

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ КОРРУПЦИИ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Левин В. И. – д-р техн. наук, профессор, отдел научных исследований Пензенского государственного технологического ун-та, Пенза, Россия.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. В процессе функционирования различных организационных экспертных систем – экономических, социальных, военизированных – возникает задача обнаружения, локализации и измерения уровня коррупции в системе. Эти задачи решают на основе разнообразных данных, получаемых в ходе наблюдений и экспериментов над системой. Однако единой методики обработки информации с целью решения указанных задач не существует. В работе предложена такая методика, основанная на сравнении оценок одних и тех же показателей оцениваемых объектов, даваемых различными экспертами.

Цель статьи. Целью статьи является разработка полностью формализованного метода обнаружения, локализации и измерения уровня коррупции в организационной системе, состоящей из экспертов, на основе оценок, даваемых объектам.

Метод. Предложенный в статье метод заключается в представлении организационной системы из m экспертов, проводящей экспертизу объекта с n показателями, посредством $(m \times n)$ -матрицы $B = \|b_{ij}\|$. Здесь b_{ij} – оценка, данная i -м экспертом j -му показателю объекта. При этом системе с идеальными (некоррупцированными) экспертами соответствует матрица B с равными элементами в любом столбце и, соответственно этому, с совпадающими строками. В системе с неидеальными (коррупцированными) экспертами матрица B не обладает таким свойством. Это позволяет ввести показатель абсолютного уровня коррупции в системе как сумму расстояний между результатами экспертизы у различных экспертов.

Результат. Получено общее аналитическое выражение показателя абсолютного уровня коррупции в системах с произвольными B, m и n . Найдено максимальное возможное значение этого показателя. Дан алгоритм обнаружения коррупции в организационных системах, основанный на сравнении вычисленного абсолютного уровня коррупции и его предельно допустимого уровня. Решена также задача обнаружения коррупции в сложной системе, где экспертизу проходят объекты с несколькими показателями. Приведены примеры обнаружения и измерения коррупции в реальных экспертных системах.

Выводы. Предложен новый подход к математическому моделированию коррупционных процессов в организационных экспертных системах, основанный на использовании матрицы оценок различных показателей оцениваемых объектов различными экспертами системы. Этот подход, в отличие от сложившейся практики, позволяет подходить одинаково к решению различных задач изучения коррупции в системах этого типа. Таковы задачи обнаружения, локализации и измерения коррупции. Направление в целом предложено называть корруметрией.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: коррупция; математическое моделирование; обнаружение, локализация и измерение коррупции; организационная система; экспертиза.

НОМЕНКЛАТУРА

B – $(m \times n)$ -матрица экспертных оценок;

m – число экспертов;

n – число показателей оцениваемого объекта;

b_{ij} – экспертная оценка i -м экспертом j -го показателя объекта;

A_j – множество возможных значений j -го показателя объекта;

K – показатель абсолютного уровня коррупции в системе экспертов;

K_{\max} – максимальное возможное значение показателя K

k – показатель относительного уровня коррупции в системе экспертов;

$b_{i, \text{cp}}$ – средняя по всем n показателям оценка объекта, даваемая i -м экспертом;

δ – относительное расхождение между средними оценками объекта, даваемыми q -м и r -м экспертами;

k_0 – пороговое значение показателя k , превышение которого трактуется как свидетельство наличия коррупции в системе.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема коррупции является одной из наиболее старых и не решенных до сих пор проблем большинства развитых стран. Для России она не новость. Достаточно вспомнить многочисленные русские пословицы на данную 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 правительства 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.

Для изучения явления коррупции применяются самые разнообразные методы. Это позволяет решать различные практические задачи, связанные с этим явлением. Важнейшими из этих задач являются обнаружение коррупции, измерение ее уровня, а также ее локализация. Именно этим задачам посвящена данная статья.

Актуальность проведенной работы для информатики и управления организационными системами связана с тем, что коррупционные процессы в системах приобрели большой размах и стали угрозой обществу.

Объектом исследования статьи являются коррупционные процессы в организационных системах, состоящих из экспертов, принимающих коллективные решения о состоянии одного или нескольких объектов.

Предметом исследования являются математические методы, позволяющие обнаружить коррупцию в организационных системах указанного типа, измерить ее уровень, локализовать ее местонахождение.

Целью исследования являются автоматизация и упрощение процессов борьбы с коррупцией в организационных системах.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Теперь дадим 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. Задача 2: разработка математической модели и метода, позволяющих по имеющейся информации о работе организационной системы измерить уровень коррупции в ней. Задачу 1 назовем задачей обнаружения (идентификации) коррупции, задачу 2 – задачей измерения (анализа) коррупции.

