

Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin  
(editors)

# **Natural and Artificial Intelligence**

**ITHEA**

**SOFIA**

**2010**

**Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin (ed.)**

**Natural and Artificial Intelligence**

ITHEA®

Sofia, Bulgaria, 2010

ISBN 978-954-16-0043-9

First edition

Recommended for publication by The Scientific Council of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA

This book is engraved in prof. Zinovy Lvovich Rabinovich memory. He was a great Ukrainian scientist, co-founder of ITHEA International Scientific Society (ITHEA ISS). To do homage to the remarkable world-known scientific leader and teacher this book is published in Russian language and is concerned to some of the main areas of interest of Prof. Rabinovich.

The book is opened by the last paper of Prof. Rabinovich specially written for ITHEA ISS. Further the book maintains articles on actual problems of natural and artificial intelligence, information interaction and corresponded intelligent technologies, expert systems, robotics, classification, business intelligence; etc. In more details, the papers are concerned in: conceptual problems of the natural and artificial intelligent systems: structures and functions of the human memory, ontological models of knowledge representation, knowledge extraction from the natural language texts; network technologies; evolution and perspectives of development of the mechatronics and robotics; visual communication by gestures and movements, psychology of vision and information technologies of computer vision, image processing; object classification using qualitative characteristics; methods for comparing of alternatives and their ranging in the procedures of expert knowledge processing; ecology of programming – a new trend in the software engineering; decision support systems for economics and banking; systems for automated support of disaster risk management; and etc.

It is represented that book articles will be interesting for experts in the field of information technologies as well as for practical users.

General Sponsor: Consortium FOI Bulgaria ([www.foibg.com](http://www.foibg.com)).

Printed in Bulgaria

**Copyright © 2010 All rights reserved**

© 2010 ITHEA® – Publisher; Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. [www.ithea.org](http://www.ithea.org); e-mail: [info@foibg.com](mailto:info@foibg.com)

© 2010 Krassimir Markov, Vitalii Velychko, Oleksy Voloshin – Editors

© 2010 Ina Markova – Technical editor

© 2010 For all authors in the book.

© ITHEA is a registered trade mark of FOI-COMMERCE Co.

**ISBN 978-954-16-0043-9**

C/o Jusautor, Sofia, 2010

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КВОТ НА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Алексей Волошин, Ирина Горицына, Сергей Мащенко

**Abstract:** *Анализируются проблемы смягчения последствий изменения климата. Выделяются критерии и показатели для распределения квот на выбросы парниковых газов. Предлагаются методики расчета основных показателей и игровые модели выбора компромиссных решений.*

**Keywords:** *climate protection, emissions of greenhouse gases, global limit on emissions, distribution methods, vector criterium, Nash equilibrium, individual optimal equilibrium.*

**ACM Classification Keywords:** *I. Computing Methodologies – I.6. Simulation and modelling (Time series analysis) – I.6.8 Types of Simulation – Gaming.*

---

### Введение

Изменение климата представляет собой одну из величайших угроз цивилизации. Сокращение выбросов парниковых газов (ПГ) называют смягчением последствий изменения климата, что было центральным пунктом международных переговоров. Поскольку следующий раунд переговоров фокусируется на вопросе о том, что могут сделать в целях смягчений последствий изменения климата развивающиеся страны, тематика остается в высшей степени актуальной.

Наука сегодня «недвусмысленно считает», что человеческая деятельность способствует изменению климата, и что результаты воздействия уже наблюдаются во всех секторах жизнедеятельности — продовольствие, вода, здравоохранение, сельское хозяйство, энергия и пр.

Современная цивилизация фактически попала в ловушку: если даже США, которые отказались подписать Киотский протокол (КП) и сократить в соответствии с ним выбросы CO<sub>2</sub>, присоединятся к нему, согласятся ли сделать это Китай и Индия. Эти два новых могучих индустриальных государства (каждое — с населением свыше миллиарда) переживают период бурного экономического роста. Если эти государства решат затормозить свое развитие, за которым последуют огромные выбросы ПГ, но помогает миллиардам людей вырваться из бедности, то это может привести к социальным потрясениям. А если нынешние тенденции сохранятся, то рост выбросов ПГ приведет к постоянным неурожаем и вызовет голод, который опять-таки вызовет социальные проблемы. Результаты последней конференции ООН по вопросам изменения климата в Копенгагене оказались неутешительными.

