанного к "полезному сигналу". Значение порога коррумпирован-

ности k_0 , таким образом, есть возможная погрешность вычисления по формуле (13) показателя коррупции k из-за влияния на построенную математическую модель указанных иных (некоррупционных) свойств экспертов. Поэтому говорить уверенно о наличии в системе коррупции при $k < k_0$ нельзя — это возможно лишь при $k > k_0$.

2. Вычислить значение показателя относительного уровня коррупции в системе k , опираясь на информацию о работе данной системы, содержащуюся в матрице экспертных оценок V вида (2) и множествах возможных значений показателей подвергаемого экспертизе объекта, задаваемых в форме (1). Для вычисления используем общую формулу (13) или ее конкретизированные варианты (14), относящиеся к системам с конкретизированными числами экспертов m .

3. Сравнить вычисленное значение показателя относительного уровня коррупции в системе k с выбранным значением порога коррумпированности системы k_0 . Здесь возможно три случая: а) $k > k_0$, при этом делается заключение о наличии в системе коррупции (коррумпированность системы); б) $k = 0$ (k практически равен 0, при этом делается заключение о полном (практически полном) отсутствии в системе коррупции (полная или практически полная бескоррумпированность системы); в) $0 < k \leq k_0$, при этом делается заключение о недостаточности имеющейся информации для заключений о наличии либо об отсутствии коррупции в системе.

Изложенный метод позволяет обнаружить коррупцию в работе организационной системы в целом, но не в работе отдельных частей этой системы и тем более не в работе отдельных элементов этой системы — экспертов. Последнее представляет собой особую задачу коррумпетрии — задачу локализации коррупции. Необходимость рассмотрения и решения наряду с задачей обнаружения также задачи локализации коррупции связана с тем, что после обнаружения коррупции в системе возникает вопрос ответственности за коррупционные действия, а ответственность за любые действия по закону является не коллективной, а индивидуальной.

Рассмотренный подход к обнаружению коррупции в организационной системе пригоден только для систем с $m \geq 2$ экспертами.

4. Решение задачи локализации коррупции

Наряду с задачами 1 (обнаружение коррупции) и 2 (измерение коррупции), введенными выше в п. 1, рассмотрим теперь задачу 3: разработка математической модели и метода, позво-

ляющих по имеющейся информации о работе системы с m экспертами обнаружить факт наличия коррупции в любой подсистеме с произвольным числом экспертов s , где $s \leq m$. Эту задачу назовем *задачей локализации коррупции*. Формализованная постановка задачи локализации коррупции в системе выглядит так. Имеется некоторая организационная система с конечным числом экспертов m , которая полагается реальной (в отличие от гипотетической системы, которая является идеализацией заданной — см. п. 1). Далее задается некоторая произвольная подсистема имеющейся системы с s ($s \leq m$) экспертами. Тогда задача локализации коррупции может быть сформулирована таким образом: 1) найти объективный критерий существования коррупции в заданной подсистеме имеющейся реальной системы в виде подходящего критического значения показателя уровня коррупции, превышение которого свидетельствует о существовании коррупции в этой подсистеме; 2) построить математическую модель, позволяющую вести эффективные вычисления, необходимые для обнаружения коррупции в подсистеме.

Как следует из приведенной постановки, задача локализации коррупции принципиально не отличается от задачи ее обнаружения. Разница состоит только в размерности решаемой задачи: во втором случае эта размерность равна $m \times n$ (m — число экспертов в рассматриваемой организационной системе, n — число показателей объекта, которые оценивают эксперты), в первом случае размерность составляет $s \times n$, $s \leq m$ (s — число экспертов в рассматриваемой подсистеме заданной организационной системы с m экспертами, n — то же, что и во втором случае). Содержание же решаемой задачи в обоих случаях одно и то же: обнаружение коррупции в рассматриваемой системе. Таким образом, можно сказать, что локализация коррупции — это обнаружение коррупции в некоторой заданной подсистеме исходной системы, имеющей, вообще говоря, меньшее число экспертов, но то же число показателей объекта, которые оценивают эксперты. Отсюда следует, что для решения задачи локализации коррупции могут быть использованы те же методы, что и для решения задачи обнаружения коррупции (см. п. 3), при условии, что подсистема исходной системы, для которой решается задача локализации, уже задана. Таким образом, вопрос сводится к тому, как задавать подсистему исходной системы, для которых следует решать задачу локализации коррупции. Другими словами, как разбивать исходную систему на подсистемы, чтобы в результате решения

задач локализации для каждой из подсистем 1) коррупция оказалась локализованной на множестве с заданным достаточно малым числом экспертов, 2) потребное для этого число решаемых задач локализации было минимальным.

Итак, для разбиения организационной системы на подсистемы, удовлетворяющего двум поставленным требованиям, необходимо, чтобы на каждом шаге разбиения получалось наибольшее количество информации (снималась наибольшая неопределенность) относительно распределения коррупции в системе. При этом потребное число шагов минимизируется, обеспечивая выполнение требования 2. Выполнение требования 1 обеспечивается тем, что на каждом шаге разбиения в результате уменьшения неопределенности сужается множество экспертов, на котором локализована имеющаяся в системе коррупция, так что при нужном числе шагов объем этого множества можно довести до нужного малого числа экспертов. Выбор нужного разбиения на каждом шаге проводится с учетом имеющейся начальной и получаемой далее информации о распределении коррупции в системе.

Алгоритм решения задачи локализации коррупции в системе состоит в следующем (предполагается, что предварительно была решена задача обнаружения коррупции в системе, которая подтвердила существование коррупции в этой системе).

1. С учетом имеющейся начальной информации о распределении коррупции в системе проводится разбиение имеющейся системы с m экспертами на несколько подсистем так, чтобы в каждой подсистеме оказалось не менее 2 и не более $m - 2$ экспертов.

