



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Альтернативные версии рейтинга экономической конкурентоспособности стран мира, построенные с помощью методов теории коллективного выбора

Захлебин Игорь Владимирович
Субочев Андрей Николаевич

Международная научно-учебная лаборатория анализа и выбора решений
НИУ ВШЭ

Всемирный экономический форум (до 1987 г. - Европейский форум менеджмента) - независимая международная неправительственная организация, располагающаяся в Колоньи (пригороде Женевы). ВЭФ был основан в 1971 г. Клаусом Швабом, профессором Университета Женевы.



Свою цель ВЭФ определяет как *«улучшение состояния мира при помощи привлечения лидеров бизнеса, членов правительств и ученых к обсуждению глобальных, региональных и отраслевых вопросов»*.

Членами ВЭФ являются около тысячи компаний и организаций, чье влияние определяет развитие своих регионов или областей деятельности. ВЭФ наиболее известен организацией ежегодных встреч в Давосе, посвященных обсуждению острых мировых проблем, включая здравоохранение и охрану окружающей среды.

Начиная с 1979 г. ВЭФ ежегодно публикует **Глобальный отчет о конкурентоспособности (Global Competitiveness Report)**.

С 2004 г. включительно в отчете ВЭФ публикуется

Индекс мировой конкурентоспособности (Global Competitiveness Index, GCI),

«измеряющий совокупность институтов, политик и факторов, определяющих устойчивый текущий и среднесрочный уровни экономического благосостояния».

Авторы индекса: Хавьер Сала-и-Мартин и Эльза Артади.

При расчете GCI используются следующие 12 базовых показателей (т.н. pillars):

- 1) институты (правовая и административная база);
- 2) инфраструктура;
- 3) макроэкономическая обстановка;
- 4) здравоохранение и начальное образование;



Подындекс базовых
требований

- 5) высшее и доп. образование;
- 6) эффективность рынка благ;
- 7) эффективность рынка труда;
- 8) развитость финансового сектора;
- 9) технологическая готовность;
- 10) размер реального сектора экономики;



Подындекс
эффективности

- 11) уровень ведения бизнеса (business sophistication);
- 12) инновационное развитие.



Подындекс
инноваций и развития

Значение подындкса равно среднему арифметическому значений входящих в него базовых показателей. Значение индекса равно взвешенной сумме значений подындксов. Веса для стран, стоящих на разных ступенях развития – разные.

Ступень развития страны	Ступень 1	Переход с 1 на 2 ступень	Ступень 2	Переход с 2 на 3 ступень	Ступень 3
ВВП на душу населения (в долларах США)	< 2 000	2 000-2 999	3 000-8 999	9 000-17 000	> 17 000
Вес подындкса базовых требований	60%	40-60%	40%	20-40%	20%
Вес подындкса эффективности	35%	35-50%	50%	50%	50%
Вес подындкса инноваций и развития	5%	5-10%	10%	10-30%	30%

Страна	Ранг по базовым показателям (pillars)												Ранг по GCI 2010-2011
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Бразилия	93	62	111	87	58	114	96	50	54	10	31	42	58
Вьетнам	74	83	85	65	93	60	30	65	65	35	64	49	59
Словакия	89	57	32	45	53	51	40	37	34	58	57	85	60
Турция	88	56	83	72	71	59	127	61	56	16	52	67	61
Шри-Ланка	55	70	124	35	62	47	104	52	84	68	39	40	62
Россия	118	47	79	53	50	123	57	125	69	8	101	57	63
Уругвай	39	53	107	47	40	74	119	70	50	88	83	58	64
Иордания	41	61	103	66	57	46	112	54	62	84	66	68	65
Мексика	106	75	28	70	79	96	120	96	71	12	67	78	66
Румыния	81	92	78	63	54	76	76	81	58	43	93	87	67
Колумбия	103	79	50	79	69	103	69	79	63	32	61	65	68
Иран	82	74	45	54	87	98	135	120	96	20	91	66	69

В каждом рейтинге 139 позиций.

В методике расчета индекса мировой конкурентоспособности мы выделяем следующие недостатки:

- 1) производится сложение разнородных величин (значений базовых показателей), без теоретического обоснования его возможности;
- 2) значения весов основываются на экспертных оценках, что ставит под сомнение объективность рейтинга и дает возможность манипулировать им;
- 3) для определения весов используются сторонние величины (ВВП на душу населения, для некоторых стран – доля минеральных ресурсов в экспорте).

