

Модель и алгоритм управления промышленными рисками на региональном уровне

М.И. Гераськин¹, Е.П. Ростова¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. Исследованы вопросы управления рисками регионального промышленного комплекса путем распределения риска между промышленными предприятиями, страховым сектором и эколого-охраным сектором. Сформулированы задачи определения параметров взаимодействия многоагентной системы. Представлен алгоритм выбора одного или нескольких организаций по утилизации загрязнений и страховщиков для взаимодействия с промышленным предприятием.

1. Введение

Региональная экономика включает в себя промышленные предприятия, число которых в некоторых областях составляет десятки тысяч. Каждое предприятие является источником риска для окружающей среды, физических и юридических лиц, работников предприятия. Эффективное управление рисками промышленных предприятий основано на правильной оценке риска и обоснованном выборе методов управления рисками, среди которых можно выделить страхование, утилизацию загрязнений и самострахование.

Вопросы управления рисками рассматриваются в работах зарубежных [1] - [6] и отечественных авторов [7] - [10]. Следует отметить, что риск производственных предприятий анализируется с помощью различного математического аппарата – теории игр [11], [12], механизма штрафов [13], имитационного моделирования [14], [15] и на различном уровне – от регионального [16] – [18] до уровня предприятия [1], [3], [4] – [6].

Управлять рисками промышленного комплекса можно путем передачи их страховщикам, составляющим страховой сектор региона, а также путем утилизации загрязнений в организациях, составляющих эколого-охраный сектор региона. Каждое предприятие региона может взаимодействовать со многими организациями по утилизации загрязнений и со многими страховщиками, при этом участники эколого-охранного сектора и страхового сектора региона также взаимодействуют со многими промышленными предприятиями.

Поскольку количество промышленных предприятий, страховых компаний и организаций по утилизации загрязнений достаточно велико, можно говорить о решении задач определения параметров взаимодействия на основе больших массивов данных.

2. Методы

Рассмотрим ограничения на математическую модель, которая описывает управление рисками регионального промышленного комплекса. Введем некоторые предположения, определяющие основные характеристики применимости рассматриваемой проблемы.

Гипотеза 1. Предприятия промышленного комплекса реализуют продукцию в условиях совершенной конкуренции, т.е. цена p_i продукции i -го предприятия не зависит от объема производства Q_i

$$\frac{dp_i}{dQ_i} = 0, \forall i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где n – количество предприятий регионального промышленного комплекса.

Предприятия эколого-охранного комплекса и страховые компании региона действуют в условиях монополистической конкуренции с убывающей обратной кривой спроса:

$$\frac{dp_{Y_j}}{dY_j} < 0, j = \overline{1, m}, \frac{\partial T_k}{\partial X_k} < 0, \frac{\partial T_k}{\partial Y_k} < 0, k = \overline{1, l}. \quad (2)$$

Здесь p_{Y_j} – цена утилизации одной условной тонны загрязнения в j -ой организации, занимающейся утилизацией загрязнений (ОУЗ), Y_j – внешний ущерб, принятый на утилизацию j -ой ОУЗ, m – количество ОУЗ, T_k – страховой тариф k -ой страховой компании, l – количество страховых компаний региона, X и Y – внутренний и внешний ущерб, соответственно.

Гипотеза 2. При расширении масштаба производства наблюдается эффект убывающей отдачи:

$$C''_{Q_i Q_i} < 0, \forall i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Здесь C_i – издержки i -го промышленного предприятия.

Гипотеза 3. С увеличением объема производства Q_i растут производственные фонды i -го предприятия, что приводит к росту внутреннего ущерба X_i ; с увеличением добровольных рискованных издержек (ДРИ) f_i снижается внутренний ущерб X_i ; функция внутреннего ущерба ограничена сверху вследствие особенностей технологии и ограниченности объема производства

$$\frac{\partial X_i}{\partial Q_i} > 0, \frac{\partial X_i}{\partial f_i} < 0, X_i \in (0, X_i^{\max}], X_i^{\max} > 0. \quad (4)$$

Здесь X_i^{\max} – максимально возможный размер внутреннего ущерба.