Далее в статье рассматриваются организационные системы, состоящие из экспертов. Каждый эксперт организационной системы функционирует на основе количественных и/или качественных оценок, которые он дает объектам своей деятельности. Даваемые оценки различных объектов являются экспертными, т.е. зависящими от уровня квалификации, честности, добросовестности, независимости служебного поведения и некоторых других качеств конкретного эксперта. Однако нам понятно, что разные эксперты, но обладающие в высшей степени всеми указанными качествами, будут назначать одинаковые оценки одному и тому же объекту. Эту идеальную ситуацию примем за «точку отсчета». В реальности эксперты могут быть малоквалифицированными, недостаточно честными и добросовестными, зависимыми в своем служебном поведении от других лиц. При этом разные эксперты дают различные оценки одному и тому же объекту, что обусловлено их неквалифицированностью 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. Очевидно, что чем в большей степени эксперты обладают 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) и идеальными экспертами.

Из сказанного выше вытекает следующая формализованная постановка задач обнаружения и измерения

коррупции. Пусть имеется некоторая реальная организационная система с конечным числом экспертов m и одним оцениваемым объектом. Тогда задача измерения коррупции в системе формулируется таким образом: 1) найти объективный количественный показатель абсолютного уровня коррупции в системе $K=f(B)$ в виде подходящей меры суммарного расстояния между результатами экспертизы объекта различными экспертами; 2) найти объективный числовой показатель относительного уровня коррупции $k=K/K_{\max}=\varphi(B)$; 3) определить явный вид функций f и φ . Последние определяют модель формирования коррупции в системе и позволяют вычислять (измерять) уровень коррупции в системе. Задача обнаружения коррупции в системе формулируется следующим образом: 1) найти объективный критерий наличия коррупции в системе в виде некоторого критического значения k_0 показателя относительного уровня коррупции в системе k , превышение которого сигнализирует о наличии в ней коррупции; 2) используя найденный явный вид функции $k=\varphi(B)$, построить алгоритм обнаружения коррупции в системе.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Имеется множество различных определений коррупции. Согласно [1], коррупция – это подкуп взятками, продажность должностных лиц и политических деятелей в буржуазных странах, а согласно [2] это подкуп, продажность общественных и политических деятелей, должностных лиц в капиталистическом обществе. Эти определения близки между собой, они грешат произвольными ограничениями 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), характера их действий (действие, аналогичное совершенному за взятку, лицо может совершить и по собственной воле). Более удовлетворительное определение дано в [3]: коррупция – это просто подкуп, продажность, взяточничество. Однако и здесь налицо третье из перечисленных ограничений. Наиболее емкое и точное из существующих определений дано, на наш взгляд, в [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 государств и международных организаций [5]. Так, в документах ООН по борьбе с коррупцией последняя трактуется как злоупотребление государственной властью для получения личной выгоды, а в документах группы по коррупции Совета Европы – как любое поведение лиц (в т.ч. взяточничество), которым поручено выполнение определенных обязанностей в государственном или частном секторе, ведущее к нарушению этих обязанностей. В России коррупцией считается преступная деятельность в политике или госу-

дарственном управлении в форме использования должностными лицами своих властных полномочий с целью личного обогащения.

Подробная статистика об уровне коррупции в мире приводится в работах [6, 7]. Согласно им, по показателю ИВК (индекс восприятия коррупции, минимальной коррупции соответствует ИВК=100, максимальной коррупции ИВК=0). Наиболее благополучными являются 1) Дания (ИВК=91), 2) Финляндия, 3) Швеция. Российская Федерация занимает 119 место (ИВК=29). Для сравнения: США находятся на 18 месте (ИВК=74), Китай – на 100 месте (ИВК=36). Замыкают эту последовательность КНДР и Сомали (ИВК=8). Всего обследовано 176 стран. В работах [8, 9] рассмотрены факторы, способствующие распространению коррупции, а также последствия коррупции для рынков и госсектора. Утверждается, что коррупция сохраняется или уменьшается, в основном, благодаря сокращению деятельности госсектора. Эта деятельность, напротив, стимулирует рост коррупции. В работе [10] изучена история экономических реформ в США в свете влияния коррупции. В статье [11] установлено, что в странах со слабой развитой коррупцией последняя может являться полезной заменой принципа верховенства закона. Однако в целом, как следует из [12, 13], коррупция вредно влияет на рост экономики страны, в первую очередь – на рост объема ВВП на душу населения. Более того, в исследованиях [14, 15] утверждается, что между уровнем коррупции и уровнем экономической активности существует обратная зависимость. Зависимость между коррупцией и экономической активностью исследуется также в статье [16]. Здесь обосновывается положение, по которому коррупция принципиально не может улучшить положение дел в экономике.

