

ных методов позволяет сделать процесс поиска решения более естественным и может быть полезным в задачах моделирования образования и взаимодействия коалиций. Распределение выигрыша между игроками само по себе является сложной проблемой, и способ ее решения зависит от контекста конкретного примера, но тем не менее описанный подход может успешно применяться во многих практических задачах.

#### Список литературы

1. Ниньгэ. Теория игр / пер. с англ. И. Н. Врублевская и др. : под ред. А. А. Корбут ; вступ. ст. Н. Н. Воробьев. – М. : Мир, 1971. – 230 с. URL: <http://depositfiles.com/ru/files/jz46vnha2> (дата обращения: 03.05.2011).
2. Ниньгэ G. G. Коалиционные игры // Теория вероятности и ее применение. – 1967. – Т. 12, вып. 2. – С. 289–306.
3. Ниньгэ G. G. Теория игр для экономистов-кибернетиков. – М. : Наука, 1985. – 272 с. URL: <http://depositfiles.com/ru/files/5468603> (дата обращения: 03.05.2011).

\*\*\*

A. S. Shaura, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

#### Use of Genetic Algorithms to Solve Game Problems with Coalition Structure

*The possibility of using evolutionary computing to solve games theory problems with coalition structure is considered. The algorithm for solving such problems is proposed as well as a way to find a "fair" division among the members of the coalition, based on the distribution of the players reward in proportion to their useful deposition to the overall coalitions reward. The algorithm is demonstrated by the example of finding the optimal structure and the distribution of reward between players.*

**Keywords:** alliance games, genetic algorithm, division, optimal structure

Получено: 25.04.11

УДК 004.891

Л. В. Yggbdh\, аспирант;

G. K. JrlgbdhZ, студентка

Ижевский государственный технический университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ В РАМКАХ КИОТСКОГО ПРОТОКОЛА

JZkkfZljb\Z\ky klpZbabjhZgZ kklfZ hpgdb wdghfjqkdhc wndlbghklb ijhdll\ \jZlZ Dbhkdjh ijhlhdheZ .ljZgu ihdZeb hpgdb wdghfjqkdhc wndlbghklb .Bkke\_ hZ qmklblevghklv ihdZec wndlbghklb ijhdll\ \jZlZ Dbhkdjh ijhlhdheZ .

**Ключевые слова:** Киотский протокол, проекты совместного осуществления, экономическая эффективность, показатели, погрешность, чувствительность

Общепризнано, что одной из важнейших причин изменения климата являются выбросы парниковых газов. Ученые пришли к выводу, что рост концентрации трех основных парниковых газов в индустриальную эпоху с очень высокой степенью вероятности (не менее 90 % по оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата – МГЭИК) является результатом хозяйственной деятельно-

сти человека – в первую очередь сжигания горючего топлива (т. е. нефти, газа, угля и др.). Большие надежды возлагаются на Киотский протокол как на систему противостояния изменениям климата [1].

Проекты совместного осуществления (ПСО), регулируемые статьей 6 Киотского протокола, дают возможность осуществлять инвестиционные проекты, направленные на сокращение антропогенных выбросов и/или увеличение абсорбции парниковых газов, между промышленно развитыми странами и странами с переходной экономикой, у которых есть конкретные количественные обязательства по Киотскому протоколу (Стороны Приложения I к Рамочной конвенции об изменении климата – РКИК). Одна из стран Приложения в таком случае будет выступать в роли инвестора, а другая – в роли принимающей Стороны. После реализации проекта страна-инвестор получает образовавшиеся в результате единицы сокращения выбросов (ЕСВ) [2].

Для облегчения, ускорения и наибольшего удобства реализации проектов в рамках Киотского протокола целесообразным является создание системы оценки экономической эффективности [3].

Данная система предназначена специально для оценки экономической эффективности проектов в рамках Киотского протокола, учитывает специфические особенности и параметры проектов и технологий по сокращению выбросов парниковых газов, позволяет производить все необходимые расчеты.

Для оценки экономической эффективности используем следующие показатели:

1. Углеродные инвестиции, руб. (ERU) – зарубежные инвестиции в совместные проекты по сокращению выбросов.