---

### Системы критериев и показателей

Политика по климату сама по себе не решит климатическую проблему. Необходима также политика по технологиям, промышленности, сельскому хозяйству, энергии, строительству, транспорту и т.д. Подход к смягчению последствий, ориентированный на развитие, представляет особый интерес для развивающихся стран, где бедность и развитие занимают более приоритетные позиции в повестке дня, чем политика по климату.

Основополагающими принципами в глобальной политике по смягчению последствий изменения климата должны быть: 1) особые обстоятельства развивающихся стран; 2) принятие предупредительных мер (т.е., недостаточная научная определенность не должна использоваться в качестве причины для бездействия); 3) право на содействие устойчивому развитию; 4) устойчивый экономический рост.

Если кто-либо желает выразить в количественном отношении ответственность и возможности, то имеет значение, какая система мер будет использоваться для выражения этих концепций. Числовые результаты у стран будут отличаться, в зависимости от того, рассматриваем ли мы: а) определенные газы (только CO<sub>2</sub> или все шесть газов, перечисленных Киотским протоколом); б) источники выбросов (только энергия или также землепользование, смена землепользования и лесное хозяйство); в) интервал времени (годовые или суммарные выбросы); г) масштаб (национальный или выбросы на душу населения).

Можно принимать во внимание много других критериев, например, богатство страны природными ресурсами или население на квадратный километр, или же использовать различные вариации вышеперечисленных критериев. На приемлемость критерия может влиять то, применяется ли он только к развивающимся странам или ко всем странам. Например, критерии могут включать исторически более длинный период в отношении суммарных выбросов, чем таковые, которые применимы только к развивающимся странам. Взвешивание критериев зависит от того, можно ли использовать рыночные механизмы для выполнения обязательств. Если их использовать можно, то тогда становится более уместной платежеспособность, а потенциал сокращения выбросов становится менее важен, поскольку нет необходимости сокращать внутренние выбросы.

Таблица 1.

Основные индикаторы оценки ответственности, возможности и потенциала сокращения выбросов

Индикаторы	Единицы измерения
Годовые выбросы	Выброс шести ПГ, МтCO <sub>2</sub> -eq
	% общемирового количества
Квоты на душу населения	Выбросы на душу населения шести ПГ, МтCO <sub>2</sub> -eq
Историческая ответственность	Суммарные выбросы 1950 — 2000, МтCO <sub>2</sub> -eq
	% общемирового количества
Платежеспособность	НВП на душу, Int'l \$, ППП 2000 \$
Потенциал сокращения, интенсивность выбросов	CO <sub>2</sub> / НВП, кг CO <sub>2</sub> / int'l \$ НВП ППП

Существует следующие четыре «школы мышления» или подхода (табл.2):

Таблица 2

ШКОЛА МЫШЛЕНИЯ	ЗАДАЧА
Атмосфера в первую очередь	Стабилизация концентрации парниковых газов (ПГ)
Равенство в первую очередь	Обеспечение справедливости распределения ответственности за смягчение последствий (исторический вклад)
Развитие в первую очередь	Придание развитию большей устойчивости
Технология в первую очередь	Развитие и передача технологий с низким выбросом ПГ

Предлагается огромное разнообразие подходов в определении будущих обязательств. Подход, ставящий «атмосферу первой», может быть выражен как распространение Киотских целей на возможно большее число стран. Выдвижение «равенства на первый» план может означать несколько вещей, по крайней мере две из которых — равные права для каждого и историческая ответственность — отображаются в подходах с использованием показателей на душу населения, а также в Бразильском предложении. В других подходах утверждается, что право на (устойчивое) развитие — это также вопрос равенства. В

самом деле, равенство относится не только к мерам смягчения, но также к адаптации, финансированию и технологиям. Специальные подходы, которые на передний план выдвигают развитие, включают НВП как единицу измерения развития в целях интенсивности, начиная с политики по устойчивому развитию или аспектов чистого развития. В секторальных подходах на передний план выдвигается технология.