Гипотеза 4. Увеличение внутреннего ущерба X_i приводит к увеличению внешнего ущерба Y_i :

$$\frac{\partial Y_i}{\partial X_i} > 0, i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Гипотеза 5. Рассматривается добровольное комбинированное страхование, износ не учитывается; возмещение прямо пропорционально застрахованному ущербу и не превосходит его:

$$\frac{\partial W_k}{\partial X_k} > 0, \frac{\partial W_k}{\partial Y_k} > 0, W_k \leq X_k + Y_k, k = \overline{1, l}. \quad (6)$$

Гипотеза 7. Себестоимость утилизации одной условной тонны загрязнения c_Y величина постоянная:

$$c_Y = const. \quad (7)$$

Гипотеза 8. Ущерб предприятий регионального промышленного комплекса состоит из трех компонентов:

$$\sum_{k=1}^l \delta_{ik}^S + \sum_{j=1}^m \delta_{ij}^U + \delta_i^{ocm} = 1, \sum_{k=1}^l \gamma_{ik}^S + \sum_{j=1}^m \gamma_{ij}^U + \gamma_i^{ocm} = 1, i = \overline{1, n} \quad (8)$$

где δ_{ik}^S – доля ущерба, застрахованного в k -ой страховой компании, δ_{ij}^U – доля ущерба, переданного на утилизацию в j -ую ОУЗ, δ_i^{ocm} – доля ущерба, оставленного на собственном удержании i -ым предприятием.

Запишем функциональные зависимости, отражающие приведенные гипотезы.

Функция затрат на производство основной продукции i -го предприятия

$$C_{Q_i}(Q) = B_i Q^{\beta_i}, \quad \beta_i \in (1, \beta_i^{\max}], \beta_i^{\max} \in (1, 2], B_i > 0. \quad (9)$$

Подобная функциональная зависимость соответствует гипотезам 1 и 2 и встречается в [19, 20].

Функция внутреннего ущерба

$$X(Q_i, f_i) = \chi(Q_i) e^{-\xi f_i}, \quad \xi \in (0, \xi^{\max}], \xi^{\max} \in (0, 1], \chi'(Q_i) \geq 0. \quad (10)$$

Функция $\chi(Q_i)$ отражает взаимосвязь ущерба и объема производства. Множитель $e^{-\xi f_i}$ отвечает требованиям гипотезы 3, параметр ξ характеризует эффективность произведенных мероприятий по снижению внутреннего ущерба. Подобная функциональная зависимость объясняется функцией зависимости уровня безопасности от затрат на безопасность.

Внешний ущерб в силу гипотезы 4

$$Y(X) = \mu X, \quad \mu \geq 0. \quad (11)$$

Коэффициент μ отражает соотношение внешнего и внутреннего ущербов с учетом специфики промышленного комплекса региона, особенностей географического положения и т.д.

Страховое возмещение на основании гипотезы 5

$$W(X, Y) = \alpha(X + Y), \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (12)$$

Функция штрафа будет иметь вид:

$$H_i = a Y_i = a \mu X_i, \quad a > 0, i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Запишем целевую функцию прибыли промышленного комплекса Π_I , состоящего из n предприятий:

$$\Pi_I = \sum_{i=1}^n (Q_i p_i + W_i) - \sum_{i=1}^n (C_{Q_i} + f_i + X_i^{ocm} + V_i + H_i + F_i). \quad (14)$$

Задача определения вектора оптимального объема производства $Q^* = (Q_1^*, Q_2^*, \dots, Q_n^*)$ и вектора оптимального размера ДРИ $f^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, f_n^*)$ по критерию максимизации прибыли будет иметь вид:

$$\{f^*, Q^*\} = \arg \max_{f_i \in A_f, Q_i \in A_Q} \Pi_I. \quad (15)$$

$$A_Q = \{Q_i \in R^+ : Q_i \leq Q_i^{\max}, Q_i^{\max} > 0\}, \quad (16)$$

$$A_f = \{f_i(\bullet) \in R^+ : f_i(\bullet) \leq f_i^{\max}, f_i^{\max} \in (0, R_i)\}, \quad (17)$$

при следующей системе ограничений

$$\left\{ \begin{array}{l} X_i = \chi(Q_i) e^{-\xi f_i}, \\ Y_i = \mu X_i, \\ C_{Q_i} = B_i Q_i^{\beta_i}, \\ F_i = Y_i \sum_{j=1}^m p_{Yj} \delta_{ij}^U + X_i \sum_{j=1}^m p_{Yj} \gamma_{ij}^U, \\ H_i = a Y_i^{ocm}, \\ W_i = X_i \sum_{k=1}^l \alpha_k \gamma_{ik}^S + Y_i \sum_{k=1}^l \alpha_k \delta_{ik}^S, \\ V_i = X_i \sum_{k=1}^l T_k \gamma_{ik}^S + Y_i \sum_{k=1}^l T_k \delta_{ik}^S. \end{array} \right. \quad (18)$$

где R_i – предельный уровень ДРИ.