Детальные сведения о современной коррупции (ее виды, размах, национальные особенности, связанные с ней опасности, научный подход к ее количественному изучению в рамках специальной науки коррумпетрии и др.) приведены в [17].

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

а) Начнем с решения задачи измерения коррупции. Пусть m экспертов, образующих организационную систему, проводят совместную экспертизу одного объекта, оценивая n показателей. Произвольный j -й показатель может принимать r_j возможных значений, составляющих множество

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

Каждый i -й эксперт, $i = \overline{1, m}$, оценивает каждый из j показателей объекта, $j = \overline{1, n}$, выбирая 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

$$B = \left\| \begin{array}{ccc} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & \dots & b_{mn} \end{array} \right\|, \quad (2)$$

в которой b_{ij} , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, – экспертная оценка, данная i -м экспертом j -му показателю. В матрице B , согласно сказанному выше, 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 наборы оценок показателей объекта, принадлежащие различным экспертам, совпадают. В терминах матрицы экспертных оценок (2) сказанное означает, что в идеальной системе каждый столбец этой матрицы состоит из равных элементов, а все строки совпадают. Реальная организационная 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 одном столбце и с несовпадающими строками. Это подсказывает такой 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 каждого j -го показателя объекта складывается из расстояний между 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 двух соответствующих оценок. Таким образом, получаем следующее 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 0. Однако для реальных систем указанное условие для матрицы не выполняется, поэтому в случае реальных

Таблиця 1.

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

На практиці, в основному, зустрічаються організаційні системи, що складаються з обмеженого числа m експертів (до 5–7). Явні вираження показателя k відносного рівня корупції для кількох таких систем, витекаючі з загального вираження (12), приведені нижче.

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n |b_{1j} - b_{2j}|}{\sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, \quad m = 2;$$

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n (|b_{1j} - b_{2j}| + |b_{1j} - b_{3j}| + |b_{2j} - b_{3j}|)}{2 \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, \quad m = 3;$$

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n (|b_{1j} - b_{2j}| + |b_{1j} - b_{3j}| + |b_{1j} - b_{4j}| + |b_{2j} - b_{3j}| + |b_{2j} - b_{4j}| + |b_{3j} - b_{4j}|)}{4 \sum_{j=1}^n (a_{j\max} - a_{j\min})}, \quad m = 4;$$

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

Изложенный подход к измерению коррумпции организационной системы является пригодным только для систем с $m \geq 2$ экспертами.

б) Перейдем к решению задачи обнаружения коррумпции. Рассмотрим снова организационную систему с m экспертами, изученную выше в п. а. Как было показано в п. а, относительный уровень коррумпции в работе указанной системы k 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 коррумпции $k = 0$ соответствует полностью бескоррумпционная (идеальная) система, а показателю $k = 1$ – 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 коррумпции в системе от минимального возможного до максимального возможного, а убывание k – его монотонное уменьшение от максимального возможного до минимального возможного. Также взаимно однозначное соответствие между предполагаемым уровнем коррумпции в системе и математически сконструированным показателем этого уровня k по-

зволяет решить задачу обнаружения коррумпции в системе полностью формализованно. Для решения нужно:

1. Выбрать некоторое достаточно малое значение относительного уровня коррумпции k , превышение которого можно обоснованно трактовать как объективное свидетельство наличия в системе коррумпции. 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 экспертов, связанными с их коррумпированностью (нечестность, недобросовестность, зависимость и т.д.), а совсем другими свойствами (в первую очередь, недостаточной квалификацией), играющими при обнаружении коррумпции роль «шума», подмешанного к «полезному сигналу». Величина порога коррумпированности k_0 , таким образом, есть возможная погрешность вычисления по формуле (13) показателя k из-за влияния на построенную математическую модель указанных «других» (некоррумпционных) свойств экспертов. Поэтому уверенно говорить о наличии в системе коррумпции при $k < k_0$ нельзя – это возможно лишь при $k > k_0$.

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

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

Изложенный метод позволяет обнаружить коррумпцию 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 коррумпции. Необходимость рассмотрения и решения, наряду с задачей об-

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

с) Наконец, рассмотрим решение задачи локализации коррупции. Для этого наряду с задачами 1, 2 (обнаружение и измерение коррупции), введенными в пп. а, б, рассмотрим теперь задачу 3: разработка математической модели и метода, позволяющих по имеющейся информации о работе организационной 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 таким образом. Пусть имеется некоторая организационная система с конечным числом экспертов m , считающаяся реальной (в отличие от гипотетической системы, которая является идеализацией заданной – см. п. а). Далее задается некоторая произвольная подсистема имеющейся системы с s ($s \leq m$) экспертами. Тогда задача локализации коррупции может быть сформулирована следующим 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.