2. Для каждой образовавшейся подсистемы с помощью алгоритма, представленного в п. 3 данной статьи, в свою очередь решается задача обнаружения коррупции. В результате множество M подсистем распадается в общем случае на три непересекающихся подмножества M_1 , M_2 , M_3 , где M_1 включает все коррумпированные подсистемы, M_2 — все некоррумпированные (или практически некоррумпированные) подсистемы, M_3 — все подсистемы, в отношении которых при имеющейся информации нельзя сделать окончательное заключение о наличии или отсутствии коррупции.

3. Исключается из рассмотрения множество подсистем M_2 и M_3 , остается для рассмотрения только множество M_1 . Далее работа проводится по отдельности с подсистемами A_1 , A_2 , ..., входящими в множество M_1 .

4. Возврат к шагу 1, но выполняемому теперь отдельно для каждой подсистемы A_1 , A_2 , ... множества M_1 .

Работа алгоритма заканчивается, когда очередное множество M_1 будет включать подсистемы A_1 , A_2 , ... с достаточно малым числом экспертов, отвечающим условиям задачи, так что останется лишь решить задачу обнаружения коррупции для каждой из указанных подсистем.

Трудоёмкость приведенного алгоритма в наибольшей степени зависит от удачного разбиения организационной системы на подсистемы в процессе выполнения последовательных шагов этого алгоритма. Приведем правила разбиения для возможных типичных случаев.

Случай 1. Существует предварительная информация о том, что в изучаемой системе в точности один эксперт (неизвестно, кто) является коррупционером. В этом случае на 1-м шаге разобьем систему на две подсистемы, по возможности с равным числом экспертов. На 2-м шаге (если предварительная информация о системе верна) выделяем некоторое множество экспертов (подсистему) M_1 , содержащее искомого эксперта-коррупционера, и множества экспертов (подсистемы) M_2 , M_3 , в которых коррупционеров нет. На 3-м шаге исключаем из дальнейшего рассмотрения подсистемы M_2 , M_3 , оставляя только подсистему M_1 . Дальше — возврат к шагу 1, который теперь выполняется уже не со всей системой, а с ее "половиной" — подсистемой M_1 . И так далее. На каждом из таких трехшаговых циклов неопределенность (число экспертов в подсистеме, заведомо содержащей коррупционера) уменьшается вдвое, что обеспечивает локализацию эксперта-коррупционера в пределах подсистемы из 2 экспертов за $\log_2 m - 1$ таких циклов, т. е. за $3(\log_2 m - 1)$ шагов алгоритма, где m — число экспертов в системе. Это — самая экономная реализация алгоритма локализации коррупции в рассматриваемом случае, достигнутая благодаря оптимизации разбиения организационной системы на соответствующих шагах алгоритма. (Если предварительная информация о системе была неверна, то сокращение неопределенности вдвое за один цикл не происходит, и требуемое число шагов алгоритма увеличивается.)

Случай 2. Есть предварительная информация о том, что в рассматриваемой системе все m экспертов — коррупционеры. Тогда на первом шаге алгоритма мы разобьем систему на $m/2$ подсистем с (по возможности) только 2 экспертами в каждой. На 2-м шаге (если предварительная информация верна) получаем множество M_1 подсистем с 2 экспертами, содержащих коррупционеров, и пустые множества M_2 и M_3 подсистем, не содержащих коррупционеров. Потребности в выполнении 3-го шага нет, ввиду отсутствия множеств M_2 и M_3 .

Локализация m коррупционеров в пределах $m/2$ подсистем из 2 экспертов выполнена. Число потребных для этого шагов оказалось равным 2, но на 2 шаге потребовалось $m/2$ операций обнаружения коррупции в $m/2$ подсистемах, таким образом, общее необходимое число операционных шагов: $1 + m/2$. Это число — минимальное, полученное благодаря оптимальному разбиению системы на 1-м шаге алгоритма. (Если же предварительная информация была неверна, т. е. реально только часть экспертов коррумпированы, то в этом случае можно было предложить лучшее разбиение системы, ведущее к уменьшению общего необходимого числа операционных шагов алгоритма.)

Случай 3. Имеется предварительная информация о том, что в рассматриваемой системе ровно два эксперта (неизвестно кто) коррумпированы. В этом случае на 1-м шаге алгоритма разбиваем систему на две подсистемы с возможно более равным числом экспертов — как в случае 1. На втором шаге в худшем случае с точки зрения получающейся неопределенности (если предварительная информация о системе истинна) будем иметь множество M_1 из двух указанных подсистем, каждая из которых коррумпирована (в нашем случае — содержит по 1 коррумпированному эксперту) и два пустых множества M_2, M_3 подсистем, не содержащих коррупционеров. 3-й шаг алгоритма отсутствует ввиду отсутствия множеств M_2, M_3 . Дальше — возврат к шагу 1, который теперь выполняется уже не со всей системой, а с каждой из двух полученных на 2-м шаге подсистем. Причем, так как обе подсистемы содержат ровно по одному коррумпированному эксперту, работаем в соответствии с процедурой, описанной в случае 1. Трудоемкость локализации коррупции в каждой подсистеме будет $3\left(\log_2 \frac{m}{2} - 1\right) = 3(\log_2 m - 2)$ шагов алгоритма, так что общая трудоемкость, с учетом затрат на 2-м шаге, равна $2 + 2 \cdot 3(\log_2 m - 2) = 6\log_2 m - 10$.