Решением задачи (14) - (18) будет вектор f^* , координатами которого являются функции ДРИ

$$f_i^* = \frac{1}{\xi} \ln |\xi \chi(Q_i) K_i|, \quad (19)$$

где

$$K_i = -\sum_{k=1}^l \alpha_k \gamma_{ik}^S - \mu \sum_{k=1}^l \alpha_k \delta_{ik}^S + \gamma_i^{ocm} + \sum_{k=1}^l T_k \gamma_{ik}^S + \mu \sum_{k=1}^l T_k \delta_{ik}^S + a \mu \delta_i^{ocm} + \mu \sum_{j=1}^m \rho_{Yj} \delta_{ij}^U + \sum_{j=1}^m \rho_{Yj} \gamma_{ij}^U.$$

Координаты вектора Q^* находятся из решения уравнения

$$p_i - B_i \beta_i Q_i^{*\beta_i - 1} - \frac{\chi'(Q_i^*)}{\xi \chi(Q_i^*)} = 0 \quad i = \overline{1, n} \quad (20)$$

Значение целевой функции Π_I при значениях f^* , Q^* , найденных по формулам (19) и (20), составит

$$\Pi_I^* = \sum_{i=1}^n (Q_i^* p_i - B_i Q_i^{*\beta_i} - f_i^* - \frac{1}{\xi}). \quad (21)$$

Запишем далее целевую функцию прибыли эколого-охранного сектора Π_{II} , состоящего из m ОУЗ

$$\Pi_{II} = \sum_{j=1}^m [(p_{Y_j} - c_{Y_j}) \sum_{i=1}^n (Y_{ij}^U + X_{ij}^U) - A_j]. \quad (22)$$

Тогда задача определения вектора оптимальных цен утилизации одной условной тонны загрязнения $p_Y^* = (p_{Y1}^*, p_{Y2}^*, \dots, p_{Ym}^*)$ по критерию максимизации прибыли эколого-охранного сектора региона будет иметь вид:

$$p_Y^* = \arg \max_{p_Y \in R^+} \Pi_{II} \quad (23)$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} p_{Y_j} = \bar{p}_Y - \frac{\bar{p}_Y}{\bar{Y}_j} \left(\sum_{i=1}^n Y_i \delta_{ij}^U + \sum_{i=1}^n X_i \gamma_{ij}^U \right), \\ \sum_{i=1}^n Y_i \delta_{ij}^U + \sum_{i=1}^n X_i \gamma_{ij}^U \leq \bar{Y}_j. \end{cases} \quad (24)$$

Решением задачи (22) - (24) будет вектор p_Y^* , состоящий из p_{Yj}^* , $j = \overline{1, m}$, где

$$p_{Yj}^* = \frac{c_{Yj} + \bar{p}_Y}{2}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (25)$$

Значение целевой функции Π_{II} при p_Y^* составит

$$\Pi_{II}^* = \frac{1}{4\bar{p}_Y} \sum_{j=1}^m (\bar{Y}_j (\bar{p}_Y - c_{Yj})^2 - A_j). \quad (26)$$

Запишем далее функцию прибыли страхового сектора региона Π_{III} , состоящего из l страховщиков:

$$\Pi_{III} = \sum_{k=1}^l (V_k - W_k). \quad (27)$$

Задача определения вектора тарифных ставок $T^* = (T_1^*, T_2^*, \dots, T_l^*)$ по критерию максимизации прибыли страхового сектора региона будет иметь вид:

$$\bar{T}^* = \arg \max_{Tst_k \in (0, 1)} \Pi_{III} \quad (28)$$

при условиях

$$\begin{cases} V_k = T_k \left(\sum_{i=1}^n X_i \gamma_{ik}^S + \sum_{i=1}^n Y_i \delta_{ik}^S \right), \\ T_k = \bar{T} - \left(\sum_{i=1}^n X_i \gamma_{ik}^S + \sum_{i=1}^n Y_i \delta_{ik}^S \right) \frac{\bar{T}}{\bar{X}_k}, \\ W_k = \alpha_k \left(\sum_{i=1}^n X_i \gamma_{ik}^S + \sum_{i=1}^n Y_i \delta_{ik}^S \right). \end{cases} \quad (29)$$

