

УДК 519.83+519.86
ББК 22.18 65.050

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОЖЕСТВЕННОЙ КОРРУПЦИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ

Денин К. И.¹

(Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону)

Приводится анализ двухуровневой иерархической теоретико-игровой математической модели распределения квот при использовании методов иерархического управления с учётом множественной коррупции и соблюдения условий устойчивого развития. Рассматриваются области реакции Ведомого и оптимальные доходы игроков. Проводится классификация коррупции по степени жёсткости. Указывается ограничение применимости метода побуждения.

Ключевые слова: иерархическое управление, устойчивое развитие, коррупция, область реакции.

1. Введение

Коррупция как социально-экономическая проблема является предметом научных исследований на протяжении более чем 30 лет. Первым трудом по моделированию коррупции как таковой учёное сообщество привыкло считать статью С. Роз-Аккерман «The Economics of Corruption» [9], вышедшую в 1975 году. В модели Роз-Аккерман были, в первую очередь, адаптированы более общие идеи Беккера [8] о моделировании преступной экономической деятельности применительно непосредственно к коррупции. Кроме того, автор представила вниманию трёхуровневую модель коррупционного взаимодействия

¹ Константин Ильич Денин, аспирант (kid_rostov@mail.ru).

«Principal-Agent-Client» ставшую к нашему времени классической. Также, в статье Роз-Аккерман были формализованы различные аспекты коррупционной деятельности (напр. моральный, денежный, и пр.) как лица берущего взятку, так и взяткодателя. Такого рода чёткое математическое построение послужило толчком для развития моделирования коррупции.

За последующие годы были созданы десятки моделей, описывающих различные аспекты и вариации протекания процессов коррупционной деятельности. Из наиболее цитируемых работ российских учёных в области моделирования коррупции можно выделить труды В. М. Полтеровича [4, 5], М. И. Левина о коррупции в сфере приватизации [3], а также статью А. А. Васина и О. Агаповой [10], рассматривающих модель коррупции в налоговых органах. В качестве наиболее значимых трудов последних лет можно выделить работу Р. А. Выборнова [1], в которой были произведены формализация и существенное обобщение трёхуровневых механизмов коррупционного взаимодействия для шести видов экономических задач в рамках классического подхода.

Рассматриваемая автором модель является обобщением класса моделей коррупции, подробно исследованного и описанного в [6]. В качестве примеров нововведений можно привести расширенную версию коррупционного взаимодействия, выражаемую возможностью субъекта нижнего уровня давать одновременно несколько взяток различной природы и рассмотрение более общего подхода к благосклонности вышестоящего игрока при совершении коррупционных сделок.

2. Описание модели: критерии, ограничения, механизм иерархического взаимодействия

Рассматривается статическая двухуровневая теоретико-игровая модель множественной коррупции с применением методов иерархического управления при одновременном учёте условий устойчивого развития. Необходимо подчеркнуть, что

данная модель не относится к какой-либо узкой предметной области и может быть использована в различных областях применения. В качестве примеров можно привести эколого-экономические системы (распределение квот на добычу и переработку биоресурсов), системы социально-экономических отношений внутри трудовых коллективов (определение рабочей нагрузки на отдельно взятого работника) и т.д.

Субъектами игрового взаимодействия являются: официальное лицо, выдающее квоты на возобновляемый ресурс и собирающее налоги на его добычу, далее именуемое как Ведущий (субъект верхнего уровня), и предприятие, занимающееся добычей и переработкой этого ресурса, именуемое в дальнейшем, как Ведомый (субъект нижнего уровня).