В общем случае правила разбиения системы конструируются аналогично правилам, представленным выше для трех типичных случаев. При этом каждый новый изучаемый случай по возможности сводится к уже рассмотренному, подобно тому, как третий случай был сведен к первому случаю. При этом надо иметь в виду, что выигрыш от минимальной трудоемкости алгоритма локализации коррупции, полученный благодаря оптимальному разбиению системы, является существенным только в экспертных системах с достаточно большим

числом членов m ($m \geq 5 \div 7$). Если же это число мало, как часто бывает на практике ($m = 2, \dots, 4$), то реального выигрыша не получается, и поэтому целесообразно выбирать самые простые правила разбиения, например, те что описаны в случаях 1, 2.

Изложенный подход к локализации коррупции в организационной системе позволяет локализовать коррупцию лишь с точностью до подсистем, содержащих два эксперта. Другими словами, можно указать коррумпированную пару экспертов, но точно сказать, кто именно из них коррупционер, нельзя. Для того чтобы это стало возможным, дополним вышеизложенный подход приемом "сравнение двух экспертов". Рассмотрим матрицу экспертных оценок организационной системы с $m = 2$ экспертами:

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & \dots & b_{2n} \end{vmatrix}. \quad (15)$$

Как видно из матрицы (15), средние по всем n показателям оценки объекта, даваемые 1-м и 2-м экспертами (усреднение предполагает соизмеримость форм оценок различных показателей), можно записать в виде

$$b_{1, \text{cp}} = \sum_{j=1}^n b_{1j}/n; \quad b_{2, \text{cp}} = \sum_{j=1}^n b_{2j}/n. \quad (16)$$

Если оба эксперта не только высококвалифицированные, но и честные, добросовестные и независимые, то оценки b_1 и b_2 должны совпадать или практически совпадать. Если эксперты честные, добросовестные и независимые, но не в высшей мере квалифицированные, эти оценки будут различаться. Наконец, если эксперты нечестные, недобросовестные и зависимые, т. е. коррумпированные, то при любой их квалификации эти оценки будут различаться существенно. Эти соображения подсказывают следующий простой прием выявления заведомо коррумпированного эксперта из системы двух экспертов, в которой ранее была обнаружена коррупция:

1. По формулам (16) вычисляются средние экспертные оценки объекта b_1 и b_2 , даваемые 1-м и 2-м экспертами.

2. Вычисляется относительное расхождение между оценками $b_{1, \text{cp}}$ и $b_{2, \text{cp}}$:

$$\delta = |b_{1, \text{cp}} - b_{2, \text{cp}}| / \min(b_{1, \text{cp}}, b_{2, \text{cp}}). \quad (17)$$

3. Назначается некоторое пороговое достаточно малое значение δ_0 показателя δ , превышение которого можно обоснованно трактовать как объективное свидетельство коррумпированности одного из двух экспертов. Тогда, если окажется $\delta > \delta_0$, то будем считать, что один из

экспертов коррумпирован. Кого именно считать коррумпированным в случае такого превышения, зависит от смысла показателей b_{ij} и оценок b_1, b_2 . Если бóльшим значениям показателей и их оценок соответствует более высокое качество оцениваемого объекта, то коррумпированным следует считать того эксперта, который занижает оценку объекта, т. е. дает меньшую из оценок b_1, b_2 . Здесь речь идет об основной ситуации *A*, где эксперт не связан с командой, стоящей за объектом, и потому заинтересован в "провале чужого объекта". В двойственной ситуации *B*, где эксперт заодно с командой объекта, он заинтересован в "вытягивании своего объекта", поэтому здесь коррумпированным нужно считать эксперта, давшего бóльшую из оценок b_1, b_2 . Выделение одного из двух, заведомо коррумпированного, эксперта не означает, что второй эксперт некоррумпирован. Однако вопрос о его возможной коррумпированности должен решаться уже иначе — на основании только информации о работе данного эксперта.

Изложим теперь еще один (упрощенный) вариант рассмотренного выше приема. Пусть оценки 1-го эксперта системы с двумя экспертами доминируют над оценками 2-го эксперта, т. е. строки матрицы экспертных оценок системы (15) находятся в отношении

$$b_{1j} \geq b_{2j}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (18)$$

где хотя бы одно из n неравенств (18) является строгим (т. е. имеет знак $>$). Тогда очевидно, что при достаточно большом проценте (например, свыше 5÷10 %) строгих неравенств в системе неравенств (18) коррумпированным следует считать: 1-го эксперта — в ситуации *A* и 2-го — в ситуации *B*.

Наконец, о возможной локализации коррупции в одном отдельно взятом эксперте на основании исключительно информации о работе данного эксперта. Последнее означает, что нам известна только некоторая i -я строка матрицы экспертных оценок B , где i — номер этого эксперта. Иными словами, нам известны только оценки, которые выставляет различным показателям анализируемого объекта подозреваемый эксперт, но неизвестны оценки других экспертов. Таким образом, в этом случае решение задачи локализации коррупции на основе сравнения оценок различных экспертов, как это делалось выше, невозможно. Но поставленную задачу все же можно решить. Для этого нужно только в формуляре, содержащем выставленные экспертом оценки, выделить логические следствия вида

$$\{d_{j_1 k}, d_{j_2 s}, \dots, d_{j_p l}\} \Rightarrow d_{j_q t}. \quad (19)$$

Следствие (19) означает, что исходя из логики и здравого смысла любой эксперт, оценивший j_1 -й показатель объекта оценкой k , j_2 -й показатель оценкой s , ..., j_p -й — оценкой l , обязан оценить j_q -й показатель оценкой t . Если, например, эксперт, оценивающий представленный на конкурс проект, поставил ему высшие возможные оценки по показателям "Научный интерес цели исследования", "Разработка новых методов исследования", "Новизна и оригинальность решения", "Важность результата для дальнейшего развития науки", "Наличие научного задела", "Адекватность потенциала коллектива поставленной задаче", то он обязан поставить такую же оценку по итоговому показателю "Достоин ли проект присуждения гранта". Если он этого не делает, значит, он коррумпирован, более того, озабочен своей деятельностью в данном направлении настолько, что даже потерял бдительность. Считать, что подобные действия экспертов происходят из-за их недостаточной квалификации, невозможно, поскольку логически грамотные заключения, подобные приведенному, доступны даже школьникам.