Задача (27) - (29) имеет решение: $T^*=(T_1^*, T_2^*, \dots, T_l^*)$, где

$$T_k^* = \frac{\bar{T} + \alpha_k}{2}, k = \overline{1, l} \quad (30)$$

При полученных значениях T_k^* , $k = \overline{1, l}$ прибыль страхового сектора региона будет равна

$$\Pi_{III}^* = \Pi_{III}(\bar{T}^*) = \frac{1}{4\bar{T}} \sum_{k=1}^n \bar{X}_k (\bar{T} - \alpha_k)^2. \quad (31)$$

Определенные выше параметры оптимального функционирования агентов региональной системы управления промышленными рисками, позволяют максимизировать прибыль каждого отдельного сектора. Однако, процесс управления рисками состоит во взаимодействии всех участников системы. Задача определение параметров взаимодействия имеет вид задачи нахождения множества равновесия по Парето. Для определения вектора компромиссных цен утилизации одной условной тонны загрязнения задачу запишем в виде:

$$p_Y^{com} = \arg \max_{p_Y \in G} \{ \Pi_I, \Pi_{II} \}, \quad (32)$$

$$G = \{ p_Y \mid \Pi_I(p_Y) > 0 \wedge \Pi_{II}(p_Y) > 0 \}. \quad (33)$$

Задачу определения вектора компромиссных страховых тарифов можно представить в следующем виде:

$$\bar{T}^{opt} = \arg \max_{\bar{T} \in \Omega} \{ \Pi_I, \Pi_{III} \}, \quad (34)$$

$$\Omega = \{ \bar{T} \mid T_k \in (0, 1) \wedge \Pi_I(\bar{T}) > 0 \wedge \Pi_{III}(\bar{T}) > 0 \}. \quad (35)$$

Сформулированные задачи и их решения позволяют определить параметры взаимодействия участников системы управления рисками на региональном уровне для множества предприятий промышленного комплекса, страховщиков, входящих в страховой сектор региона, и ОУЗ, являющихся участниками регионального эколого-охранного сектора.

3. Результаты и обсуждение

Рассмотрим в качестве примера промышленный комплекс Самарской области. Это регион площадью 53,6 тыс. км² с населением более 3 миллионов человек. Объем промышленного производства ежегодно составляет более 1 200 000 млн. руб., что отражается на объеме вредных выбросов (таблица 1).

Таблица 1. Статистические данные природоохранной деятельности Самарской области [21].

Наименование показателя	2014	2015	2016	2017
Всего вредных выбросов	768,6	661,6	554,9	554,1
в том числе выбрасываются без очистки (тыс. тонн)	257,0	253,5	246,6	244,7
Поступило на очистные сооружения, всего (тыс. тонн)	511,6	408,1	308,3	309,4
из них уловлено и обезврежено (тыс. тонн)	502,2	400,5	301,6	302,9
Всего выброшено в атмосферу загрязняющих веществ (тыс. тонн)	266,4	261,1	253,3	251,3
Количество источников выбросов загрязняющих веществ (единиц)	52048	42731	39566	40525

Охрана окружающей среды в регионе представлена организацией сбора и утилизации отходов, деятельностью по ликвидации загрязнений. Затраты на охрану окружающей среды представлены в таблице 2.

Предприятия в Самарской области, количество которых превышает 100 000 (таблица 3), представлены обрабатывающим производством, добычей полезных ископаемых, обеспечением электроэнергией, паром и газом, строительством и прочими видами деятельности.

Для каждого предприятия можно определить параметры взаимодействия со страховщиками и ОУЗ с помощью (32) – (35). Однако, следует отметить, что возможны различные варианты

передачи загрязнений на утилизацию – одной ОУЗ или нескольким. Аналогичная ситуация со страхованием риска – можно выбрать страхование у одного страховщика, а можно выбрать сострахование. Выбор одной или нескольких ОУЗ основан на критерии достаточности производственных мощностей ОУЗ \bar{Y}_j для утилизации необходимого объема загрязнений $X_{ij}^U + Y_{ij}^U$, а выбор конкретной ОУЗ основан на минимальной стоимости утилизации F_i . Наилучший страховщик также выбирается по критерию минимальной страховой премии V_i среди тех страховых компаний, которые могут принять на страхование необходимый ущерб $X_{ik}^S + Y_{ik}^S$, исходя из своих резервов \bar{X}_k .