Предлагается:

заменить на этапе финального агрегирования **количественный** (кардинальный) метод взвешенной суммы, на какой-либо из **порядковых** ординальных методов, свободных от вышеуказанных недостатков.

В настоящей работе для построения альтернативных версий агрегированного ранжирования были использованы заимствованные из теории коллективного выбора методы, основанные на мажоритарном отношении (правиле большинства), такие как:

- правило Коупланда;
- сортировка с помощью турнирных решений (непокрытого множества, минимального внешнеустойчивого множества);
- марковский метод (стохастический метод собственного вектора).

A – множество альтернатив, $|A|=m, m \geq 3$

N – группа лиц, участвующих в процессе принятия коллективного решения, $|N|=n, n \geq 2$

$\mu \subseteq A \times A$ – мажоритарное отношение, $(x, y) \in \mu \Leftrightarrow$ большинство лиц из N считают x лучше чем y .

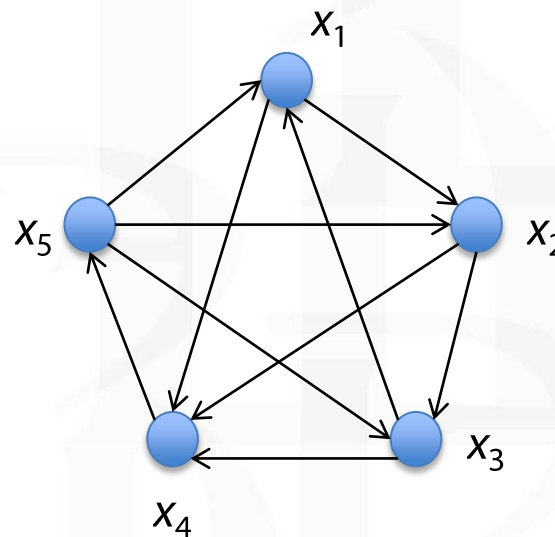
$\mathbf{M}=[m_{ij}]$ – матрица, представляющая μ , $m_{xy}=1 \Leftrightarrow (x, y) \in \mu$, $m_{xy}=0 \Leftrightarrow (x, y) \notin \mu$

$\tau \subseteq A \times A$ – отношение равенства голосов, $(x, y) \notin \mu \ \& \ (y, x) \notin \mu \Leftrightarrow (x, y) \in \tau \ \& \ (y, x) \in \tau$

$\mathbf{T}=[\tau_{ij}]$ – матрица, представляющая τ .

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1	0	1	0	1	0
x_2	0	0	1	1	0
x_3	1	0	0	1	0
x_4	0	0	0	0	1
x_5	1	1	1	0	0

Мажоритарная матрица \mathbf{M}



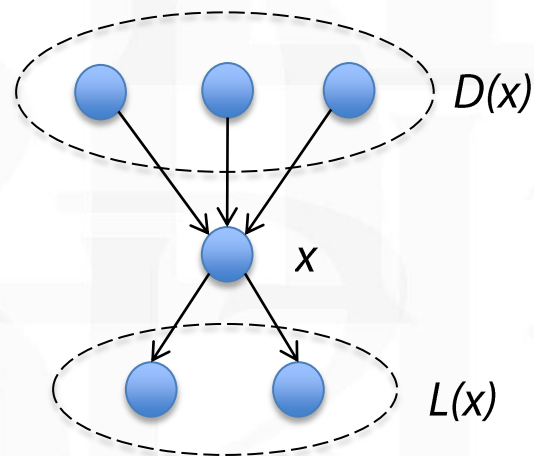
Орграф мажоритарного отношения μ

При парном сравнении альтернатив:

- чем **больше** число альтернатив, которые **хуже**, чем альтернатива x , тем **лучше** данная альтернатива в целом;
- чем **меньше** число альтернатив, которые **лучше** альтернативы x , тем **лучше** альтернатива x в целом.