Возможны и другие подходы к локализации одного коррумпированного эксперта. Например, если у нас нет никакой информации об истинном значении оцениваемых параметров, то можно просто вычислить некое "среднее" значение каждого из оцениваемых параметров на основе оценок всех экспертов и определить тех экспертов (например, введя порог отличия), чьи оценки сильно отличаются от данных средних значений — таких экспертов можно подозревать в коррупции. Если же у нас есть собственное представление об оцениваемых параметрах, то мы можем сравнить оценки экспертов с ним и также выделить коррупционеров.

5. Задача измерения и обнаружения коррупции при сложном объекте

Усложним теперь задачи, поставленные в п. 1 и рассмотренные нами ранее в пп. 2—4. А именно, пусть m экспертов, образующих организационную систему, проводят совместную экспертизу не одного (как считалось раньше), а N ($N \geq 1$) объектов. Это новая, более сложная постановка задач измерения и обнаружения коррупции в системе, о которой можно сказать, что она предназначена для экспертизы сложного (многокомпонентного) объекта. Дальше мы рассмотрим отдельно два различных возможных случая.

Случай 1. Каждый из N имеющихся объектов, образующих в совокупности сложный (многокомпонентный) объект, подвергается экспертизе

экспертами системы так же, как в прежних постановках подвергался экспертизе единственный имевшийся объект. Иными словами, каждый i -й эксперт, $i = \overline{1, m}$, оценивает каждый j -й показатель k -го объекта, $j = \overline{1, n_k}$, $k = \overline{1, N}$, при этом выбирая одно из r_{jk} возможных значений этого показателя, задаваемых множеством значений

$$A_{jk} = \{a_{j1}^k, a_{j2}^k, \dots, a_{jr_{jk}}^k\}, j = \overline{1, n_k}, k = \overline{1, N}. \quad (20)$$

В результате проведения этой экспертизы получается набор матриц экспертных оценок

$$B_k = \left\| \begin{array}{ccc} b_{11}^k & \dots & b_{1n_k}^k \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1}^k & \dots & b_{mn_k}^k \end{array} \right\|, k = \overline{1, N}, \quad (21)$$

где b_{ij}^k , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n_k}$, — экспертная оценка, данная i -м экспертом j -му показателю k -го объекта. Таким образом, матрица $B_k = \left\| b_{ij}^k \right\|$ есть матрица экспертных оценок всеми m экспертами k -го объекта. Соединив эти матрицы для всех возможных значений k (всех объектов), получим объединенную матрицу экспертных оценок системы в виде

$$B = \left\| B_1 B_2 \dots B_N \right\| = \left\| \begin{array}{ccc|ccc|ccc} b_{11}^1 & \dots & b_{1n_1}^1 & b_{11}^2 & \dots & b_{1n_2}^2 & \dots & b_{11}^N & \dots & b_{1n_N}^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1}^1 & \dots & b_{mn_1}^1 & b_{m1}^2 & \dots & b_{mn_2}^2 & \dots & b_{m1}^N & \dots & b_{mn_N}^N \end{array} \right\|, \quad (22)$$

показывающую оценки всех показателей всех объектов всеми экспертами. В матрице B элементы j -го столбца k -й слева подматрицы B_k выбираются экспертами из множества A_{jk} , определяемого выражением (20). Сравнивая матрицу (2) с матрицей (22), видим, что по смыслу они равноценны, так как в той и другой любая i -я строчка содержит оценки, данные i -м экспертом всем показателям всех N оцениваемых объектов, только в первом случае имеется $N = 1$ объект, а во втором N произвольно. Таким образом, разница между организационными системами, которые рассматривались в пп. 1—4 ($N = 1$), и системами, рассматриваемыми теперь (N произвольно), лишь в их размерности: прежде матрица экспертных оценок системы B имела размерность $m \times n$, а теперь — $m \times M$, где $M = \sum_{j=1}^N n_j$.

Таким образом, рассматриваемую организационную систему, работающую с совокупностью N оцениваемых объектов, можно рассматривать как уже изученную выше в пп. 1—4 систему, работающую с одним оцениваемым объектом, если в качестве матрицы эксперт-

ных оценок системы брать не матрицу (2), а матрицу (22). Отсюда следует, что для решения задач измерения, обнаружения и локализации коррупции в системах с несколькими оцениваемыми объектами можно использовать методы решения этих задач для систем с одним объектом, изложенные выше в пп. 1—4.

Заметим еще, что в ситуации, когда каждый из N объектов оценивается лишь по одному показателю ($n_1 = n_2 = \dots = n_N$), матрица экспертных оценок (22) принимает вид

$$B = \left\| \begin{array}{ccc} b_{11}^1 & b_{11}^2 & \dots & b_{11}^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1}^1 & b_{m1}^2 & \dots & b_{m1}^N \end{array} \right\| = \left\| \begin{array}{ccc} b'_{11} & b'_{12} & \dots & b'_{1N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b'_{m1} & b'_{m2} & \dots & b'_{mN} \end{array} \right\|, \quad (23)$$

где $b'_{ij} = b_{i1}$,

который, по сути, не отличается от матрицы экспертных оценок для системы с одним объектом (2). Это естественно, поскольку суть выполняемой работы в ситуации оценки нескольких показателей одного объекта и в ситуации оценки нескольких объектов по одному показателю в каждом одна и та же.