2. Экономия платы за загрязнение окружающей среды (предотвращенный экологический ущерб), руб. (ECON).

Эти показатели являются специфическими для проектов в рамках Киотского протокола. Помимо данных критериев необходимо использовать классические показатели оценки экономической эффективности инвестиционных проектов [4, 5].

3. Чистый дисконтированный доход, руб. (NPV).

4. Чистый доход, руб. (NV).

5. Внутренняя норма доходности, % (IRR).

6. Индекс доходности инвестиций, % (PI).

7. Срок окупаемости, лет (PP).

8. Дисконтированный срок окупаемости, лет (DPP).

9. Потребность в дополнительном финансировании, руб. (CO).

10. Дисконтированная потребность в дополнительном финансировании, руб. (DCO).

Для расчета критериев оценки экономической эффективности необходимы входные параметры:

- инвестиции;
- цена производимых продуктов;
- объем выпускаемой продукции;
- норма дисконта;
- количество выбросов, которое планируется сократить;
- плата штрафа за загрязнение окружающей среды;
- цена за единицу углеродных инвестиций.

У каждого значения из входных данных указывается абсолютная погрешность его задания (точность):

$$\alpha_i \pm \Delta\alpha_i, i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где  $m$  – количество входных данных.

Работа системы строится на том, что у каждого значения из исходных данных указывается абсолютная погрешность его задания. В результате показатели эффективности каждого из рассматриваемых проектов, т. е. выходные данные системы, получаются с относительной погрешностью, зависимой от абсолютной погрешности входных данных. При сравнении проектов выводится вероятность того, что один проект эффективнее других.

Абсолютная погрешность дифференцируемой функции многих переменных  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , вызываемая достаточно малыми погрешностями  $\Delta(x_1), \Delta(x_2), \dots, \Delta(x_n)$  аргументов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  оценивается величиной

$$\Delta(y) = \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \Delta(x_i). \quad (2)$$

Показатели эффективности проекта могут быть представлены как функции от входных данных  $y_n = f_n(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ ,  $n = \overline{1, N}$ , где  $N$  – количество показателей проекта.

Таким образом, используя формулу абсолютной погрешности (2), получаем общую формулу для оценки погрешностей показателей эффективности проекта:

$$|\Delta(y)| \leq \sum_{i=1}^n \left| \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} \right| \cdot |\Delta(\alpha_i)|. \quad (3)$$

Используя формулу (3), нами были выведены формулы для расчета погрешности каждого показателя эффективности проектов.

Например, абсолютная погрешность углеродных инвестиций (ERU) будет зависеть от погрешности цены за единицу углеродных инвестиций ( $W$ ) и погрешности количества выбросов, которое планируется сократить ( $Q$ ):

$$|\Delta ERU| \leq W |\Delta Q| + Q |\Delta W|. \quad (4)$$

Относительная погрешность углеродных инвестиций вычисляется по формуле

$$\delta ERU = \frac{\Delta ERU}{ERU}. \quad (5)$$

Чтобы определить критерии эффективности, на которые в большей или меньшей степени влияет изменение исходных данных, необходимо провести анализ их чувствительности.

Пусть все входные данные задаются с относительной погрешностью: 1, 5 и 10 %. На основе относительных погрешностей исходных данных по проектам проведем исследование чувствительности параметров эффективности к этим данным.

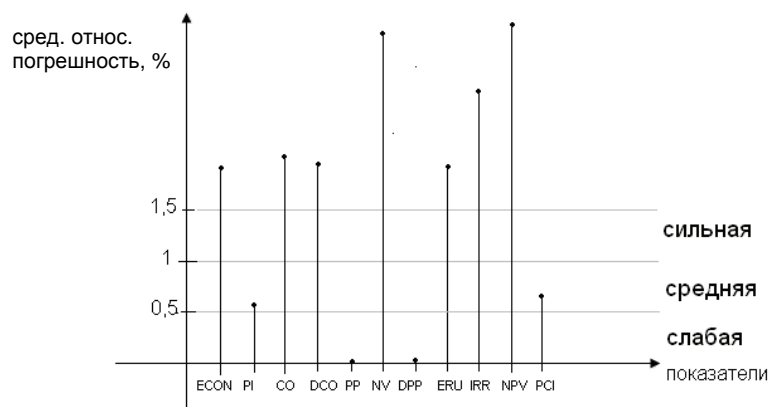
Для исходных данных, заданных с относительной погрешностью 1 %, относительные погрешности параметров представлены в табл. 1.