Базовое теоретико-игровое иерархическое взаимодействие осуществляется согласно принципу гарантированного результата Ю. Б. Гермейера [2] для игры класса Γ_2 с дополнительным предположением об осведомлённости обоих участников о значении всех экзогенных параметров. В качестве усовершенствования методов манипулирования вышестоящим субъектом игроком с более низким иерархическим рангом в модели применяются принципы иерархического управления, подробно изложенные в [7]. Кроме того, для учёта уровня благосклонности Ведущего по отношению к Ведомому (низкий уровень благосклонности может выражаться, например, в изначально завышенной налоговой ставке), были использованы параметры, названные величинами жёсткости коррупции. Вместе с этим, Ведущий единолично назначается ответственным за соблюдение в системе условия устойчивого развития во избежание чрезмерной добычи Ведомым ресурса, выражаемое в штрафовании первого при добыче ресурса Ведомым сверх квоты (с учётом взяток). Следует также отметить, что в модели присутствует «жёсткое» требование следования Ведущим условию устойчивого развития, подразумевающее штрафование последнего в случае однократного нарушения условия, что не противоречит статической природе модели, но позволяет достаточно

просто обобщить данное условие и на случай динамической модели.

Взаимодействие игроков осуществляется следующим образом: Ведущий, зная значения всех экзогенных параметров, рассчитывает выгодность своих действий относительно возможного выбора собственных стратегий и потенциальной реакции Ведомого. Далее Ведущий, реализуя механизм побуждения, определяет функции поощрения – наказания для налогообложения $p \in P^{U(q)}$, делая изначально наиболее доходные для Ведущего стратегии-реакции Ведомого выгодными и для самого Ведомого, но не ограничивая при этом области стратегий последнего. На следующем этапе Ведущий с учётом этих функций реализует механизм принуждения, определяя наиболее выгодный для него диапазон квот Q_v , сужая тем самым область стратегий Ведомого до выгодных Ведущему значений. Основываясь на этом, Ведущий определяет оптимальные для себя стратегии и делает ход. Ведомый реагирует на него выбором взятки (тем самым «докупая» себе необходимые ресурсы при необходимости) и долю изъятия с учётом оптимальности хода относительно своей целевой функции и ограничений, накладываемых механизмом принуждения.

Математическая модель выглядит следующим образом:

Задача Ведущего:

$$(1) \quad J_v = (c_1 * p_b * u^{k_1} - M * r(U_v, u)) \rightarrow \max_{q \in Q_v} \max_{p \in P^{U(q)}} \min_{u \in R(p, q)} ;$$

Задача Ведомого:

$$(2) \quad J_u = (c_2 * (1 - p_b) * u^{k_2} * (1 - b_p - b_a)) \rightarrow \max_{u, b_p, b_a} ;$$

Ограничения:

$$(3) \quad q_b = q ;$$

$$(4) \quad u \in [0, 1 - q_b] ;$$

$$(5) \quad U_v = [0, a + I * b_a - d_a] ;$$

$$(6) \quad p, p_b, q \in [0, 1] ;$$

$$(7) \quad p_b = p - g * b_p + d_p ;$$

$$(8) \quad d_p \in [0, g] ;$$

$$(9) \quad d_a \in [0, I] ;$$

$$(10) \quad a \in [0, 1] ;$$

$$(11) \quad k_1, k_2, I, g > 0 ;$$

$$(12) \quad b_a, b_p \geq 0 ;$$

$$(13) \quad M \rightarrow +\infty ;$$

Параметры модели имеют следующий смысл: U – область устойчивого развития, т.е. множество долей изъятия, добыча ресурса в рамках которых не приведёт к необратимому истощению его запасов; a – размер области устойчивого развития; u – доля изъятия ресурса Ведомым (является управлением Ведомого); p – налоговая ставка на изъятие ресурсов (является управлением Ведущего); p_β – налоговая ставка с учётом взятки; q – доля ресурса, которую необходимо не изымать из системы для обеспечения воспроизводства ресурса. Непосредственно квота определяется как $1 - q$ (является управлением Ведущего); q_β – доля ресурса с учётом взятки; M – бесконечно большая штрафная константа, являющаяся величиной штрафа Ведущего в случае нарушения условий устойчивого развития; $\rho(\cdot)$ – функция расстояния для множеств, являющаяся индикатором нарушения условия устойчивого развития (условие считается нарушенным, если $u \notin U_v$); γ – эффективность р-коррупции, т.е. величина, на которую Ведущий снизит налоговую ставку при условии, что Ведомый отдаст ему весь возможный доход; λ – эффективность а-коррупции, – величина, на которую Ведущий расширит законодательно установленные рамки области устойчивого развития при условии, что Ведомый отдаст ему весь возможный доход; d_p – жёсткость р-коррупции как величина благосклонности Ведущего по отношению к Ведомому применительно к снижению налоговой ставки; d_a – жёсткость а-коррупции как величина благосклонности Ведущего по отношению к Ведомому применительно к расширению области