Таблица 2. Расходы на охрану окружающей среды Самарской области [21].

Наименование показателя	2014	2015	2016	2017
Всего (млн. руб.)	8796,2	9561,5	10283,4	10120,3
в том числе на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата (млн. руб.)	1756,0	1677,2	1758,3	1918,8
на сбор и очистку сточных вод (млн. руб.)	4169,5	4643,1	5159,9	4929,4
на обращение с отходами (млн. руб.)	2623,2	2990,6	3072,5	2847,3
на защиту и реабилитацию земель, поверхностных и подземных вод (млн. руб.)	80,0	86,0	119,4	283,6
на другие направления деятельности в сфере охраны окружающей среды (млн. руб.)	167,6	164,5	173,3	141,1

Таблица 3. Предприятия и организации Самарской области [21].

Наименование показателя	2014	2015	2016	2017
Число предприятий и организаций (на конец года; по данным государственной регистрации) (единиц)	111855	114952	112011	106832
Число малых предприятий (на конец года) (единиц)	46911	54092	70263	69132

Опишем данную процедуру выбора наилучшего агента в виде алгоритма. Организован цикл, в рамках которого просматриваются все m ОУЗ региона, для каждой из которых проверяется условие достаточности производственных мощностей для утилизации загрязнений промышленного предприятия. Среди ОУЗ, удовлетворяющих условию $X_{ij}^U + Y_{ij}^U \leq \bar{Y}_j$, выбирается организация по критерию минимальных затрат на утилизацию загрязнений (Рисунок 1). Выбор страховщика осуществляется аналогично. Если ОУЗ найдена, т.е. $\exists j_0 \mid X_{ij_0}^U + Y_{ij_0}^U \leq \bar{Y}_{j_0}$, тогда параметры взаимодействия промышленного предприятия и ОУЗ находятся как множество равновесия по Парето (рисунок 2).

Решением задачи определения компромиссной цены утилизации $p_{Y_j}^{com}$ (32) – (33) будет множество $p_{Y_j}^{opt} \in \left[\frac{\bar{p}_Y + c_{Yj}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\bar{p}_Y - c_{Yj})^2 - \frac{4A_j \bar{p}_Y}{\bar{Y}_j}}; \frac{\bar{p}_Y}{2} \right]$, которое будет непустым при условии $\frac{\bar{p}_Y + c_{Yj}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\bar{p}_Y - c_{Yj})^2 - \frac{4A_j \bar{p}_Y}{\bar{Y}_j}} < \frac{\bar{p}_Y}{2}$.

В случае отсутствия одной ОУЗ, способной утилизировать необходимый объем загрязнений, т.е. если $\forall j = \overline{1, m} \mid X_{ij}^U + Y_{ij}^U > \bar{Y}_j$, промышленное предприятие решает задачу взаимодействия с несколькими ОУЗ. Рассмотрим в качестве примера взаимодействие промышленного предприятия с двумя ОУЗ. В силу гипотезы 1, ОУЗ действуют на рынке монополистической конкуренции. Следовательно, условием заключения договоров на утилизацию загрязнения будет существование компромиссных цен p_{Y1}^{com} , p_{Y2}^{com} (рисунок 3).