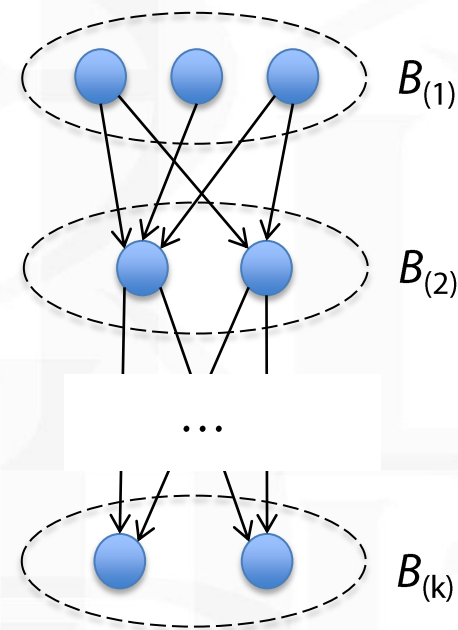
Ранжирование по Коупланду есть упорядочение альтернатив по числу очков $s(x)$, которые присуждаются одним из трех способов:

- Версия 1. $s_1(x) = |L(x)| - |D(x)|$
- Версия 2. $s_2(x) = |L(x)|$
- Версия 3. $s_3(x) = |A| - |D(x)|$



Рассмотрим итерационную процедуру:

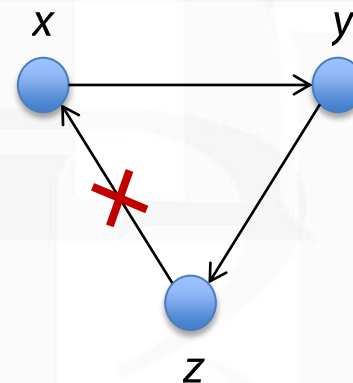
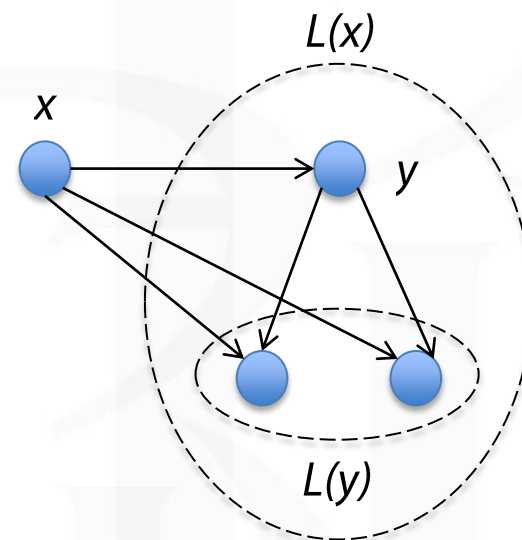
- **Турнирное решение** $S(\mu, A)$ определяет множество $B_{(1)}$ наилучших альтернатив в A , $B_{(1)} = S(\mu, A)$. Это альтернативы «первого сорта».
- Если повторить процедуру выбора для множества $A \setminus B_{(1)}$, то будет определено множество $B_{(2)} = S(\mu, A \setminus B_{(1)}) = S(\mu, A \setminus S(\mu, A))$ – альтернативы «второго сорта».
- Повторяя операцию удаления наилучших альтернатив, определенных на предыдущем этапе, за конечное число шагов множество A делится на группы альтернатив разных сортов, $B_{(k)} = S(\mu, A \setminus (B_{(k-1)} \cup B_{(k-2)} \cup \dots \cup B_{(2)} \cup B_{(1)}))$, что и будет искомым ранжированием.



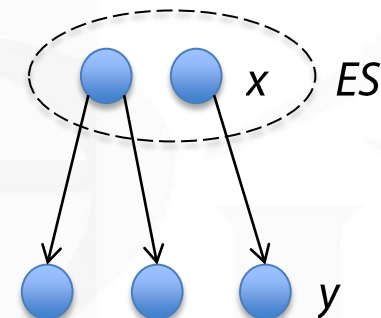
Альтернатива x **покрывает** альтернативу y , если x доминирует и над y , и над всеми альтернативами, над которыми доминирует y , $x \succ y \ \& \ L(y) \subseteq L(x)$.

То есть для большинства голосующих x лучше чем y , и не существует такой альтернативы z , которая была бы хуже (для большинства) чем y ($z \succ y$) и одновременно не хуже чем x ($z \succ x \vee z \sim x$).

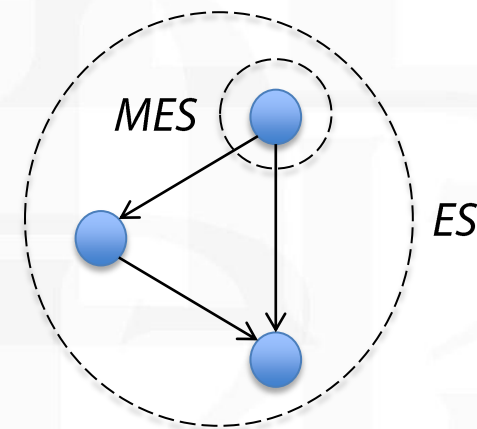
Наилучшими являются альтернативы, не покрытые никакими другими альтернативами, их множество называется **непокрытым множеством UC**.