Поставленные в КП цели имеют форму согласованного сокращения выбросов в процентном отношении по сравнению с годовыми выбросами в базовом, 1990 году. Подсчитано абсолютное число тонн CO<sub>2</sub>, которые необходимо сократить. Начиная с собственных выбросов страны, подход устанавливает квоты на выбросы с учетом существующей между странами разницы в выбросах. Задача для большинства Стран состоит скорее в возвращении к уровню базового года, чем к согласованному сокращению.

Развивающиеся страны отдают предпочтение исчислению ответственности, исходя из показателей на душу населения [UNDP report, 2008]. Права «на душу населения» в качестве отправной точки исходят из равного права каждого жителя планеты на использование атмосферы как глобального достояния. В чистом виде подход на душу населения не рассматривает нынешние уровни выбросов, а скорее глобальный бюджет, выделенный в равной мере для стран с учетом численности их населения. Таким образом, цели в отношении абсолютных выбросов в тоннах CO<sub>2</sub> радикально отличаются от целей в Киотском стиле. Торговля квотами на выбросы осуществляется в большинстве предложений, рассматривающих подходы на душу населения, результатом чего станет увеличение выгод для густонаселенных стран с низкими уровнями выбросов на душу населения. Стоит упомянуть, что Индия и Китай заявили о том, что они не будут рассматривать никакие другие подходы, кроме таковых, основанных на подходе с показателями на душу населения. Этот подход менее привлекателен для менее густонаселенных стран. Бразильское предложение основывается на распределении ответственности исходя из суммарных выбросов за предыдущие десятилетия.

Подход, основанный на учете интенсивности выбросов, требует сокращения количества выбросов, связанных с выходом экономической продукции (ПГ/НВП). Подход допускает рост выбросов в случае экономического роста. С целью учета разных национальных условий обязательства можно сформулировать как уменьшение в процентном отношении интенсивности производимых страной выбросов. Цели в отношении интенсивности выбросов выполнить сложнее в случае, когда экономический рост ниже ожидаемого. В случае успеха, сниженная интенсивность способствует вычитанию выбросов из экономического роста. Такой подход зачастую рассматривается как «более мягкий» в сравнении с абсолютными целями, поскольку он подсчитывает выбросы за относительные сроки.

В международных соглашениях представлено достаточно много предложений по методам распределения квот на выбросы ПГ. Вот основные из них:

- Равные отчисления на душу населения.
- Долгосрочная стабилизация и сближение показателей по странам.
- Дифференцированное сближение.
- Скорректированные отчисления на душу населения.
- Выдача разрешений на выбросы.
- Историческая ответственность (Бразильское предложение).
- Платежеспособность.
- Равные затраты на меры по смягчению последствий.
- Мультисекторальная конвергенция.
- Мультикритериальность

Сотрудники Потсдамского института исследований воздействия на климат разработали "Климатическую стратегию максимума двух градусов" ("2C maxClimateStrategy"): документ посвящен новому подходу к ограничению выбросов, который позволит добиться поставленной в Копенгагене цели. Предлагается ввести глобальное ограничение по объемам выбросов парниковых газов: таким образом, по их словам, можно будет учесть интересы стран, не желающих вводить национальные схемы ограничения выбросов и торговли ими. Этот общий лимит, по замыслу авторов, затем будет распределяться между странами исходя из численности населения.

В качестве первого глобального лимита немецкие эксперты предлагают ввести норматив в 35 миллиардов тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента в 2015 году. Исходя из данных о численности населения в 2010 году, это соответствует примерно пяти тоннам на одного человека.

Обратим внимание на последний метод распределения квот на выбросы ПГ: мультикритериальность.