**Таблица 1. Оценка чувствительности при исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 1 %**

Исходные данные задаются с относительной погрешностью = 1 %						
Показатели эффективности	Относительная погрешность, %					Чувствительность
	1 проект	2 проект	3 проект	Среднее значение	Среднее значение	
(NPV) Чистый дисконтированный доход	5	1,82	3,59	3,47	2,18	сильная
(NV) Чистая прибыль	4,31	2,3	3,32	3,31		
(IRR) Внутренняя норма доходности	3,96	1,09	2,54	2,53		
(CO) Потребность в дополнительном финансировании	4,29	0,28	1,92	2,16		
(DCO) Дисконтированная потребность	4,07	0,32	1,68	2,02		
(ECON) Экономия платы	1,99	1,99	1,99	1,99		
(ERU) Углеродные инвестиции	1,99	1,99	1,99	1,99		
(PI) Индекс доходности	0	0,83	0,76	0,53	0,53	средняя
(DPP) Дисконтированный срок окупаемости	0	0	0	0	0	слабая
(PP) Простой срок окупаемости	0	0	0	0		

Усредним значения относительных погрешностей показателей по проектам и в зависимости от полученного значения сортируем по трем уровням: с сильной, средней и слабой чувствительностью.

Показатели эффективности, имеющие относительную погрешность, не превышающую 0,5 %, обладают слабой чувствительностью. Если значение относительной погрешности принадлежит интервалу от 0,5 до 1,5, то показатели имеют среднюю чувствительность. Сильной чувствительностью обладают показатели, значение которых превышает 1,5 % (рис. 1).



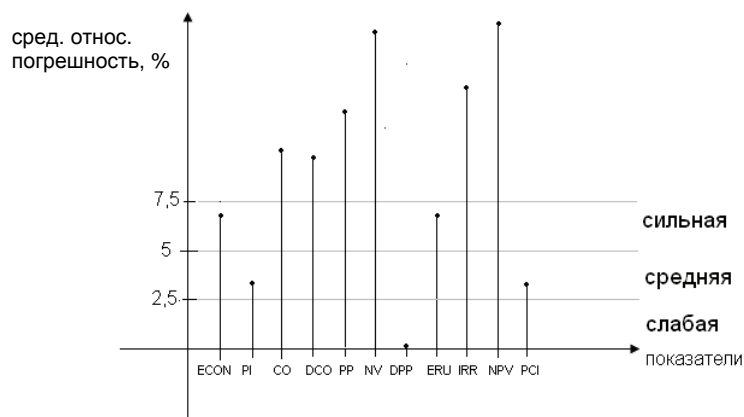
**Рис. 1.** Чувствительность показателей для исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 1 %

Аналогичное исследование чувствительности проводим для случаев, когда исходные данные заданы с относительной погрешностью, равной 5 и 10 %. Результаты представлены в табл. 2 и 3.

**ЛЗ[ебрZ2. Оценка чувствительности при исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 5 %**

Исходные данные задаются с относительной погрешностью, равной 5 %						
Показатели эффективности	Относительная погрешность, %					Чувствительность
	1 проект	2 проект	3 проект	Среднее значение по проектам	Среднее значение	
(NPV) Чистый дисконтированный доход	24,46	9,05	17,62	17,04	15,17	сильная
(NV) Чистая прибыль	20,9	11,22	16,15	16,09		
(IRR) Внутренняя норма доходности	19,35	5,42	12,6	12,45		
(PP) Простой срок окупаемости	0	0	33,33	11,11		
(CO) Потребность в дополнительном финансировании	20,39	0,28	9	9,89		
(DCO) Дисконтированная потребность	19,58	0,32	7,97	9,29		
(ECON) Экономия платы	9,75	1,99	9,75	7,16	4,98	средняя
(ERU) Углеродные инвестиции	9,75	1,99	9,75	7,16		
(PI) Индекс доходности	3,33	2,48	3,03	2,94		
(DPP) Дисконтированный срок окупаемости	0	0	0	0	0	слабая