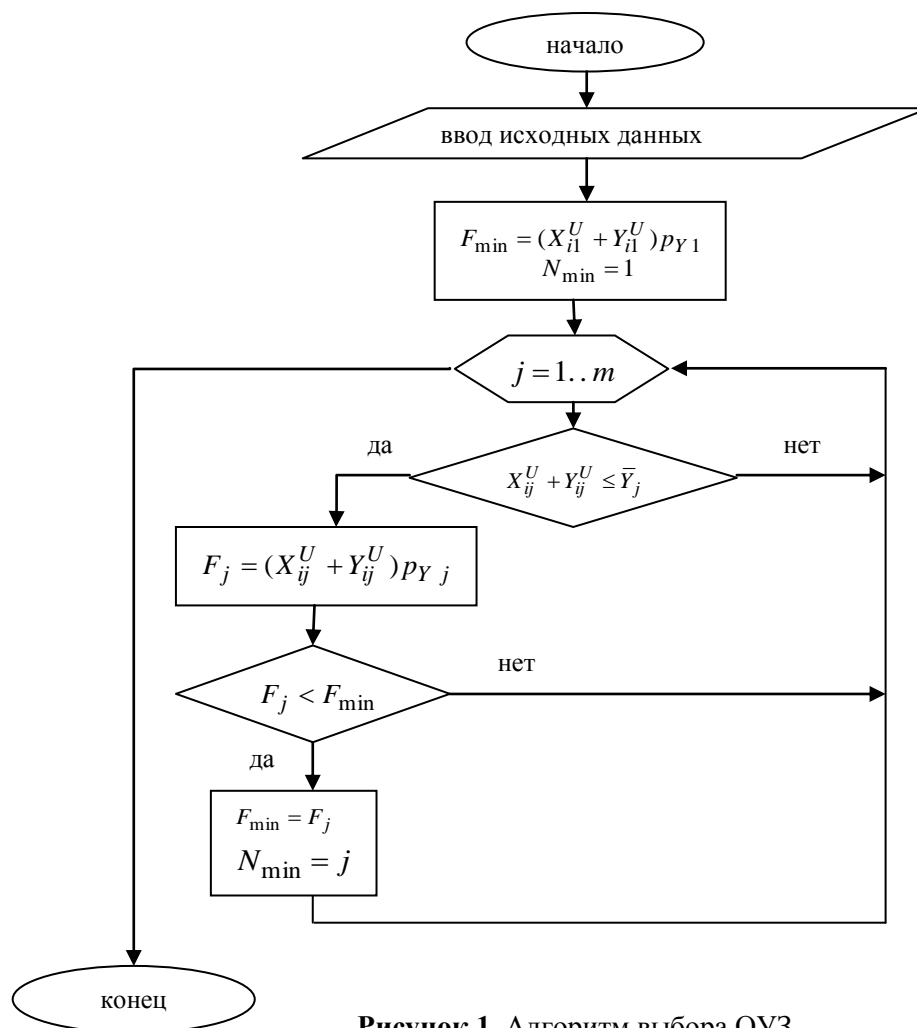


Рисунок 1. Алгоритм выбора ОУЗ.

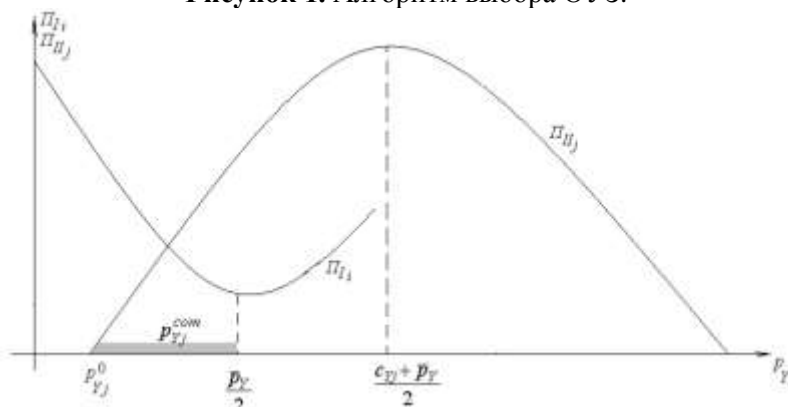


Рисунок 2. Иллюстрация согласования интересов промышленного предприятия и ОУЗ.

Решением в данном случае будет вектор цен $p_Y^{com} = (p_{Y1}^{com}, p_{Y2}^{com})$, где $p_{Yj}^{opt} \in \left[\frac{\bar{p}_Y + c_{Yj}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\bar{p}_Y - c_{Yj})^2 - \frac{4A_j \bar{p}_Y}{Y_j}}; \frac{\bar{p}_Y}{2} \right]$, $j=1, 2$, которые удовлетворяют условию $\frac{\bar{p}_Y + c_{Yj}}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\bar{p}_Y - c_{Yj})^2 - \frac{4A_j \bar{p}_Y}{Y_j}} < \frac{\bar{p}_Y}{2}$. Решение задачи (32) – (33) для вектора цен $p_Y^{com} = (p_{Y1}^{com}, \dots, p_{Ym}^{com})$, $m > 2$ будет аналогичным решению при $m=2$.