Авторы данной работы предлагают положить в основу распределения квот концепцию мультикритериальности и предлагают для обсуждения разработанную ими иерархическую процедуру определения доли в планетарном лимите на выбросы, используя все доступные показатели экономического, экологического, демографического и социального развития стран.

---

### Модели и методы

---

До сих пор все сложности подписания глобального протокола упирались в определение квот на выбросы ПГ. Алгоритм распределения должен удовлетворить все страны: богатые страны, учитывая их платежеспособность и историческую ответственность, должны взять на себя основное бремя расходов. Наикрупнейшие развивающиеся страны (Индия, Китай) готовы участвовать в мероприятиях, если их доля будет определяться исходя из количества выбросов на душу населения. Бедные страны должны получить такой лимит, чтобы выйти на углеродный рынок с предложением свободных квот. Бедность страны определяется соотношением их ВВП на душу населения со средним значением этой величины по планете. Как только показатель ВВП на душу населения в развивающейся стране превысит на несколько процентов среднемировое значение, страна должна участвовать в мероприятиях по снижению выбросов ПГ. Также ограничение выбросов не должно препятствовать развитию страны, поскольку рост ВВП всегда сопровождается ростом выбросов. В этом процессе главным должен стать показатель динамики выбросов на единицу ВВП: он должен уменьшаться.

Уровень богатства региона/страны можно определить соотношением их величины ВВП на душу населения со среднемировым значением. На сегодня он составляет приблизительно 10 тыс. дол. США (с учетом паритета покупательной способности - ППС).

С учетом вышеизложенного выделим два основополагающих критерия: численность населения и выбросы ПГ в абсолютном исчислении (рис.1, таб.3).

Введем следующие обозначения:

$EQ_i$  - квота на выбросы ПГ в  $i$ -ом регионе ( стране);

$GEL$  - глобальный лимит выбросов ПГ, млрд.т CO<sub>2</sub> eq.;

$SHP_i$  - удельный вес населения  $i$ -го региона( страны),%;

$SHE_i$  - удельный вес выбросов ПГ  $i$ -го региона( страны), %;

$NPC_i$  - ВВП на душу населения  $i$ -го региона( страны), тыс. \$US (ППС);

$ENP_i$  - выбросы на единицу ВВП  $i$ -го региона( страны), т.CO<sub>2</sub> eq. на тыс. \$US (ППС);

$EC_i$  - выбросы на душу населения  $i$ -го региона( страны), т;

$AVE$  - выбросы на единицу ВВП в среднем по планете т.CO2 eq. на тыс. \$US (ППС);

$AVNP$  - ВВП на душу населения в среднем по планете тыс. \$US (ППС);

$AVEC$  - средний глобальный выброс на душу населения, т.

Таблица 3

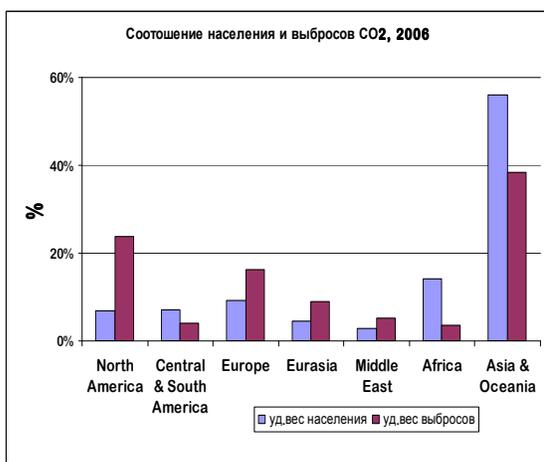


Рисунок 1

Регионы	Уд.вес населения	Уд.вес выбросов CO2
Сев. Америка	6,73%	23,82%
Центр. и Южная Америка	6,96%	3,90%
Европа	9,06%	16,17%
Евразия	4,38%	8,91%
Средний Восток	2,87%	5,16%
Африка	14,02%	3,62%
Азия и Океания	55,98%	38,43%