устойчивого развития; β_p – доля от возможных доходов Ведомого направленная на незаконное изменение налоговой ставки (является управлением Ведомого); β_a – доля от возможных доходов Ведомого направленная на незаконное расширение области устойчивого развития (является управлением Ведомого); c_1 – доходность сделки для Ведущего на единицу добытого Ведомым ресурса; c_2 – доходность сделки для Ведомого на единицу добытого ресурса с учётом издержек на его добычу и переработку; k_1 и k_2 – технологические коэффициенты использования ресурса для Ведущего и Ведомого соответственно.

В модели одновременно присутствуют два подвида коррупционного взаимодействия:

- 1) *p-коррупция* – изменение налоговой ставки на добычу ресурса вследствие взятки;
- 2) *a-коррупция* – расширение области устойчивого развития вследствие взятки.

Следует пояснить, что расширение области устойчивого развития происходит на уровне «теневого» изменения законодательных рамок, но не на уровне свойств воспроизводства ресурса. Таким образом, данный вид коррупции позволяет разрешить добычу ресурса сверх норм, определяемых его физическими свойствами, что делает соответствующий вид коррупции особенно опасным.

Также предполагается, что факт расширения области устойчивого развития остаётся незамеченным для внешних (относительно модели) органов контроля над действиями чиновника. Таким образом, изъятие ресурса из искусственно расширенной области считается нарушением условия устойчивого развития, но не может быть обнаружено с помощью явных признаков, поскольку изъятие чрезмерного количества ресурса может сказаться на самой системе только через некоторое время после самого изъятия.

Чёткая классификация видов коррупции для дискретных показателей жёсткости и случая, когда Ведомый может распо-

ряжаться ровно одним видом взяток, была проведена в [9]. Однако аналогичная классификация не может быть использована в том случае, когда в распоряжении у субъекта нижнего уровня имеется возможность предоставления нескольких видов взяток, поскольку соответствующие коэффициенты жёсткости для каждого из подвидов коррупционного взаимодействия могут существенно различаться по величине. По этой причине в модели (1)-(13) подход к оценке жёсткости был усовершенствован, результатом чего явилось обнаружение параметра

$$(14) I_{ap} = 1 - \frac{d_p}{g} - \frac{d_a}{l} \in [-1, 1],$$

который был назван индикатором суммарной относительной жёсткости (ИСОЖ).

С помощью ИСОЖ в модели (1)-(13) можно выделить следующие подвиды коррупции:

- «Мягкая» при $I_{ap} = 1$;
- «Полумягкая» при $I_{ap} \in (0, 1)$;
- «Умеренная» при $I_{ap} = 0$;
- «Полужёсткая» при $I_{ap} \in (-1, 0)$;
- «Жёсткая» при $I_{ap} = -1$.

Как показал анализ модели, жёсткость коррупции оказывает существенное влияние как на размеры, так и на существование областей реакции Ведомого.

3. Области реакции Ведомого: количество, структура, оптимальные стратегии

На первом этапе исследования модели аналитически была решена задача нелинейной оптимизации (1), (3)-(13) для поиска и идентификации областей реакции Ведомого, а также с целью поиска оптимальных значений параметров управления Ведомого над каждой из найденных областей. Параметры управления Ведущего в задаче (1), (3)-(13) считались свободными, поскольку, согласно устройству модели, Ведомый не может иметь на

них прямого воздействия. Остальные параметры (кроме управлений Ведущего) считались известными.