Случай 2. Результаты работы экспертов организационной системы в виде матрицы (22) экспертных оценок всех показателей всех объектов всеми экспертами неизвестны. Известна, однако, более ограниченная информация об этих результатах, полученная агрегированием полной информации, содержащейся в матрице экспертных оценок, а именно коллективная оценка каждого из N имеющихся объектов, принадлежащая собранию экспертов данной системы. Вопрос заключается в следующем: можно ли по указанной известной информации решать задачи обнаружения и измерения коррупции в нашей системе, используя соответствующие объективные показатели уровня коррупции и объективные критерии ее существования, и как это делать? (Задача локализации коррупции в системе здесь не упоминается, поскольку очевидно, что в условиях отсутствия индивидуальных оценок различных объектов различными экспертами эта задача не может быть решена.) Поставленный вопрос может быть решен положительно с помощью так называемого метода рассечений, который излагается ниже.

Будем называть *рассечением множества объектов* такое его разбиение на непересекающиеся подмножества, которое проведено по признакам, не связанным с показателями, по которым эксперты оценивают эти объекты. Множество студентов, которые сдают экзамен преподавателю, можно, например, разбить на несколько подмножеств по религиозной принадлежности (атеисты, православные,

мусульмане и т. д.), и этот признак не связан с показателем "уровень знаний", по которому преподаватель оценивает студентов. Тогда проведенное разбиение является рассечением. Аналогично, множество поданных на конкурс проектов можно разбить на подмножества по признаку ведомственной принадлежности их заявителей, отношению заявителей к членам конкурсной комиссии и т. д.

Идея метода рассечений достаточно проста. Предположим, что эксперты нашей организационной системы совместно выставили некоторую индивидуальную оценку каждому из N имеющихся объектов. Полученному набору индивидуальных оценок всех объектов соответствует некоторая интегральная оценка всего множества объектов, например, среднее арифметическое индивидуальных оценок отдельных объектов. Возьмем какое-либо рассечение множества объектов и подсчитаем для каждого его подмножества принятую нами интегральную оценку. Если эксперты некоррупционированы, полученные оценки практически совпадут с аналогичной оценкой всего множества объектов — ведь рассечение множества объектов на подмножества проводилось по признакам, не связанным с оцениваемыми показателями объектов. Так, средние арифметические экзаменационных оценок студентов среди атеистов и православных будут практически совпадать между собой и со средней арифметической оценкой по всем студентам. Если же такого совпадения не наблюдается, и интегральные оценки, найденные для отдельных подмножеств объектов, существенно отличаются от такой оценки для всего множества объектов, это свидетельствует о наличии коррупции среди экспертов.

На основе сказанного ранее можно построить следующий очевидный алгоритм метода рассечений, позволяющий обнаружить коррупцию и измерить ее уровень в организационной системе.

1. Выбор некоторого подходящего рассечения имеющегося множества объектов, оцениваемых экспертами организационной системы. Желательно, чтобы это рассечение было максимально эффективным, т. е. в наибольшей степени позволяло обнаружить и измерить уровень коррупции в системе.

2. Определение некоторой подходящей интегральной оценки показателя произвольного множества объектов, объединяющей (интегрирующей) индивидуальные оценки показателей отдельных объектов, выставленные им экспертами системы.

3. Выбор предельно допустимого отклонения между значениями интегральной оценки показателя двух множеств объектов, превы-

шение которого свидетельствует о большом различии между наборами индивидуальных оценок показателей, которые эксперты поставили в этих двух множествах.

4. Нахождение интегральной оценки показателя нашего множества объектов на основе данных об индивидуальных оценках показателей, поставленных им экспертами.

5. Вычисление интегральной оценки показателя каждого из подмножеств объектов рассечения, выбранного на первом шаге, с использованием данных об индивидуальных оценках показателей всех объектов системы, поставленных им экспертами.

6. Сравнение интегральных оценок показателя для всего имеющегося множества объектов и отдельных его подмножеств, входящих в выбранное на шаге 1 его рассечение. Если все отклонения между оценками не превышают предельно допустимого, установленного на шаге 3, делается вывод об отсутствии коррупции в анализируемой организационной системе. Конец алгоритма. Если хотя бы одно отклонение превышает указанное предельно допустимое, делается вывод о наличии коррупции в системе и делается переход к шагу 7.

7. Используя вычисленные на шаге 6 отклонения между интегральными оценками показателя для всего имеющегося множества объектов и отдельных его подмножеств, входящих в выбранное его рассечение, подсчитываем значение показателя уровня коррупции в системе. В качестве такого показателя рекомендуется брать максимальное относительное отклонение между интегральными оценками показателя следующих множеств: всего множества объектов и отдельных его подмножеств, входящих в выбранное его рассечение. Конец алгоритма.

Наиболее трудным в вышеизложенном алгоритме является выполнение шага 1 — выбор рассечения множества объектов, поскольку для этого не существует никакой формализованной процедуры, а перебор всех вариантов рассечения имеющегося множества объектов из-за большой трудоемкости практически невозможен. К счастью, на практике коррупционеры, работающие в качестве экспертов в организационных системах, почти всегда оставляют выразительные следы, подсказывающие нужное рассечение, так что остается лишь прислушаться к этим подсказкам.