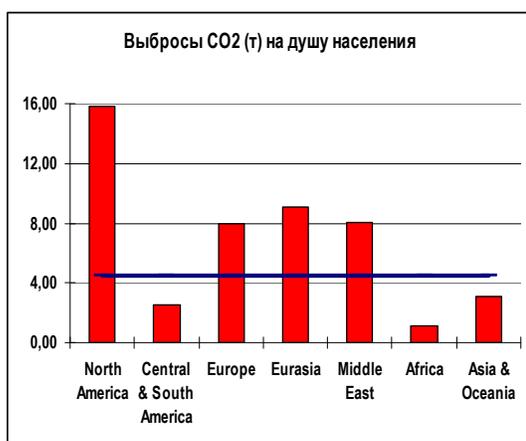


Рисунок 2

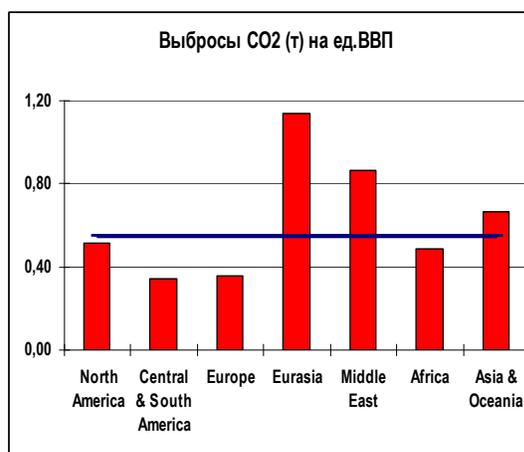


Рисунок 3

С точки зрения исторической ответственности и справедливости Северная Америка должна получить ограничение на выбросы в размере не менее 6,7% от величины мирового лимита на выбросы ПГ. С точки зрения региональной (американской) справедливости квота на выбросы не должна превышать 23,8% мирового лимит. Для Африки, например, историческая и региональная справедливость требует назначить долю в мировом лимите между 3,6% и 14,0%. Таким образом, два глобальных критерия (удельный вес

населения и удельный вес выбросов ПГ) могут обозначить диапазон разрешенных выбросов –  $[SHP_i; SHE_i]$ , если  $SHP_i < SHE_i$ , и  $[SHE_i; SHP_i]$  в противном случае. Назовем эти критерии критериями первого уровня. Далее введем критерии второго уровня. Ими могут быть: 1) ВВП на душу населения (как индикатор благосостояния общества); 2) выбросы ПГ на единицу ВВП (как индикатор эффективности использования энергетических ресурсов) (рис. 2); 3) выбросы на душу населения (как косвенный индикатор здоровья общества) (рис.3); 4) потребление энергии (как индикатор уровня развития экономики); 5) соотношение темпов прироста выбросов ПГ и темпов прироста ВВП (динамика эластичности выбросов по величине ВВП).

Как видно из рис. 2 и 3, отношение региональных показателей к глобальному среднему (горизонтальная прямая) различно в различных регионах.

С учетом этих показателей и их соотношения с глобальными средними, предлагаем развитым (богатым) странам (ВВП на душу населения в которых превышает средний глобальный показатель в разы) такой алгоритм определения их квоты в выбросах ПГ в рамках обозначенного критериями первого уровня

диапазона: пусть  $R_i = \frac{NPC_i}{AVNP}$  -- своего рода коэффициент богатства региона (страны),

$T_i = \frac{ENP_i}{AVE} \cdot \frac{EC_i}{AVEC}$  -- своего рода показатель эффективности экономики (индустриализации страны и

ответственности государства в сфере противодействия внешним эффектам производства). Тогда можно сузить диапазон разрешенных выбросов  $[EQ_{\min}; EQ_{\max}]$  до такого:

$$[EQ_{\min}; EQ_{\max}] = [SHP_i \cdot \alpha(R_i); SHE_i \cdot \beta(T_i)], \alpha(R_i) = \ln(R_i + 1), \quad (1)$$

Коэффициент «индустриализации» должен соединить два относительных показателя: выбросы ПГ на душу населения и выбросы ПГ на ед. ВВП и сдвинуть правую границу на некоторую величину

$$\beta(T_i) = \frac{\ln(T_i) + \min \ln(T_i)}{\max \ln(T_i) + \min \ln(T_i)}. \quad (2)$$

Подобное распределение может стать первым приближением в процедуре дальнейших согласований региональных квот. Дальнейшую процедуру согласования квот можно представить в понятиях теории игр.