Задача локализации коррупции, как следует из приведенной ее постановки, принципиально не отличается от задачи обнаружения коррупции. Разница состоит только в размерности решаемой задачи: во втором случае эта размерность равна $m \times n$ (m – число экспертов в рассматриваемой системе, n – число показателей объекта, которые оценивают эксперты), в первом случае размерность задачи 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. Так что 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. б), при условии, что подсистема исходной системы, для которой решается задача

локализации, уже задана. Таким образом, вопрос сводится к тому, как задавать подсистемы 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.

Для разбиения организационной системы на подсистемы, удовлетворяющего двум поставленным требованиям, нужно, чтобы на каждом шаге разбиения получалось наибольшее количество информации (снималась наибольшая неопределенность) относительно распределения коррупции в системе. При этом требующееся число шагов минимизируется, обеспечивая выполнение требования 2. Выполнение требования 1 обеспечивается тем, что на каждом шаге разбиения в результате уменьшения неопределенности сужается и множество экспертов, на котором локализована имеющаяся в системе коррупция, так что при нужном числе шагов объеме этого множества можно довести до нужного малого числа экспертов. Выбор нужного разбиения на каждом шаге производится с учетом имеющейся начальной и получаемой в последующем 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 производится разбиение имеющейся организационной системы с m экспертами на несколько подсистем так, чтобы в каждой подсистеме было не менее 2 и не более $m - 2$ экспертов.

2. Для каждой образовавшейся подсистемы с помощью алгоритма п. с решается задача обнаружения коррупции. В результате множество M всех подсистем распадается 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, а M_3 включает все подсистемы, в отношении которых при имеющейся информации нельзя сделать заключение о наличии или отсутствии коррупции.

3. Исключаем из рассмотрения множества подсистем M_2 и M_3 , оставляя лишь множество M_1 . Далее работаем по отдельности с подсистемами A_1, A_2, \dots , входящими в множество M_1 .

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

Работа алгоритма заканчивается, когда очередное множество M_1 будет включать подсистемы A_1, A_2, \dots с

достаточно малым числом экспертов, отвечающим условиям задачи, так что останется лишь решить задачу обнаружения коррупции для каждой из указанных подсистем. Трудоемкость 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 типовых случаев.

Случай 1. Имеется предварительная информация о том, что в системе в точности один эксперт (неизвестно, кто) является коррупционером. Тогда на 1-м шаге алгоритма разобьем систему на две подсистемы с (по возможности) равным числом экспертов. На 2-м шаге, если предварительная информация о системе верна, выделяем 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 подсистему M_2, M_3 , оставляя только подсистему M_1 . Далее – возврат к шагу 1, который теперь выполняется уже не со всей системой, а с ее «половиной» – подсистемой M_1 . И т.д. На каждом из таких 3-шаговых циклов неопределенность (число экспертов в подсистеме, содержащей коррупционера) уменьшается вдвое, что обеспечивает локализацию эксперта-коррупционера в пределах подсистемы из 2 экспертов за $\log_2 m - 1$ 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. Имеется предварительная информация о том, что в данной системе все m экспертов – коррупционеры. В этом случае на первом шаге алгоритма мы разобьем систему на $m/2$ подсистем с (по возможности) 2 экспертами в каждой. На 2-м шаге (если предварительная информация о системе верна) получаем множество M_1 подсистем с двумя экспертами, содержащих каждая 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 . Таким образом, локализация m коррупционеров в пределах $m/2$ подсистем из 2 экспертов выполнена. Число потребных для этого шагов оказалось равным 2, но на 2-м шаге потребовалось еще $m/2$ операций обнаружения коррупции в $m/2$ подсистемах, так что общее потребное число операционных шагов составило $1+m/2$. Это число – минимальное, достигнутое благодаря оптимальному разбиению системы на 1-м шаге алгоритма. (Если предварительная

© Левин В. И., 2019
DOI 10.15588/1607-3274-2019-4-4

информация о системе была неверна, т.е. реально только часть экспертов коррумпированы, то можно было предложить лучшее разбиение, ведущее к уменьшению общего числа операционных шагов алгоритма).