В результате проведённого исследования модели были найдены точки, являющиеся границами областей, пересечения которых с областью управлений Ведущего позволяет указать существенно отличающихся друг от друга по типам реакции Ведомого и доходов обоих игроков.

На втором этапе анализа модели были получены выражения оптимальных взяток с точки зрения выгоды, получаемой Ведомым, а также доказана часть условий существования соответствующих видов областей реакции. В частности, было доказано, что одновременно из пяти видов областей могут существовать представители не более чем четырёх.

Виды областей реакции Ведомого описываются следующими неравенствами:

$$(15) \mathbf{I} = \{p \in [0, 1] : RCF(p) < 0\};$$

$$(16) \mathbf{II} = \left\{ p \in [0, 1] : \left\{ \begin{array}{l} 0 \leq RCF(p) \leq \frac{k_2 + 2}{g}, \\ RCF(p) > \frac{(k_2 + 2) * a}{l k_2}, \\ g * a < l k_2; \end{array} \right. \right\};$$

$$(17) \mathbf{III} = \left\{ p \in [0, 1] : \left\{ \begin{array}{l} 0 \leq RCF(p) \leq \frac{(k_2 + 2) * a}{l k_2}, \\ RCF(p) > \frac{k_2 + 2}{g}, \\ g * a > l k_2; \end{array} \right. \right\};$$

$$(18) \mathbf{IV} = \left\{ p \in [0, 1] : \left\{ \begin{array}{l} RCF(p) \geq 0, \\ RCF(p) \leq \frac{(k_2 + 2) * a}{I k_2}, \\ RCF(p) \leq \frac{k_2 + 2}{g}; \end{array} \right. \right\};$$

$$(19) \mathbf{V} = \left\{ p \in [0, 1] : \left\{ \begin{array}{l} RCF(p) > \frac{k_2 + 2}{g}, \\ RCF(p) > \frac{(k_2 + 2) * a}{I k_2}; \end{array} \right. \right\};$$

где

$$(20) RCF(p) = I_{ap} + \frac{1-p}{g} + \frac{1-a}{I}.$$

Функция (20) была названа «функцией характеристик реакций», или $RCF(p)$. Как видно из (15)-(19), значения $RCF(p)$ одновременно со знаком выражения $g*a - I k_2$ однозначно определяют существование и размеры представителя областей реакции Ведомого соответствующего вида.

Из анализа структуры представителей видов областей реакции можно заключить, что они образуются в результате рассечения отрезка $[0, 1]$ точками $RCF(p) = \left\{ 0, \frac{k_2 + 2}{g}, \frac{(k_2 + 2) * a}{I k_2} \right\}$.

Пример такого рассечения при $a = 0,8$ представлен на рис. 1.

Кроме того, поскольку условия существования областей видов **II** (16) и **III** (17) являются противоречивыми, то одновременная непустота соответствующих областей таких видов является невозможной, а при выполнении равенства

Множество управлений налогами



Рис. 1. Пример расположения областей реакции с указанием их видов

$$(21) \quad g^*a = I k_2$$

обе области реакции будут являться пустыми.

Для каждого вида областей были определены оптимальные стратегии-реакции Ведомого. Величины «оптимальных» стратегий-взятков (над соответствующими видами областей) выглядят следующим образом:

$$(22) \quad \begin{pmatrix} b_a^* \\ b_p^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{d_a - a}{l}, \\ \frac{d_p + p - 1}{g}; \end{pmatrix} \text{ при } p \in \mathbf{I};$$

$$(23) \quad \begin{pmatrix} b_a^* \\ b_p^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1 - a + d_a}{l}, \\ \left(\frac{1 + \frac{B}{l} - \frac{(k_2 + 1) * A}{g}}{k_2 + 2} \right); \end{pmatrix} \text{ при } p \in \mathbf{II};$$