Основная задача при игровом подходе – определить понятие консенсуса. Как известно [Волошин, 2006], при решении задачи принятия решений (в частности, задачи выбора, рассматриваемой нами) консенсус ищется при выборе метода (алгоритма) либо при определении свойств получаемого решения (в виде аксиом, ограничений, условий и т.п.). В предыдущей работе этих же авторов [Волошин, 2009] рассматривались оба подхода – как выбор способа распределения квот на выбросы, так и требование к получаемому распределению. В данной работе предлагается, как указывалось выше, «иерархическая» процедура принятия решений – на первом уровне определяется метод распределения, на втором – требования к свойствам решения.

Выше отмечалось, что Китай и Индия (суммарно более три миллиарда жителей планеты) готовы участвовать в мероприятиях по реализации КП, если их доля в квотах будет определяться исходя из количества выбросов на душу населения.

Поэтому нами предлагается искать консенсус в выборе соотношения весовых коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$  в (1). Например, в соответствии с пропорциональным соотношением количества населения (табл. ) при расчете квот Китаю и Индии (при сравнении с Европой – соотношение населения 4:1, доходов на душу населения 8:1) соотношение коэффициентов установить равным  $\lambda^* = \frac{\alpha}{\beta} = \ln(4 * 8) \approx 3,5$ . На втором уровне

иерархии полученное распределение  $EQ = (EQ_i(\lambda^*))_{i=1,n}$  анализируется на предмет удовлетворения его «интегральному» качеству, выражаемым функцией полезности (в частности, векторной [Мащенко, 2004]), учитывающей максимальное количество параметров (см. выше «Системы критериев и показателей»).

Последняя встреча в Копенгагене показала, что наиболее адекватно, по нашему мнению, проблемы КП описывает модель принятия решения в условия полной информации при некооперативном поведении игроков [Волошин, 2006]. В таких моделях наиболее обоснованным является концепция «равновесия по Нэшу» – ситуации, от которой невыгодно отклоняться любому (изолированному) игроку. И самое интересное, что (по нашему мнению) мировое сообщество именно и находится в подобной ситуации! Сказанное можно проиллюстрировать простым примером Самуэльсона [Самуэльсон, 2008], в котором для удобства изменим числовые значения «прибылей» игроков (без потери содержания). Пусть игра описывается табл. 4, где  $H_1, H_2$  – соответственно стратегии игроков 1 и 2, ориентированных на низкий уровень загрязнения;  $B_1, B_2$  – высокий. В ячейках (ситуациях) A–D таблицы указаны прибыли соответственно 1 и 2 игроков. Единственное некооперативным равновесием по Нэшу (ячейка D) оказывается неэффективным – ни одному из агентов не удастся увеличить прибыль, снизив уровень загрязнения. Осуществить переход в ячейку A (с той же прибылью игроков, но низким уровнем загрязнения) возможно (по Самуэльсону) путем вмешательства «правительства» (координирующего органа) установлением штрафов или квот на выбросы. Но никакое правительство не поможет, если в ячейке D значение прибыли поменять, например, на (100, 100)!