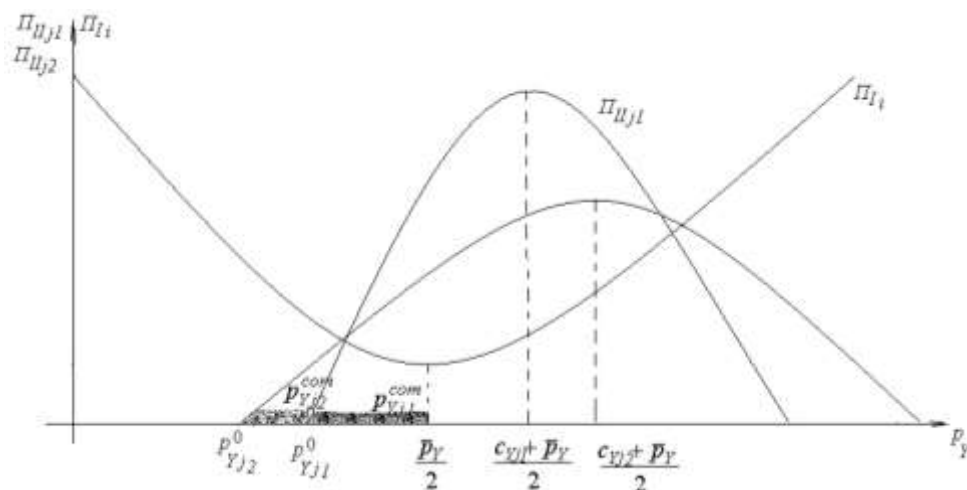


Рисунок 3. Иллюстрация согласования интересов промышленного предприятия и двух ОУЗ.

Задачи определения параметров взаимодействия со страховщиками региона рассматривают проблемы, аналогичные описанным выше применительно к ОУЗ. Решение задач (34) – (35) будет иметь вид:

- 1) для одного страховщика, при условии $\exists k_0 \mid X_{ik_0}^S + Y_{ik_0}^S \leq \bar{X}_{k_0}$ имеем $T_{k_0}^{opt} \in \left[\alpha_{k_0}; \frac{\bar{T}}{2} \right]$, если

$$\alpha_{k_0} < \frac{\bar{T}}{2},$$

- 2) для нескольких страховщиков, при условии $\forall k = \overline{1, l} \mid X_{ik}^S + Y_{ik}^S > \bar{X}_k$ имеем

$$T^{com} = (T_1^{com}, \dots, T_l^{com}), \text{ где } T_k^{opt} \in \left[\alpha_k; \frac{\bar{T}}{2} \right], \text{ если } \alpha_k < \frac{\bar{T}}{2}.$$

Полученные результаты позволяют определить компромиссные цены утилизации и компромиссные тарифы страхования, удовлетворяющие требованиям промышленного предприятия, представителям эколого-охранного и страхового сектор региона. Решение задач по определению параметров взаимодействия промышленных предприятий с ОУЗ и страховщиками подразумевает использование в качестве входных параметров большого массива данных, отражающих условия функционирования всех агентов региональной системы управления промышленными рисками.

4. Заключение

Рассмотренные модели описывают функционирование агентов системы управления промышленными рисками региона на основе данных о промышленных предприятиях, страховых компаниях и организациях по утилизации загрязнений, а также основываясь на данных о заключенных договорах. Количество участников системы в регионах различно, но в общем случае превышает десятки тысяч. Каждый участник промышленного комплекса региона взаимодействует с одним или несколькими участниками эколого-охранного и страхового сектора региона. Сформулированные задачи и представленные решения позволяют определить параметры взаимодействия участников региональной системы на основе равновесия Парето. Полученные результаты могут быть использованы промышленными предприятиями для определения условий договоров утилизации загрязнений и страхования. Также результаты моделирования могут быть полезны организациям по утилизации и страховщикам для моделирования требований промышленного предприятия при разработке стратегий развития.

5. Литература

- [1] Arena, M. Is enterprise risk management real? / M. Arena, M. Arnaboldi, G. Azzone // Journal Of Risk Research. – 2011. – Vol. 14. – P. 779-797.