Показатели эффективности, имеющие относительную погрешность, не превышающую 2,5 %, обладают слабой чувствительностью. Если значение относительной погрешности принадлежит интервалу от 2,5 до 7,5, то показатели имеют среднюю чувствительность. Сильной чувствительностью обладают показатели, значение которых превышает 7,5 % (рис. 2).

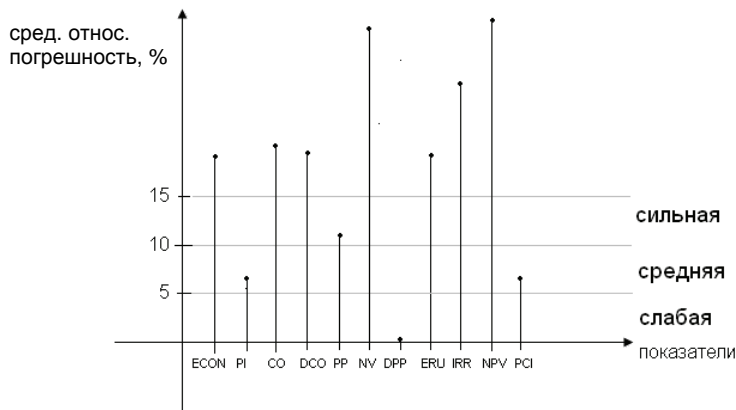


**Рис. 2.** Чувствительность показателей для исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 5 %

**Таблица 3. Оценка чувствительности при исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 10 %**

Исходные данные задаются с относительной погрешностью, равной 10 %						
Показатели эффективности	Относительная погрешность, %					Чувствительность
	1 проект	2 проект	3 проект	Среднее значение по проектам	Среднее значение	
(NPV) Чистый дисконтированный доход	47,52	17,94	34,41	33,29	23,53	сильная
(NV) Чистая прибыль	40,12	21,79	31,13	31,0		
(IRR) Внутренняя норма доходности	37,55	10,86	24,97	24,46		
(CO) Потребность в дополнительном финансировании	38,11	3,46	16,52	19,36		
(ECON) Экономия платы	19	19	19	19		
(ERU) Углеродные инвестиции	19	19	19	19		
(DCO) Дисконтированная потребность	37,16	3,74	14,85	18,58		
(PP) Простой срок окупаемости	0	0	33,33	11,11	7,85	средняя
(PI) Индекс доходности	6,67	5,37	6,82	6,28		
(DPP) Дисконтированный срок окупаемости	0	0	0	0	0	слабая

Показатели эффективности, имеющие относительную погрешность, не превышающую 5 %, обладают слабой чувствительностью. Если значение относительной погрешности принадлежит интервалу от 5 до 15, то показатели имеют среднюю чувствительность. Сильной чувствительностью обладают показатели, значение которых превышает 15 % (рис. 3).



**Рис. 3. Чувствительность показателей для исходных данных, заданных с относительной погрешностью, равной 10 %**

Слабую чувствительность к исходным данным имеет один показатель – дисконтированный срок окупаемости (DPP).

Даже если входные данные будут задаваться с относительной погрешностью, равной 10 %, то значение DPP получается абсолютно точное. Или, иначе говоря, изменение входных данных до 10 % не сказывается на изменении дисконтированного срока окупаемости.

Среднюю чувствительность к исходным данным имеет показатель – индекс доходности (PI).

Сильную чувствительность к исходным данным имеют показатели, представленные в табл. 4.