		2	
		$H_2$	$B_2$
1	$H_1$	A 20; 20	B -5; 15
	$B_1$	C 15; -5	D 10; 10

		2	
		$H_2$	$B_2$
1	$H_1$	A 10; 7	B 0; 9
	$B_1$	C 8; 0	D 1; 1

		2	
		$H_2$	$B_2$
1	$H_1$	A 8.9; 8.1	B 0; 8
	$B_1$	C 8; 0	D 1; 1

Какой же выход из сложившейся ситуации? Во-первых, получение «объективных» значений «выигрышей» (рассчитываемых с учетом параметров, о которых говорилось выше); во-вторых, необходимо отойти от концепции «некооперативного равновесия по Нэшу». Обоснование последнего утверждения вытекает из следующего простого обобщения модели Самуэльсона (табл. 5). В этой игре два равновесия по Нэшу (ячейки A и D), причем в равновесии A выигрыш каждого игрока в 2 раза больший (с учетом низкого загрязнения) и казалось бы, что агенты могли бы договориться о выборе равновесия A. Однако, если от ситуации A риск отклонения каждым из игроков очень высок (теряя всего при этом 25% выигрыша, одновременно принося убытки конкуренту), то отклоняться от ситуации D в принципе не выгодно каждому игроку. Концепция равновесия по Нэшу с учетом эффективности по выигрышу и эффективности по риску принадлежит нобелевским лауреатам за 1994 г. Дж. Харшани и Р. Зельтену [Харшани, 2001]. Но и этот подход не позволяет существенно изменить ситуацию принятия решений при реализации КП, что показывает следующий пример (табл. 5).

Здесь равновесие по Нэшу (ячейка D) единственное, но «очень неэффективное». Ячейка A дает каждому игроку выигрыши существенно большие, однако игроку 2 выгодно отклониться от ситуации A. Как «заставить» игроков выбрать ситуацию A? «Более богатый» игрок 1 может добровольно передать

второму игроку 1,1 единиц своего выигрыша. В результате ситуация А станет равновесной по Нэшу (табл.6)

Пожертвовав 11% выигрыша (или, другими словами, на 11% учтя интересы противоположной стороны) игрок 1 получает 7,9 дополнительной прибыли (на 790% большей по сравнению с ситуацией D!).

Формально концепция «компромисс ради решения конфликта» (каждый игрок выбирает стратегии индивидуально (некооперативно), но учитывает при этом интересы остальных агентов) разработана в [Мащенко, 2007, 2009], где предложен принцип «индивидуальной оптимальности». Он обоснован, в первую очередь, для одноцелевых игр, в которых у всех агентов цель одна, но она характеризуется для каждого своей функцией выигрыша (полезности).

Рассматривается задача коллективного принятия решений в следующей постановке:

$$\begin{aligned} u_i(x) \rightarrow \max, i \in N = \{1, n\}, u \geq 2, \\ x \in X = \prod_{i=1}^n X_i \end{aligned} \quad (3)$$

где  $u_i$  – скалярная функция полезности  $i$ -го агента;  $X_i$  – множество его стратегий;  $x = (x_1, \dots, x_n)$  – ситуация принятия решений.

«Объективную» функция полезности каждого агента необходимо конструировать с учетом всех возможных аспектов. Стратегии поведения, и соответственно, ситуации игры определяются выбором принципов распределения квот на выбросы и анализа полученных распределений.

Принцип индивидуальной оптимальности базируется на следующем специальном отношении доминирования по Нэшу.

*Определение 1.* Ситуация  $y$  находится в отношении сильного NE-доминирования агента  $i \in N$ , если

$$u_j(y_i, x_{N \setminus i}) > u_j(x), \forall j \in N. \quad (4)$$

Обратим внимание, что в (4) анализируется влияние изменения стратегии  $i$ -м игроком (с  $x_i$  на  $y_i$ ) на значения функций полезности всех игроков (в частности,  $i$ -го, что определяет равновесие по Нэшу).

*Определение 2.* Ситуация  $x^*$  называется слабым индивидуально-оптимальным равновесием, если не существует такого игрока  $i \in N$  и ситуации  $x \in X$ , которая бы сильно доминировала  $x^*$  по Нэшу.

Применение слабых индивидуально-оптимальных равновесий мотивируется таким сценарием. Игроки заключают необязательный договор (игроки прислушиваются к научно-обоснованным рекомендациям экспертов) о том, что они будут придерживаться ситуации  $x^*$ . В том и только в том случае, когда основанием соглашения выступает слабая индивидуально-оптимальная ситуация, изменения любым игроком  $i \in N$  согласованной с другими игроками стратегии  $x_i^*$  на другую, всегда будет приводить к ситуации, которая не будет лучшей  $x^*$  хотя бы для одного игрока. Поскольку эта ситуация может не быть наилучшей для всех игроков одновременно, то она и является компромиссом.