6. Примеры обнаружения, измерения и локализации коррупции

Ниже рассмотрены два примера решения задач обнаружения, измерения и локализации

Таблица 2

№	Название показателя	Возможные оценки и баллы	Поставленные оценки	
			1 эксперт	2 эксперт
1	Ясность формулировки научного содержания проекта	Предельно ясно — 1; Достаточно ясно — 0; Неясно — "—"	0	0
2	Представляет ли научный интерес цель исследования	Безусловно, да — 1; Да, в известной степени — 0; Нет — "—"	1	0
3	Предполагается ли разработка новых методов исследования	Да — 1; Нет — 0	1	0
4	Наличие новизны предлагаемого подхода и оригинальности решения	Да — 1; Нет — 0	1	1
5	Важность результата исследований	Важен для дальнейшего развития науки — 1; Представляет только самостоятельный интерес — 0	1	0
6	Возможно ли применение результатов исследований в учебном процессе	Да — 1; Нет — 0	0	0
7	Возможно ли применение результатов исследований в прикладных областях	Да — 1; Нет — 0	1	1
8	Есть ли научный задел по теме проекта	Имеется, есть публикации — 2; Имеется, публикаций нет — 1; В заявке нет данных — 0	2	2
9	Соответствует ли потенциал коллектива уровню поставленной задачи	Да, безусловно — 2; Да, в значительной мере — 1; Нет, не соответствует — 0	2	1
10	Достоин ли проект присуждения гранта	Да, безусловно — 2; Да, в значительной мере — 1; При возможности — 0; Нет — "—"	1	1

коррупции в организационных системах с помощью предложенных методов. Оба примера реальные, взятые из практики работы организационных систем. Все приведенные в них события и количественные данные подлинные. Изменены только названия учреждений, в которых происходили эти события, и названия объектов, подвергавшихся экспертизе в рассматриваемых организационных системах.

Пример 1. В 2003 г. на конкурс грантов Всероссийского научного фонда "Честная наука" Тьмутараканским государственным техническим университетом был представлен проект "Математические методы анализа процессов в условиях неопределенности". Проект был отвергнут фондом. Но по просьбе руководителя проекта, не согласившегося с таким решением, фонд прислал две эксперт-анкеты, содержавшие результаты экспертизы этого проекта двумя экспертами. Фонд отклонил проект на основе этой экспертизы. Эксперт-анкеты приведены в табл. 2.

Здесь мы имеем организационную систему из $m = 2$ экспертов, оценивающих один объект — представленный на конкурс проект,

оценка которого происходит по $n = 10$ показателям. В соответствии с этим мы можем применить общую методику измерения, обнаружения и локализации коррупции в системе (пп. 2—4). Прежде всего, представим результаты работы, заданные табл. 2, в стандартной форме матрицы экспертных оценок (2):

$$B = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{vmatrix}.$$

Теперь по первой формуле (14) мы можем вычислить показатель k относительного уровня коррупции в системе. В нашем случае входящие в эту формулу нижняя $a_{j\min}$ и верхняя $a_{j\max}$ границы диапазона возможных значений j -го столбца B (т. е. показателя в j -й строке табл. 2) равны:

$$\begin{aligned} a_{1\min} &= 0, a_{1\max} = 1; a_{2\min} = 0, a_{2\max} = 1; a_{3\min} = 0, \\ a_{3\max} &= 1; a_{4\min} = 0, a_{4\max} = 1; a_{5\min} = 0, a_{5\max} = 1; \\ a_{6\min} &= 0, a_{6\max} = 1; a_{7\min} = 0, a_{7\max} = 1; a_{8\min} = 0, \\ a_{8\max} &= 2; a_{9\min} = 0, a_{9\max} = 2; a_{10\min} = 0, a_{10\max} = 2. \end{aligned}$$

В результате вычисления получаем

$$k = \frac{|0-0|+|1-0|+|1-0|+|1-1|+|1-0|+|0-0|+|1-1|+|2-2|+|2-1|+|1-1|}{(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(1-0)+(2-0)+(2-0)+(2-0)} = \frac{4}{13} \cong 0,308 \cong 31\%.$$

Итак, показатель относительного уровня коррупции в системе — 31 %, что, безусловно, очень много.

Методом п. 4 решим задачу обнаружения коррупции в системе. Выберем в качестве порога коррумпированности системы следующее значение показателя k относительного уровня коррупции в системе: $k_0 = 5$ %. Тогда, видя то, что реальное значение показателя $k > k_0$, делаем заключение о наличии коррупции в системе. Более того, поскольку $k \gg k_0$ ($k/k_0 = 6,2$, т. е. имеем более чем шестикратное превышение допустимого уровня коррупции), мы должны признать, что уровень коррупции в системе недопустимо большой.

Теперь методом п. 4 решим задачу локализации коррупции в системе, а именно, определим, кто из двух имеющихся в системе экспертов коррумпирован. Воспользуемся приемом "сравнение двух экспертов":

1) по формулам (16), используя матрицу B , вычислим средние по всем 10 показателям оценки проекта, данные 1-м и 2-м экспертами:

$$b_{1,cp} = \sum_{j=1}^{10} b_{1j}/10 = (1 \cdot 6 + 2 \cdot 2)/10 = 1,0;$$

$$b_{2,cp} = \sum_{j=1}^{10} b_{2j}/10 = (1 \cdot 4 + 2 \cdot 1)/10 = 0,6;$$

2) по формуле (17) вычисляем относительное расхождение между найденными оценками:

$$\delta = |b_{1,cp} - b_{2,cp}|/\min(b_{1,cp}, b_{2,cp}) = (1,0 - 0,6)/0,6 \cong 0,666 = 66,6 \%$$

Это очень большое расхождение, свидетельствующее о том, что эксперты оценивали один и тот же проект по различным стандартам;

3) назначаем пороговое значение δ_0 показателя δ , превышение которого будем трактовать как свидетельство коррумпированности одного эксперта. Возьмем $\delta_0 = 5$ %. Тогда имеем $\delta = 66,6 \% > 5 \% = \delta_0$, т. е. $\delta > \delta_0$. Поэтому заключаем, что один из двух экспертов коррумпирован — тот, который давал более низкие оценки показателям проекта и, как следствие, более низкую среднюю оценку. Это эксперт 2. Основанием данного заключения служит информация, что эксперт 2 не связан с оцениваемым проектом, поэтому его коррумпированность может проявляться только в снижении даваемой проекту оценки с целью его провала. А как же эксперт 1, быть может, хоть он остался честным? Проверим его работу с помощью некоторого выделенного из его формуляра оценок (табл. 2) логического следствия