Таблица 4. Показатели, обладающие сильной чувствительностью

Показатели эффективности	Погрешность исходных данных, %		
	1	5	10
(NV) Чистая прибыль	3,31	16,09	31,01
(NPV) Чистый дисконтированный доход	3,47	17,04	33,29
(IRR) Внутренняя норма доходности	2,53	12,45	24,46
(CO) Потребность в дополнительном финансировании	2,16	9,89	19,36
(DCO) Дисконтированная потребность	2,02	9,29	18,58
(ECON) Экономия платы	1,99	7,16	19
(ERU) Углеродные инвестиции	1,99	7,16	19
(PP) Простой срок окупаемости	0	11,11	11,11
Среднее значение	2,18	11,27	21,97

Для данных показателей изменение относительных погрешностей исходных данных приводит к сильному изменению погрешностей показателей. График чувствительности представлен на рис. 4.

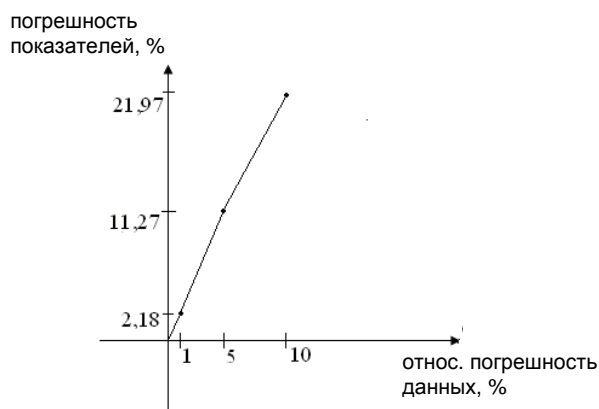


Рис. 4. Сильная чувствительность к исходным данным

Система оценки эффективности проектов в рамках Киотского протокола позволяет производить оценку с учетом погрешности входных данных. Проведенный

анализ чувствительности позволяет отметить слабочувствительные показатели, такие как дисконтированный срок окупаемости (DPP), показатели, обладающие средней чувствительностью, – индекс доходности (PI), и сильной чувствительностью. Таким образом, можно сделать вывод, что входные данные, заданные с относительной погрешностью до 10 %, в достаточной степени влияют на такие показатели, как чистая прибыль (NV), чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), срок окупаемости (PP), экономия платы (ECON), углеродные инвестиции (ERU) и др. и практически не влияют на индекс доходности (PI) и дисконтированный срок окупаемости (DPP).

#### Список литературы

1. Шихов Х. К., Адилов С. С. 10 самых популярных заблуждений о глобальном потеплении и Киотском протоколе. URL: [http://www.rusrec.ru/files/RREC\\_Brochure\\_Top10.pdf](http://www.rusrec.ru/files/RREC_Brochure_Top10.pdf) (дата обращения: 28.04.2011).
2. ДЗДХ Х., Клизов С. Парник для денег // Эксперт-Урал. – 2008. – 30 июня, № 26. URL: <http://www.expert-ural.com/1-313-5348/> (дата обращения: 28.04.2011).
3. Юсупов Я. В., Файзрахманов Г. С. Проекты Киотского протокола как область применения информационных технологий // Проведение научных исследований в области обработки, хранения, передачи и защиты информации : сб. науч. тр. всерос. конф. с элементами науч. шк. для молодежи (г. Ульяновск, 1–5 дек. 2009 г.) : в 4 т. / Ульян. гос. техн. ун-т [и др.]. – Ульяновск, 2009. – Т. 2. – С. 288–293.
4. Беглов И. Е., Ефремов С. Г., Кфедь К. С. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело, 2002. – 888 с. URL: <http://narod.ru/disk/5264699000/econ122.zip.html> (дата обращения: 28.04.2011).
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная) (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. № ВК 477). URL: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=329](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=329) (дата обращения: 28.04.2011).

\*\*\*

R. I. Yannikov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

N. S. Reshetnikova, Student, Izhevsk State Technical University

#### Study of Sensitivity of Indicators of Project Economic Efficiency within the Scope of the Kyoto Protocol

*The specialized system of a cost-performance estimation of Kyoto projects is considered. Indicators of an estimation of economic efficiency are presented. The sensitivity of project efficiency indicators within the scope of the Kyoto Protocol is investigated.*

**Keywords:** the Kyoto Protocol, joint implementation projects, economic efficiency, indicators, error, sensitivity

Получено: 25.04.11