В [Мащенко, 2009] приводятся необходимые и достаточные условия индивидуальной оптимальности, критерий оценки ее «стабильности», принципе выбора и индивидуально-оптимальных равновесий.

---

## Заключение

В работе проанализировано принципы неэффективности КП, предлагаются концепции, для которых должны базироваться механизмы распределений квот на выбросы. Утверждается, что наиболее адекватным принципом выбора конкретной ситуации принятия коллективных решений при распределении квот на выбросы является принцип индивидуальной оптимальности, соответствии с которым каждый

участник стремится к «компромиссу ради достижения конфликта», выбирая свои стратегии индивидуально (некооперативно), но учитывая при этом интересы остальных участников. Авторы надеются, что приемлемое для всех стран концепция распределения квот на выбросы будет базироваться на изложенном принципе индивидуальной оптимальности и призывают использовать ее для построения адекватных математических моделей.

### Благодарности

Статья частично финансирована из проекта ITNEA XXI Института Информационных теорий и Приложений FOI ITNEA и Консорциума FOIBulgaria ([www.itea.org](http://www.itea.org), [www.foibg.com](http://www.foibg.com)).

### Литература

- [Самуэльсон, 2008] Самуэльсон П., Нордхаус В. Экономика.–М.: Вильямс, 2008.–1360с.
- [Волошин, 2006] Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Теорія прийняття рішень.– К.: ВПЦ «Київський ун-т», 2006.– 304 с.
- [UNDPreport, 2008] Переговоры по смягчению последствий изменения климата, с уделением особого внимания опциям для развивающихся стран <http://www.undp.org>
- [Волошин, 2009] Волошин А., Горицына И. Механизмы распределения квот на выбросы по Киотскому протоколу";. In: International Book Series "Information Science and Computing", 2009. -V. 3/2009, N10. - P. 175-181
- [Мащенко, 2004] Мащенко С.О., Павлюченко О.Г. Общие условия векторного равновесия по Нэшу (укр.) // Вестник Киевского университета. Серия: физ.-мат. науки, 2004, №4.– С.212-217.
- [Мащенко, 2007] Мащенко С.О. Исследование стабильности равновесий на основе принципа индивидуальной оптимальности // Кибернетика и системный анализ, 2007, №.– С.162-169.
- [Мащенко, 2009] Мащенко С.О. Индивидуально-оптимальные равновесия некооперативных игр в отношениях предпочтения // Кибернетика и системный анализ, 2009, №1.– С.171-179.
- [Харшаньи, 2009] Харшаньи Дж., Зельтен Р. Общая теория выбора равновесия в играх.–С.-Пб.:Экономическая школа, 2001.–206 с.

### Информация об авторах



**Волошин Алексей** – доктор технических наук, профессор, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина, 01017 Киев, ул. Владимирская, 64; e-mail: [ovoloshin@unicyb.kiev.ua](mailto:ovoloshin@unicyb.kiev.ua)

**Сфера научных интересов:** принятие решений, системы поддержки принятия решений, математическая экономика, экспертные системы, е-образование



**Горицына Ирина**– кандидат экономических наук, старший научный сотрудник; Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина, 01017 Киев, ул. Владимирская, 64; e-mail: [goritsyna@mail.ru](mailto:goritsyna@mail.ru)

**Сфера научных интересов:** эколого-экономическое моделирование, принятие решений, информационные технологии



**Мащенко Сергей**– кандидат физ.-мат. наук, доцент; Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина, 01017 Киев, ул. Владимирская, 64; e-mail: [msomail@yandex.ru](mailto:msomail@yandex.ru)

**Сфера научных интересов:** методы оптимизации, принятие решений, системы поддержки принятия решений, теория игр