Случай 3. Имеется предварительная информация, что в рассматриваемой системе ровно два эксперта (неизвестно кто) коррумпированы. Тогда на 1-м шаге алгоритма разбиваем систему на две подсистемы с возможно более равным числом экспертов – как в случае 1. На 2-м шаге в худшем случае, с точки зрения получающейся неопределенности (если предварительная информация о системе верна), будем иметь множество M_1 из двух подсистем, каждая из которых коррумпирована (в нашем случае – содержит по 1 коррумпированному эксперту) и 2 пустых множества M_2 и M_3 подсистем, не содержащих коррупции. Ввиду отсутствия множеств M_2, M_3 третий шаг не выполняется. Далее – возврат к шагу 1, который теперь выполняется не со всей системой, а с каждой из 2 полученных на 2 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 составит $3(\log_2 \frac{m}{2} - 1) = 3(\log_2 m - 2)$ шагов алгоритма, так что общая трудоемкость, с учетом затрат 2 шага, равна $2 + 2 \cdot 3(\log_2 m - 2) = 6\log_2 m - 10$.

В общем случае правила разбиения рассматриваемой системы конструируются аналогично правилам, представленным для трех типичных случаев (см. выше). При этом каждый новый изучаемый случай по возможности сводится к уже рассмотренному, подобно тому, как случай 3 был приведен к случаю 1. При этом надо иметь в виду, что выигрыш от минимальной трудоемкости алгоритма локализации коррупции, полученный благодаря оптимальному разбиению системы, является существенным лишь в системах с достаточно большим числом экспертов m ($m \geq 5 \div 7$). Если же это значение мало, как часто бывает на практике ($m = 2 \div 4$), то реального выигрыша не получается и потому 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, мы дополним изложенный подход приемом «сравнение двух экспертов». Рассмотрим матрицу экспертных оценок системы с $m = 2$ экспертами

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

Как следует из (15), средние по всем n показателям оценки объекта, даваемые 1 и 2 экспертами (усреднение предполагает соизмеримость оценок показателей),

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

Если оба эксперта не только высококвалифицированные, но и честные, добросовестные и независимые, то оценки b_1 и b_2 должны совпадать или практически совпадать. Далее, если эксперты честные, добросовестные и независимые, но не в высшей мере квалифицированные, эти оценки будут несколько различаться. Наконец, если эксперты нечестные, недобросовестные и зависимые, то есть 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 $b_{1,cp}$ и $b_{2,cp}$

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

3. Назначается некоторое пороговое достаточно малое значение δ_0 показателя δ , превышение которого можно обоснованно трактовать как объективное свидетельство коррумпированности одного из 2 экспертов. Тогда, если окажется $\delta > \delta_0$, то мы будем определенно полагать, что один из экспертов в системе коррумпирован. Кого именно считать коррумпированным в случае такого превышения, зависит от смысла показателей b_{ij} и оценок b_1, b_2 . Если большим значениям показателей и их оценок соответствует более высокое качество оцениваемого объекта, то коррумпированным надо считать того эксперта, который занижает оценку объекта, т.е. дает меньшую из оценок b_1, b_2 . Конечно, 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 в этой ситуации коррумпированным нужно считать эксперта, давшего большую 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 еще один, упрощенный вариант описанного выше приема. Пусть оценки первого эксперта системы с двумя экспертами всегда доминируют над оценками второго эксперта, т.е. строки матрицы экспертных оценок системы (15) находятся в отношении

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

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

Наконец, рассмотрим возможную локализацию 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 подозреваемого эксперта. Иными словами, нам известны только оценки, которые выставляет различным показателям анализируемого объекта подозреваемый эксперт, но неизвестны оценки других экспертов. Таким образом, в данном случае решение задачи локализации коррупции на основе сравнения оценок различных экспертов, как это делалось выше, невозможно. Однако поставленную задачу все-таки можно решить. Для этого надо лишь в формуляре, содержащем выставленные экспертом оценки, выделить логические следствия вида

$$\{d(j_1) = k, d(j_2) = s, \dots, d(i_p) = l\} \Rightarrow d(i_q) = t. \quad (19)$$

Следствие (19) означает, что, исходя из логики и здравого смысла, эксперт, оценивший j_1 -й показатель некоторого объекта оценкой k , j_2 -й показатель оценкой s, \dots, j_p -й показатель оценкой l , будет обязан оценить j_q -й показатель оценкой t . Например, если эксперт, оценивающий представленный на конкурс научный проект, поставил ему высшие возможные оценки по показателям вида «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 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 коррумпированного эксперта. Например, если у нас нет никакой информации об истинном значении оцениваемых параметров, то мы можем просто вычислить некое «среднее» значение каждого из оцениваемых параметров на основе оценок всех экспертов и определить тех экспертов (например, введя порог отличия), чьи оценок сильно отличаются от этих средних значений – этих экспертов можно подозревать в коррупции. Если же у нас есть собственное представление об оцениваемых параметрах, то мы способны сравнить оценки экспертов с ним и так же выделить коррупционеров.