$$(24) \begin{pmatrix} b_a^* \\ b_p^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{k_2 - 2 * \frac{B}{l} + k_2 * \frac{A}{g}}{k_2 + 2} \right), \\ \frac{p + d_p}{g}; \end{pmatrix} \text{ при } p \in \text{III};$$

$$(25) \begin{pmatrix} b_a^* \\ b_p^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{k_2 - \frac{2B}{l} + \frac{k_2 A}{g}}{k_2 + 2} \right), \\ \left(\frac{1 + \frac{B}{l} - \frac{(k_2 + 1) * A}{g}}{k_2 + 2} \right); \end{pmatrix} \text{ при } p \in \text{IV};$$

$$(26) \begin{pmatrix} b_a^* \\ b_p^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1 - a + d_a}{l}, \\ \frac{p + d_p}{g}; \end{pmatrix} \text{ при } p \in \text{V};$$

где $A = 1 - p - d_p$; $B = a - d_a$.

4. Оптимальные доходы субъектов игры

На третьем этапе анализа модели были вычислены оптимальные доходы обоих игроков для каждого из возможных видов областей реакции.

1. Для области вида **I** они соответственно равны:

$$(27) J_v^* = 0;$$

$$(28) J_u^* = 0.$$

При управлении Ведущего, попадающем в область вида **I**, оба субъекта получают нулевой доход. В данном случае оказывает влияние низкая величина благосклонности Ведущего. Ведомому требуется давать взятку лишь для того, чтобы повысить благосклонность Ведущего до минимально приемлемого

уровня и получить право добывать ресурс (будем считать, что Ведущий отнимает у Ведомого такое право, пытаясь предложить изначально отрицательную квоту или налоговую ставку, большую 100%). Одновременно с этим, если последний по каким-либо причинам примет решение добывать ресурс (отойдя от оптимальной стратегии), ему придётся выплачивать налог на изъятие величиной 100%, что автоматически приведёт к получению им нулевого дохода. Таким образом, выбор Ведущим стратегии из области данного вида не позволит ни одному из игроков получить положительный доход.

2. Для области вида **II**:

$$(29) J_v^* = c_1 * \left[1 - \frac{g}{Ik_2} \right];$$

$$(30) J_u^* = c_2 * \frac{g}{Ik_2} * \frac{1}{Ik_2}.$$

Выбор Ведущим стратегии из области данного вида приводит к тому, что Ведомому становится выгодно максимизировать свой доход в большей степени за счёт приобретения дополнительной подобласти области устойчивого развития вследствие большей благосклонности Ведущего по этому направлению, чем при помощи снижения налоговой ставки.

3. Для области вида **III**:

$$(31) J_v^* = 0;$$

$$(32) J_u^* = c_2 * (a - d_a)^{k_2} * \left(1 - \frac{p + d_p}{g} \right).$$

При выборе Ведущим стратегии из области вида **III** Ведомый приобретает нулевую налоговую ставку, не имея при этом намерений давать Ведущему взятку за расширение области устойчивого развития, что не позволяет Ведущему получить положительный доход.

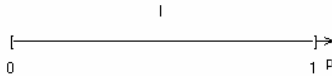
4. Для области вида **IV**:

$$(33) J_v^* = c_1 * \left(\frac{I k_1 k_2}{(k_1 + 1)g} \right)^{k_1} * \left(\frac{1}{k_1 + 1} \right);$$

$$(34) J_u^* = c_2 * (I k_2)^{k_2} * g * \left(\frac{k_1}{(k_1 + 1)g} \right)^{k_2 + 2}.$$

При анализе модели было доказано, что выбор стратегии из области данного вида управлений даёт Ведущему глобальный максимум целевой функции при выполнении ограничений (3)-(13), однако фиксация набора свободных параметров может обеспечить пустоту представителя области вида **IV**. Например, при следующем наборе параметров: $\gamma = 27,8$, $d_p = 0,3\gamma$, $\lambda = 3,72$, $d_a = 0,9\lambda$, $a = 0,6$ единственной доступной областью реакции является область вида **I** (рис. 2).