Множество ES обладает внешней устойчивостью (соответственно, называется **внешнеустойчивым**), если для любой альтернативы y , не принадлежащей ES , в множестве ES найдется альтернатива x , которая лучше (для большинства), чем y , $\forall y \notin ES \exists x: x \in ES \ \& \ x \succ y$.

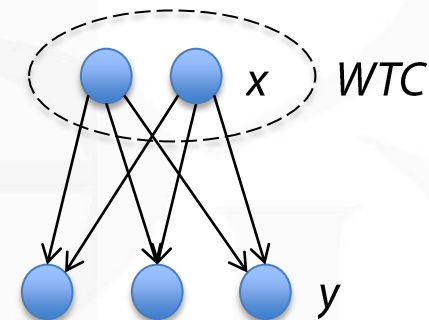


Внешнеустойчивое множество называется **минимальным**, если ни одно из его собственных непустых подмножеств не является внешнеустойчивым. Наилучшей считается альтернатива, принадлежащая хотя бы одному минимальному внешнеустойчивому множеству, поэтому решением является объединение минимальных внешнеустойчивых множеств, которое обозначается MES .



Множество D , $D \subseteq A$, называется доминирующим, если каждая альтернатива из D доминирует над каждой альтернативой вне D .
 $\forall x, x \in D \Leftrightarrow \{\forall y \in A \setminus D \Rightarrow x \succ y\}$.

Слабый максимальный цикл WTC – это минимальное доминирующее множество, то есть доминирующее множество, ни одно из собственных непустых подмножеств которого не является доминирующим.



Осуществим первичную сортировку альтернатив с помощью слабого максимального цикла WTC . Место в рейтинге альтернатив разных сортов определено отношением μ .

Чтобы построить рейтинг альтернатив одного сорта $B_{(s)}$ рассмотрим процесс случайного блуждания по орграфу, представляющему сужение мажоритарного отношения на $B_{(s)}$. Он осуществляется по следующему правилу:

- наблюдатель находится в одной из вершин орграфа, например в x ;
- время дискретно, в каждый момент времени k случайным образом выбирается другая вершина y ($y \in B_{(s)} \setminus \{x\}$), и если она не хуже текущей ($\mu x \succ \mu y$), то наблюдатель переходит в нее.

Перенумеруем альтернативы в $B_{(s)}$. Пусть $\mathbf{p}^{(k)}$ – это вектор, i -ая компонента которого $p_i^{(k)}$ есть вероятность того, что в момент времени k наблюдатель окажется в вершине номер i . Чем больше $p_i^{(k)}$, тем лучше соответствующая альтернатива.

Вектор $\mathbf{p}^{(k)}$ есть решение системы разностных уравнений:

$$\mathbf{p}^{(k)} = \mathbf{W} \cdot \mathbf{p}^{(k-1)} = (\mathbf{M} + \mathbf{T} + \mathbf{S}) \cdot \mathbf{p}^{(k-1)} / (m-1),$$

где матрица $\mathbf{S} = [s_{ij}]$ определяется так: $s_{ij} = |L(i)|$ и $s_{ij} = 0$ при $i \neq j$.

Т.о. блуждания по орграфу есть марковский процесс с матрицей перехода \mathbf{W} .

Рассмотрим вектор $\mathbf{p} = \lim_{k \rightarrow \infty} \mathbf{p}^{(k)}$. Он не зависит от начальных условий (от $\mathbf{p}^{(0)}$) и является собственным вектором матрицы \mathbf{W} , соответствующим собственному значению $\lambda = 1$.

Соответственно, найти \mathbf{p} можно, решив систему линейных уравнений

$$\mathbf{W} \cdot \mathbf{p} = \mathbf{p}.$$

Искомое ранжирование есть упорядочение альтернатив по убыванию значений компонент

p_j .