Таблица 2 – Эксперт-анкета

№	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 наличии возможности – 0; Нет – «-»	1	1

4 ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В 2013 году на конкурс грантов Всероссийского научного фонда автором в порядке эксперимента был представлен проект «Математические методы анализа процессов в условиях неопределенности». Проект был отвергнут фондом. По просьбе автора проекта, не согласившегося с таким решением, научный фонд прислал две эксперт-анкеты, содержавшие результаты экспертизы проекта двумя экспертами. Фонд отклонил проект на основе этой экспертизы. Эксперт-анкеты приведены в табл. 2.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ

В проведенном эксперименте мы имеем организационную систему из $m = 2$ экспертов, оценивающих лишь 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 (§ 3, пп. а–с). Прежде всего, представим результаты работы экспертов из 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 найти показатель k относительного уровня коррупции в системе. В данном случае входящие в эту формулу нижняя $a_{j\min}$ и верхняя $a_{j\max}$ границы диапазона возможных значений j -го столбца матрицы B (т.е. показателя в j -й строке табл. 2) равны:

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

Сначала вычислим числитель дроби:

$$A = |0 - 0| + |1 - 0| + |1 - 0| + |1 - 1| + |1 - 0| + |0 - 0| + |1 - 1| + |2 - 2| + |2 - 1| + |1 - 1| = 4,$$

а затем знаменатель:

$$B = (1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0) + (1 - 0) + (2 - 0) + (2 - 0) + (2 - 0) = 13.$$

В результате вычисления получаем

$$k = \frac{A}{B} = \frac{4}{13} \cong 0,308 \cong 31\%.$$

Итак, показатель относительного уровня коррупции в системе равен 31%, что, конечно, очень много.

Методом § 3 (п. б) решим задачу обнаружения коррупции в системе. Выберем в качестве порога корруппированности системы такое значение показателя k относительного уровня коррупции в системе: $k_0 = 5\%$.

Тогда, поскольку реальное значение показателя $k > k_0$, делается заключение о наличии в системе коррупции. Более того, поскольку $k \gg k_0$ (точнее, $k/k_0 = 6,2$, имеем более чем шестикратное превышение допустимого уровня коррупции), мы вынуждены признать, что уровень коррупции в системе недопустимо большой.

Теперь методами § 3, (п. с) решим задачу локализации коррупции в системе, т.е. определим, кто именно из 2 имеющихся в системе экспертов корруппирован. Воспользуемся приемом «сравнение двух экспертов», согласно которому сделаем следующее. 1) По форму-

лам (16), используя имеющуюся матрицу B , найдем средние по всем 10 показателям оценки 1 и 2 эксперта:

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

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

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 два эксперта 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 из двух экспертов. Возьмем $\delta_0 = 5\%$. Тогда $\delta = 66,6\% > 5\% = \delta_0$, 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 ему 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 (см. табл. 2) логического следствия типа (19). В качестве такого следствия возьмем очевидное утверждение

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

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

Итак, наугад выбранный проект, поданный в порядке эксперимента на конкурс грантов Всероссийского научного фонда, оказался на проверке у пары экспертов, которые оба должны быть признаны коррумпированными. Читатель, чувствуя статистические закономерности, вероятно, согласится с тем, что доверие к такому фонду должно быть поставлено под сомнение.

6 ОБСУЖДЕНИЕ

Выполненные расчеты позволили решить задачи измещения, обнаружения и локализации коррупции в организационной системе, занимающейся распределени-

ем грантов на научные исследования. При этом не использовались методы математической статистики, что является традиционным при исследовании любых стохастических систем, в том числе и организационных. Благодаря этому удалось избежать трудностей, связанных с возможной потерей статистическими оценками различных полезных свойств (например, несмещенности) при их преобразованиях. Другим преимуществом примененного в статье упрощенного детерминированного подхода к количественному изучению коррупционных процессов является возможность применения для выполнения вычислительного процесса простых, хорошо известных приемов вычислительной математики. Наконец, данный подход к вычислениям методически проще, чем статистические процедуры.

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 государство – ему это сделать очень трудно, поскольку государевы люди – чиновники сами часто коррумпированы. И 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 настоящей статье, состоящие не только из экспертов.