Множество управлений налогами



Оптимальное управление

Рис. 2. Пример отсутствия представителей областей реакции, приносящих положительный доход кому-либо из игроков

На рис. 3 приведён пример распределения доходов игроков для соответствующих областей (виды областей указаны на рис. 1) для $a = 0,8$; $c_1 = 1$; $c_2 = 1$; $k_1 = 1$; $k_2 = 1$; $\lambda = 11,4$; $\gamma = 1,14$; $d_a = 11,4$; $d_p = 0,568$.

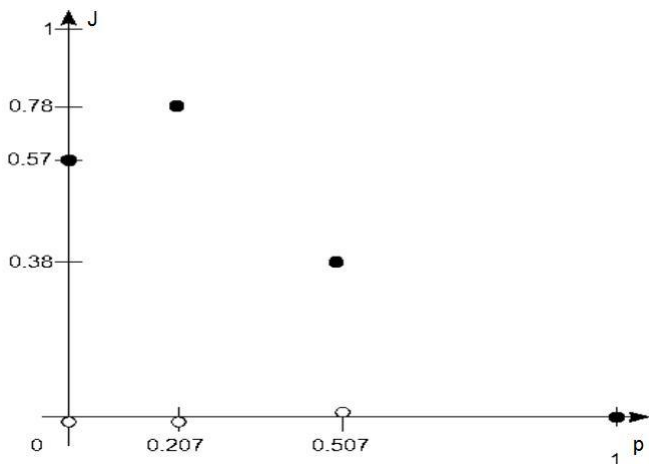


Рис. 3. Максимально возможные доходы игроков над соответствующими областями (сплошными точками указаны доходы Ведущего)

5. Для области вида **V**:

$$(35) J_v^* = 0;$$

$$(36) J_u^* = c_2 * \left(I_{ap} - \frac{1-a}{I} - \frac{p}{g} \right).$$

Данный вид области управлений характеризуется альтруистическим поведением Ведущего вследствие высокого уровня его благосклонности к Вedomому и высокой эффективности коррупции. В таком случае, если первый выбирает управление из множества вида **V**, Вedomый покупает нулевую налоговую ставку, а также квоту на весь ресурс, имеющийся в системе. Данный вариант управления является наиболее благоприятным для Вedomого вследствие чрезвычайной благосклонности Ведущего, однако последний будет придерживаться такого рода стратегии только в том случае, если подобласти видов **II** и **IV** в его области управлений будут пустыми.

Таким образом, предпочтительность выбора управлений Ведущим согласно классам реакции Ведомого выглядит следующим образом: 1) область вида **IV**; 2) область вида **II**; 3) любая из областей видов **I, III, V**.

Следует также заметить, что над областями видов **III** и **V** Ведомый получает ненулевой доход, в результате чего, при выдвижении дополнительного предположения о благосклонности Ведущего относительно Ведомого в нейтральных ситуациях, первый может дополнительно максимизировать доход субъекта нижнего уровня.

5. Ограничение применимости метода побуждения

Помимо анализа видов областей реакции была проведена оценка применимости используемых принципов иерархического управления. В рассмотренной модели был обнаружен класс существенных структурных ограничений на метод побуждения, которые являются следствием взаимозависимости стратегий-взяток и параметров – критериев модели.

Данный факт можно описать следующим образом.

В модели механизмы побуждения (в их классическом представлении выбора функций поощрения – наказания) являются неприменимыми, поскольку при использовании Ведомым оптимальных стратегий реакции (22)-(26) при построении реакции Ведомого оптимальное значение доли изъятия будет зависеть от налоговой ставки: $u^* = u^*(\beta_a^*) = u^*(\beta_a^*(p)) = u^*(p)$, в результате чего образуется «порочный круг»: Ведущий не может установить систему поощрений и наказаний $p = p(u)$ применительно к налогообложению, поскольку не может чётко определить множество оптимальных (для Ведомого) долей изъятия, которое, в свою очередь, зависит от налоговой ставки, но её же должен назначить сам Ведущий. В связи с найденными ограничениями, метод побуждения в модели был заменён методом принуждения при дальнейшем её исследовании.