Результаты вычислений – верхняя часть рейтинга

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

	Индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	правило Коупланда (2 версия)	правило Коупланда (3 версия)	непокрытое множество <i>UC</i>	минимальное внешне-устойчивое множество <i>MES</i>	марковский метод
Число позиций в рейтинге	139	87	89	26	26	139
Швейцария	1	1	1	1	1	1
Сингапур	3	2	1	1	1	2
Швеция	2	2	2	2	2	3
Гонконг	11	3	3	2	2	4
Германия	5	8	7	4	4	5
Нидерланды	8	6	5	3	4	6
Финляндия	7	4	4	3	3	7
Дания	9	4	4	3	3	8
Канада	10	5	6	3	4	9
Великобритания	12	7	7	4	5	10
Новая Зеландия	23	11	11	4	4	11
Япония	6	8	9	4	5	12
Тайвань	13	9	10	4	4	13
Люксембург	20	8	10	4	5	14
Норвегия	14	8	11	4	4	15
Австралия	16	10	11	4	5	16
США	4	9	8	4	5	17
Катар	17	15	15	6	7	18
Бельгия	19	10	9	4	5	19
Исландия	31	12	12	4	5	20



Положение РФ по отношению к другим странам

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

	Базовые показатели (pillars)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ранг России	118	47	79	53	50	123	57	125	69	8	101	57
Число стран, стоящих выше России	117	46	78	52	49	122	56	124	68	7	100	56
Число стран, стоящих ниже России	21	92	60	86	89	16	82	14	70	131	38	82

	индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	правило Коупланда (2 версия)	правило Коупланда (3 версия)	непокрытое множество UC	минимальное внешнеустойчивое множество MES	марковский метод
Число позиций в рейтинге	139	87	89	26	26	139
Ранг России	63	44	42	13	12	58
Число стран, стоящих выше России	62	68	61	60	56	57
Число стран, стоящих ниже России	76	69	76	69	69	81



Корреляционный анализ

Доля строго согласующихся пар R_{strict} (в %)

	индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	правило Коупланда (2 версия)	правило Коупланда (3 версия)	непокрытое множество UC	минимальное внешнеустойчивое множество MES	марковский метод
индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	100	94	93	91	90	94
правило Коупланда (2 версия)	94	100	98	94	93	97
правило Коупланда (3 версия)	93	98	100	94	93	97
непокрытое множество UC	91	94	94	100	95	93
минимальное внешнеустойчивое множество MES	90	93	93	95	100	93
марковский метод	94	97	97	93	93	100

Доля нестрого согласующихся пар R_{weak} (в %)

	индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	правило Коупланда (2 версия)	правило Коупланда (3 версия)	непокрытое множество UC	минимальное внешнеустойчивое множество MES	марковский метод
индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	100	94	94	96	96	94
правило Коупланда (2 версия)	94	100	99	99	99	97
правило Коупланда (3 версия)	94	99	100	99	99	98
непокрытое множество UC	96	99	99	100	100	99
минимальное внешнеустойчивое множество MES	96	99	99	100	100	99
марковский метод	94	97	98	99	99	100

Коэффициент Кендалла τ_b

	индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	правило Коупланда (2 версия)	правило Коупланда (3 версия)	непокрытое множество UC	минимальное внешнеустойчивое множество MES	марковский метод
индекс мировой конкурентоспособности 2010-2011	1	0,88	0,87	0,87	0,85	0,87
правило Коупланда (2 версия)	0,88	1	0,96	0,94	0,92	0,94
правило Коупланда (3 версия)	0,87	0,96	1	0,94	0,93	0,95
непокрытое множество UC	0,87	0,94	0,94	1	0,95	0,92
минимальное внешнеустойчивое множество MES	0,85	0,92	0,93	0,95	1	0,91
марковский метод	0,87	0,94	0,95	0,92	0,91	1

1. Aleskerov F., Subochev A. Modeling optimal social choice: matrix-vector representation of various solution concepts based on majority rule // Journal of Global Optimization. 2012. DOI 10.1007/s10898-012-9907-2.
2. Subochev A. Dominant, Weakly Stable, Uncovered Sets: Properties and Extensions: Working paper WP7/2008/03. Moscow: SU - Higher School of Economics. 2008.
3. Алескеров Ф.Т., Писляков В.В., Субочев А.Н., Чистяков А.Г. Построение рейтингов журналов по менеджменту с помощью методов теории коллективного выбора: препринт WP7/2011/04. М.: НИУ ВШЭ. 2011.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

101000, Россия, Москва, Мясницкая ул., д. 20

Тел.: (495) 621-7983, факс: (495) 628-7931

www.hse.ru