ЛИТЕРАТУРА / ЛІТЕРАТУРА

1. Ожегов С. И. Словарь русского языка / С. И. Ожегов. – М. : Русский язык, 1984.
2. Словарь иностранных слов. – М. : Русский язык, 1989.
3. Локшина С. М. Краткий словарь иностранных слов / С. М. Локшина. – М. : Русский язык, 1977.
4. Hornby A. S. Oxford Advances Learner's Dictionary of Current English / A. S. Hornby. – Oxford, 1988.
5. Калинин Б. Ю. Политолого-методологические аспекты проблем коррупции в современной России / Б. Ю. Калинин, С. В. Калинина, Э. В. Сумачев // Социология социальных трансформаций. Сборник научных трудов. – Нижний Новгород : НИСОЦ, 2003.
6. Statistika-korrupsii-v-mire // vavilon.ru.
7. Corruption Perceptions Index 2017. Surveys 21.02.2018 // Transparency International.
8. Bardhan P. Corruption and Development / P. Bardhan // Journal of Economic Literature. – 1997. – Vol. 25. – P. 1350.
9. Tanzi V. Corruption Governmental Activities and Markets / V. Tanzi // IMH Working Paper. – 1999. – № 94, <https://ssrn.com>.
10. Glaeser E. L. Corruption and Reform: an Introduction / E. L. Glaeser // Working Paper 10775, <https://www.nber.org/papers/W10775>.
11. Leff N. H. Economic Development Through Bureaucratic Corruption / N. H. Leff // American Behavioral Scientist. – 1964. – Vol. 62, № 2. – P. 337–341.

12. Leite C. Does Mother Nature Corrupt? Natural Resources, Corruption and Economic Growth / C. Leite, J. Weidmann // Washington: International Monetary Fund. – 1999. – Working Paper № 85.
13. Tanzi V. Corruption, Public Investment and Growth / V. Tanzi, H. Davoodi // Washington: International Monetary Fund. – 1997. – Working Paper № 139.
14. Mauro P. Corruption and Growth / P. Mauro // Quarterly Journal of Economic. – 1995. – Vol. 110, № 3. – P. 681–712.
15. Svensson J. Eight Questions about Corruption / J. Svensson // Journal of Economic Perspectives. – 2005. – Vol. 19, № 3. – P. 19–42.
16. Houston D.A. Can Corruption Ever Improve an Economy / D.A. Houston // Cato Journal. – 2007. – Vol. 27, № 3. – P. 350–378.
17. Левин В. И. Проблема коррупции в современной России: положение и перспективы решения / В. И. Левин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2004. – Том 10, № 3.

Received 23.06.2019.
Accepted 25.09.2019.

УДК 51–77

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ ВИВЧЕННЯ КОРУПЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Левін В. И. – д-р техн. наук, професор кафедри математики Пензенського держ. технологічного ун-ту, Пенза, Росія.

АНОТАЦІЯ

Актуальність. В процесі функціонування різних організаційних експертних систем – економічних, соціальних, воєнізованих – виникає завдання виявлення, локалізації та вимірювання рівня корупції в системі. Ці завдання вирішують на основі різноманітних даних, одержуваних в ході спостережень і експериментів над системою. Однак єдиної методики обробки інформації з метою вирішення зазначених завдань не існує. В роботі запропонована така методика, заснована на порівнянні оцінок одних і тих же показників оцінюваних об'єктів, які дають різними експертами.

Мета статті. Метою статті є розробка повністю формалізованого методу виявлення, локалізації та вимірювання рівня корупції в організаційній системі, що складається з експертів, на основі оцінок, які дають об'єктам.

Метод. Запропонований в статті метод полягає в поданні організаційної системи з m експертів, яка проводить експертизу об'єкта з n показниками, за допомогою $(m \times n)$ -матриці $B = \|b_{ij}\|$. Тут b_{ij} – оцінка, дана i -м експертом j -му показнику об'єкта. При цьому системі з ідеальними (некорумпованими) експертами відповідає матриця B з рівними елементами в будь-якому стовпці i , відповідно до цього, з співпадаючими рядками. В системі з недосконалими (корумпованими) експертами матриця B не володіє такою властивістю. Це дозволяє ввести показник абсолютного рівня корупції в системі як суму відстаней між результатами експертизи у різних експертів.

Результат. Отримано загальний аналітичний вираз показника абсолютного рівня корупції в системах з довільними B, m і n . Знайдено максимальне можливе значення цього показника. Дано алгоритм виявлення корупції в організаційних системах, заснований на порівнянні обчисленого абсолютного рівня корупції та його гранично допустимого рівня. Вирішено також завдання виявлення корупції в складній системі, де експертизу проходять об'єкти з кількома показниками. Наведені приклади виявлення та вимірювання корупції в реальних експертних системах.

Висновки. Запропоновано новий підхід до математичного моделювання корупційних процесів в організаційних експертних системах, заснований на використанні матриці оцінок різних показників оцінюваних об'єктів експертами системи. Цей підхід, на відміну від практики, що склалася, дозволяє підходити однаково до вирішення різних завдань вивчення корупції в системах цього типу. Такі завдання виявлення, локалізації та вимірювання корупції. Напрямок в цілому названо коруметрією.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: корупція; математичне моделювання; виявлення, локалізація і вимір корупції; організаційна система; експертиза.