- [2] Thun, J.-H. Managing uncertainty – an empirical analysis of supply chain risk management in small and medium-sized enterprises / J.-H. Thun, M. Drüke, D. Hoenig // *International Journal of Production Research*. – 2011 – Vol. 49. – P. 5511-5525.
- [3] Cropley, C.H. The case for truly integrated cost and schedule risk analysis // *Handbook of Research on Leveraging Risk and Uncertainties for Effective Project Management – Canada: Risk Services & Solutions Inc*, 2019. – P. 76-108.
- [4] Bouloiz, H. Contribution to risk management in industrial maintenance / H. Bouloiz, M. Tkiouat, E. Garbolino, T. Bendaha // *Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Systems Management*, 2013. – P. 1-7.
- [5] Bouloiz, H. System Dynamics Applied to the Human, Technical and Organizational Factors of Industrial Safety / H. Bouloiz, E. Garbolino // *Safety Dynamics*, Cham: Springer, 2019. – P. 93-106.
- [6] Gallab, M. Risk Assessment of Maintenance activities using Fuzzy Logic / M. Gallab, H. Bouloiz, L.A. Youssef, M. Tkiouat // *Procedia Computer Science*. – 2019. – Vol. 148. – P. 226-235.
- [7] Чернова, Г.В. Страхование и управление рисками – Москва: Издательство ЮРАЙТ, 2014. – 768 с.
- [8] Качалов, Р.М. Цели и факторы риска в задаче управления социально-экономической системой / Р.М. Качалов, Ю.А. Слепцова // *Системный анализ в экономике. Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции–биеннале*, 2016. – С. 118-122.
- [9] Качалов, Р.М. Комплексное управление хозяйственным риском // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. – 2006. – № 11. – С. 3-10.
- [10] Слепцова, Ю.А. Количественная оценка уровня экономического риска в деятельности предприятия / Ю.А. Слепцова, Р.М. Качалов // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. – 2014. – Т. 197, № 3. – С. 164-170.
- [11] Жуковский, В.И. Матричная система уравнений, возникающая при построении равновесия по Нэшу в дифференциальной игре / В.И. Жуковский, Л.В. Смирнова, Ю.А. Бельских // *XIII Всероссийская с международным участием школа-симпозиум «Анализ, Моделирование, Управление, Развитие социально-экономических систем» (АМУР) – Симферополь*, 2019. – С. 165-168.
- [12] Буркова, И.В. Деловые игры как метод исследования систем управления производственными рисками / И.В. Буркова, А.И. Половинкина, Е.А. Сидоров, Н.В. Акамсина // *Экономика и менеджмент систем управления*. – 2016. – Т. 19, № 1. – С. 87-93.
- [13] Динова, Н.И. Управление деятельностью предприятий механизмом штрафов / Н.И. Динова, А.В. Щепкин // *XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*, 2014. – С. 5643-5647.
- [14] Бирюков, А.Н. Имитационное моделирование как элемент управления рисками для укрепления финансового положения фирмы // *Иннов: электронный научный журнал*. – 2016. – Т. 4, № 29.
- [15] Антохина, Ю.А. Имитационное моделирование как инструмент снижения риска / Ю.А. Антохина, А.В. Баранов // *Известия СПбГЭУ*. – 2014. – Т. 5, № 89.
- [16] Кульба, В.В. Управление региональной безопасностью / В.В. Кульба, И.В. Чернов, А.Б. Шелков // *Материалы Восьмой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» MLSD – Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова Российской академии наук*, 2015. – С. 150-152.
- [17] Щепкин, А.В. Управление уровнем риска в регионе механизмом штрафа / А.В. Щепкин, С.А. Голев // *XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ - Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*, 2014. – С. 5682-5689.

- [18] Kulba, V. Scenario analysis in the management of regional security and social stability / V. Kulba, A. Shelkov, I. Chernov, O. Zaikin // Intelligent systems reference library. – 2016. – Vol. 98. – P. 249-268.
- [19] Hay, D. The Theory of Industrial Organization / D. Hay, D. Morris // Oxford University Press, 1991. – 700 p.
- [20] Walters, A.A. Production and Cost Functions: An Econometric Survey // Econometrica. The Econometric Society, 1963. – 66 p.
- [21] Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Самарской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://samarastat.gks.ru/> (23.11.2019).

Model and algorithm for industrial risk- management at the regional level

M.I. Geraskin¹, E.P. Rostova¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. In the paper investigates the problem of risk management of a regional industrial complex by risk distribution between industrial enterprises, the insurance sector and the environmental sector. We determinate the problems of the interaction multi-agent system's parameters. We submitted the algorithm for the selection of one or more waste utilization firm and insurers for interaction with an industrial enterprise.