Выявленный класс ограничений можно считать неустранимым для современного представления метода побуждения [10]. Одним из потенциальных решений возникшей проблемы может служить использование Ведущим манипуляций относительно выбора стратегии налогообложения либо использование игр Гермейера класса Γ_3 .

6. Основные результаты

В качестве основных результатов анализа модели можно выделить получение параметра ИСОЖ для оценки сводной жёсткости множественных коррупционных взаимодействий. Кроме того, важным результатом является получение функции-критерия RCF (20), позволяющей (в некоторых случаях – при дополнительном условии (21)) однозначно рассчитать размеры и непустоту областей реакции Ведомого соответствующих видов при фиксированных значениях свободных параметров, что удобно при построении программных продуктов, основанных на модели и проведении численных экспериментов. Анализ потенциальных доходов игроков позволяет оценить предпочтительность выбора управлений из областей соответствующих видов. Наиболее важным результатом, по мнению автора, является обнаружение, представление и описание структурного ограничения метода побуждения и предложение возможных путей обхода вышеупомянутого ограничения.

Литература

1. ВЫБОРНОВ Р. А. *Модели и методы управления организационными системами с коррупционным поведением участников*: М.: ИПУ РАН, 2006. – 110 с.
2. ГЕРМЕЙЕР Ю. Б. *Игры с противоположными интересами*. – М.: Наука, 1976.
3. ЛЕВИН М. И. *Равновесные решения аукционной игры, связанной с моделью приватизации неделимых благ в условиях коррупции* // ДАН. – 1999. –Т. 364, №2. – С. 178-180.

4. ПОЛТЕРОВИЧ В. М. *Институциональная динамика и теория реформ.: Эволюционная экономика и "Мэйнстрим"*. – М.: Наука, 2000. – С. 31-54.
5. ПОЛТЕРОВИЧ В. М. *Факторы коррупции // Экономика и математические методы*. – 1998. – Т. 34, Вып. 3. – С. 30-39.
6. РЫБАСОВ Е. А., УГОЛЬНИЦКИЙ Г. А. *Математическое моделирование иерархического управления эколого-экономическими системами с учётом коррупции // Компьютерное моделирование. Экология*. – 2004. – Вып. 2. – С. 46-65.
7. УГОЛЬНИЦКИЙ Г. А. *Теоретико-игровые принципы оптимальности иерархического управления устойчивым развитием // Изв. РАН. Теория и системы управления*. – 2005. – № 4. – С. 72-78.
8. BECKER J. S. *Crime and punishment: an economic approach // Journal of Political Economy*. – 1968. – № 76. – P. 169-217.
9. ROSE-ACKERMAN S. *The Economics of Corruption // Journal of Political Economy* 4. – 1975. – P. 187-203.
10. VASIN A. A, AGAPOVA O. *Game Theoretic Model of The Tax Inspection Organization // International Year-Book of Game Theory and Applications*. – 1993. – Vol. 1. – P. 83-94.

MATHEMATICAL MODEL OF PLURAL CORRUPTION IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT HIERARCHICAL CONTROL SYSTEM

Konstantin Denin, Southern Federal University, Rostov-on-Don, post graduate student (kid_rostov@mail.ru).

Abstract: Two-level hierarchical game model of quotes allocation with plural venal activity is analyzed using hierarchical control methods to suit the conditions of sustainable development. The Follower's response sets and optimal players' payoffs are consid-

ered. Corruption classification according to its rigidity is proposed. Limitation of incentive method applicability is illustrated.

Keywords: hierarchical control, sustainable development, corruption, response set.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии В.Н. Бурковым*