типа (19), в качестве такого следствия возьмем очевидное утверждение

$$\{d_{2,1}, d_{3,1}, d_{4,1}, d_{5,1}, d_{7,1}, d_{8,2}, d_{9,2}\} \Rightarrow d_{10,2},$$

у которого в левой части стоят поставленные экспертом 1 высшие возможные оценки 2-го, 3-го, 4-го, 5-го, 7-го, 8-го и 9-го показателей проекта, а в правой части — логически вытекающая из них высшая возможная оценка по итоговому 10-му показателю. Однако первый эксперт не выполнил этого элементарного требования логики и вместо положенной заключительной оценки $d_{10,2}$ поставил оценку $d_{10,1}$, занизив оценку итогового 10-го показателя примерно вдвое. Поэтому его, как и второго эксперта, следует считать коррумпированным, хотя, возможно, и не в большой степени, поскольку большинство неитоговых показателей он не занизил.

Итак, наугад выбранный нами проект, поданный на конкурс грантов Всероссийского научного фонда "Честная наука", оказался на проверке у пары экспертов, которые должны быть признаны коррумпированными. Читатель, чувствующий статистические закономерности, вероятно, согласится с тем фактом, что теперь, по крайней мере, первое слово в названии фонда должно быть поставлено под сомнение.

Пример 2. В 2006 г. в одном из российских вузов — Тьмутараканском государственном техническом университете — был проведен конкурс грантов на научные исследования. На этот конкурс было представлено 20 проектов. Конкурсная комиссия из 10 членов провела конкурс в два тура. На первом туре комиссия оценивала представленные проекты на основе полученной проектной документации, давая коллективную оценку каждого из 20 проектов. После ранжирования всех проектов по полученным ими оценкам 12 лучших заявок были пропущены во второй тур. На втором туре эти 12 проектов оценивались комиссией по результатам выступлений перед ней руководителей проектов. По полученным оценкам проекты снова ранжировались, и 8 лучших из них были объявлены победителями конкурса, а выделенный денежный фонд был поделен между победителями в соответствии с полученными ими оценками. Так что схема работы конкурсной комиссии была замечательно проста и очевидна. Тем не менее одна ставшая известной деталь конкурса вызвала серьезное сомнение: среди 20 представленных работ пять принадлежали самим членам комиссии, а среди восьми проектов-победителей присутствовали те же пять проектов. Поэтому, не останавливаясь на

вопросах этики, детально проанализируем результаты описанного конкурса.

Таким образом, имеем систему из $m = 10$ экспертов (членов комиссии), оценивающих $N = 20$ объектов — представленные на данный конкурс проекты. При этом, хотя каждый проект оценивался по некоторому набору показателей, полная матрица экспертных оценок всех показателей всех проектов всеми экспертами вида (22) неизвестна. Но известна более ограниченная информация о результатах экспертизы, полученная путем агрегирования полной информации из матрицы экспертных оценок — коллективная оценка экспертами каждого проекта в целом в форме его пропуска или непропуска в следующий тур либо в число победителей. В соответствии с этим применим для анализа результатов конкурса методику измерения и обнаружения коррупции в системах со сложными объектами, случай 2 (п. 5) и используем описанный там семишаговый алгоритм:

1) в качестве подходящего рассечения имеющегося множества Π проектов, поданных на конкурс, берем его разложение на подмножества $\Pi_{\text{сотр}}$ и $\Pi_{\text{чл}}$ проектов, поданных соответственно простыми сотрудниками и членами комиссии. Это рассечение, очевидно, максимально эффективное для задач обнаружения и измерения коррупции в системе;

2) в качестве подходящей интегральной оценки произвольного множества проектов мы возьмем долю этих проектов, включенную экспертами в число победителей конкурса;

3) выбираем предельно допустимое отклонение δ между значениями интегральной оценки двух множеств, превышение которого означает существенное различие, с точки зрения экспертов, уровня проектов выбранных множеств: $\delta = 5\%$;

4) и 5) вычисляем интегральные оценки I множеств Π , $\Pi_{\text{сотр}}$, $\Pi_{\text{чл}}$. По условиям задачи из 20 поданных на конкурс проектов пять принадлежало членам комиссии, а $20 - 5 = 15$ — простым сотрудникам. До статуса "победителя конкурса" дошли соответственно 8 (5 и 3) проекта. Интегральные оценки приняли следующие значения: $I(\Pi) = 8/20 = 0,4 = 40\%$, $I(\Pi_{\text{сотр}}) = 3/15 = 0,2 = 20\%$, $I(\Pi_{\text{чл}}) = 5/5 = 1 = 100\%$;

6) сравнение интегральных оценок, которые вычислены на шагах 4 и 5, путем подсчета их относительных отклонений:

$$\begin{aligned} [I(\Pi) - I(\Pi_{\text{сотр}})]/I(\Pi_{\text{сотр}}) &= \\ &= (40 - 20)/20 = 1 = 100\%; \end{aligned}$$

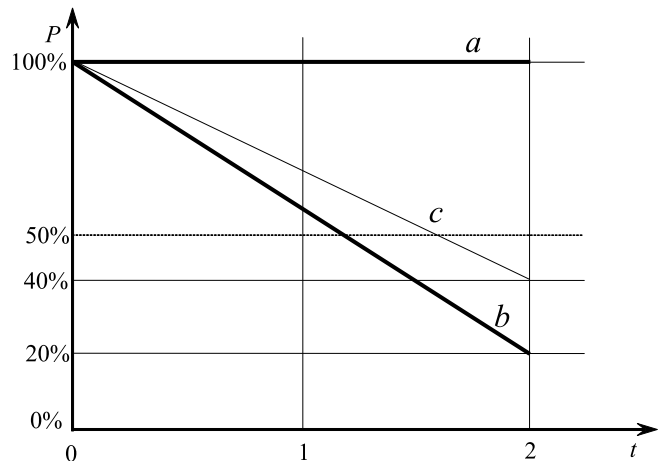
$$\begin{aligned} [I(\Pi_{\text{чл}}) - I(\Pi)]/I(\Pi) &= \\ &= (100 - 40)/40 = 1,5 = 150\%; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [I(\Pi_{\text{чл}}) - I(\Pi_{\text{сотр}})]/I(\Pi_{\text{сотр}}) &= \\ &= (100 - 20)/20 = 4 = 400\%. \end{aligned}$$