UDC 51–77

MATHEMATICAL METHODS AND MODELS FOR STUDYING CORRUPTION IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS

Levin V. I. – Doctor of science, Professor of Mathematical Department of Penza State Technological University, Penza, Russia.

ABSTRACT

Context. In the process of functioning of various organizational expert systems – economic, social, militarized – the task of detecting, localizing and measuring the level of corruption in the system arises. These tasks are solved on the basis of various data obtained during observations and experiments on the system. However, there is no single method for processing information to solve these problems. This paper proposes such a technique, based on a comparison of assessments of the same indicators of evaluated objects, given by various experts.

Objective. The purpose of the article is to develop a fully formalized method for detecting, localizing and measuring the level of corruption in an organizational system consisting of experts, based on the assessments given to objects.

Method. The method proposed in the article consists in the presentation of an organizational system of m experts conducting an examination of the object with n indicators by means of a $(m \times n)$ -matrix $B = \|b_{ij}\|$. Here b_{ij} – is the assessment given by the i -th expert to the j -th indicator of the object. In this case a system with ideal (non-corrupted) experts corresponds to a matrix B with equal elements in any column and, accordingly, with matching lines. In a system with non-ideal (corrupt) experts, the matrix B does not have

this property. This allows you to enter an indicator of the absolute level of corruption in the system as the sum of the distances between the results of the examination of various experts.

Result. A general analytical expression is obtained for absolute level of corruption in systems with arbitrary B, m and n . The maximum possible value of this indicator is found. An algorithm for detecting corruption in organizational systems is given, based on a comparison of calculated absolute level of corruption and its maximum allowable level. The problem of detecting corruption in a complex system, where objects with several indicators pass the examination, is also solved. Examples of detecting and measuring corruption in real expert systems are given.

Conclusions. A new approach to mathematical modeling of corruption processes in organizational expert systems, based on the use of a matrix of assessments of various indicators of evaluated objects by different experts of the system, is proposed. This approach, in contrast to the established practice, allows us to find uniform solutions of various problems of studying corruption in systems of this type. These are tasks of detecting, localizing and measuring corruption. The direction as a whole is proposed to be called *corrumetry*.

KEYWORDS: corruption; mathematical modeling; detection, localization and measurement of corruption; organizational system, expertise.

REFERENCES

1. Ozhegov S. I. Slovar' russkogo yazyka. Moscow, Russkiy yazyk, 1984.
2. Slovar' inostrannykh slov. Moscow, Russkiy yazyk, 1989.
3. Lokshina S. M. Kratkiy slovar' inostrannykh slov. 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 Eh. V. Politologo-metodologicheskie aspekty problem korrupcii v sovremennoy Rossii, *Sociologiya social'nykh transformatsiy. Sbornik nauchnykh trudov*. Nizhniy Novgorod, NISOC, 2003.
6. Statistika-korrupsii-v-mire // vavilon.ru.
7. Corruption Perceptions Index 2017. Surveys 21.02.2018 // Transparency International.
8. Bardhan P. Corruption and Development, *Journal of Economic Literature*, 1997, Vol. 25, P. 1350.
9. Tanzi V. Corruption Governmental Activities and Markets, *IMH Working Paper*, 1999, № 94, <https://ssrn.com>.
10. Glaeser E. L. Corruption and Reform: an Introduction, *Working Paper 10775*, <https://www.nber.org/papers/W10775>.
11. Leff N.H. Economic Development Through Bureaucratic Corruption, *American Behavioral Scientist*, 1964, Vol. 62, No. 2, pp. 337–341.
12. Leite C., Weidmann J. Does Mother Nature Corrupt? Natural Resources, Corruption and Economic Growth, *Washington: International Monetary Fund*, 1999, Working Paper № 85.
13. Tanzi V., Davoodi H. Corruption, Public Investment and Growth, *Washington: International Monetary Fund*, 1997, Working Paper, № 139.
14. Mauro P. Corruption and Growth, *Quarterly Journal of Economic*, 1995, Vol. 110, № 3, pp. 681–712.
15. Svensson J. Eight Questions about Corruption, *Journal of Economic Perspectives*, 2005, Vol. 19, No. 3, pp. 19–42.
16. Houston D. A. Can Corruption Ever Improve an Economy, *Cato Journal*, 2007, Vol. 27, 3, pp. 350–378.
17. Levin V. I. Problema korrupcii v sovremennoy Rossii: polozhenie i perspektivy resheniya, *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2004, Vol. 10, No. 3.