Таким образом, все три относительных отклонения интегральных оценок множеств Π , $\Pi_{\text{сотр}}$, $\Pi_{\text{чл}}$ во много раз (20, 30 и 80) превышают предельно допустимое отклонение $\delta = 5\%$. А это значит, что в системе проведения конкурса, конкретно — в конкурсной комиссии, наверняка имелась коррупция;

7) в качестве показателя уровня коррупции в системе K принимаем максимальное из относительных отклонений интегральных оценок $I(\Pi)$, $I(\Pi_{\text{сотр}})$, $I(\Pi_{\text{чл}})$, вычисленных на шаге 6. Имеем $K = 400\%$. Это очень высокий уровень, он в 80 раз превышает максимально допустимый, равный 5%.

На рисунке показаны оперативные характеристики конкурсного процесса, произошедшего в вузе. Из рисунка хорошо видно, что конкурсная комиссия использовала в работе две принципиально различные стратегии: максимально возможный отсев "чужих" проектов, поданных простыми сотрудниками (кривая b), и максимально возможное (здесь — 100%) сохранение "своих" проектов, поданных самими членами конкурсной комиссии (кривая a). Разумеется, ни о какой подлинной экспертизе проектов речь идти не могла. Обратим внимание, что, если судить о конкурсе по усредненной характеристике всего множества проектов, поданных на конкурс (кривая c), то он выглядит пристойно: 40% поданных работ получили грант. Это лишний раз доказывает нам, что полагаться на традиционную статистику типа "средняя температура по палате" нельзя.



Оперативные характеристики конкурсного процесса (0 — старт, 1 — конец 1-го тура, 2 — конец 2-го тура). Кривые показывают динамику отсева проектов (a — поданных членами комиссии, b — поданных простыми сотрудниками, c — в целом). P — доля поданных проектов, продолжающих участвовать в конкурсе

К представленному в работе алгоритму обнаружения коррупции в системах необходимо сделать некоторое замечание. А именно, полученные в результате расчета данные о системе целесообразно представить комиссии из специалистов, которая должна определить, насколько выявленный с помощью алгоритма разброс мнений указывает на наличие коррупции в системе, а насколько он характеризует естественный разброс мнений объективных экспертов.

Заключение

Коррупция — большое зло в современной жизни многих стран. В очень большой степени это относится и к России. Однако сложившееся положение не безнадежно. Коррупционеры, как бы они ни старались, всегда оставляют следы своей преступной деятельности. Остается лишь, применяя подходящие методы, включая математические, расшифровать эти следы и использовать результаты в борьбе с угрожающим нам всем злом. Для этого не обязательно дожидаться, когда в борьбу вступит государ-

ство — ему это сделать очень трудно, поскольку государевы люди — чиновники — часто сами коррумпируются. Впервые представленные в данной статье простые математические методы, основанные на детерминистском подходе, могут внести свой вклад в эту область. Предложенный подход может быть распространен на организационные системы более общего вида, чем рассмотренные в данной статье, состоящие не только из экспертов.

Список литературы

1. Ожегов С. И. Словарь русского языка. М.: Русский язык, 1984.
2. Словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1989.
3. Локшина С. М. Краткий словарь иностранных слов. М.: Русский язык, 1977.
4. Hornby A. S. Oxford Advances Learner's Dictionary of Current English. Oxford, 1988.
5. Калинин Б. Ю., Калинина С. В., Сумачев Э. В. Политолого-методологические аспекты проблем коррупции в современной России // Социология социальных трансформаций. Сб. науч. тр. Нижний Новгород: НИСОЦ, 2003.
6. Левин В. И. Проблема коррупции в современной России: положение и перспективы решения // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2004. Т. 10, № 3.

V. I. Levin, Dr. of Tech. Sci., Professor, Penza State Technological University, Penza, Russian Federation

Mathematical Models and Methods for Detecting Corruption in Organizational Systems

The problem of mathematical modeling, measurement, detection and localization of corruption is formulated in article. A model of a corrupt system is built. Mathematical methods of measuring, detecting and localizing corruption in the system are proposed. Real examples of solving these problems are given.

Keywords: corruption, mathematical modeling, detection, localization, measurement, organizational management, examination

DOI: 10.17587/it.26.144-158

References

1. Ozhegov S. I. of Russian Language, Moscow, Russkiy yazyk, 1984 [in Russian].
2. Dictionary of Foreign Words, Moscow, Russkiy yazyk, 1989 [in Russian].
3. Lokshina S. M. Brief Dictionary of Foreign Words, Moscow, Russkiy yazyk, 1977.
4. Hornby A. S. Oxford Advances Learner's Dictionary of Current English, Oxford, 1988.
5. Kalinin B. Yu., Kalinina S. V., Sumachev E. V. Political and Methodological Aspects of Corruption Problem in Modern Russia, *Sociologiya social'nyh transformaciy. Sbornik nauchnyh trudov*, Nizhniy Novgorod, NISOC, 2003 [in Russian].
6. Levin V. I. The Problem of Corruption in Modern Russia: Position and Perspectives of Solution, *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2004, vol. 10, no. 3 [in Russian].