

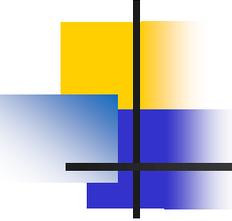
**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НАУЧНОЙ СФЕРЫ
В ГРУППЕ СТРАН «БОЛЬШОЙ ДВАДЦАТКИ»**

Е. П. Моргунов, О. Н. Моргунова

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

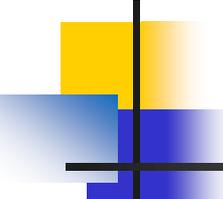
г. Красноярск

emorgunov@mail.ru



Введение

- Актуальная проблема – повышение эффективности научной сферы России.
- Первый шаг – научиться определять достигнутый уровень эффективности системы научного производства, в том числе, в сравнении с другими странами.
- Простого решения этой задачи не существует.
- Формализованные методы не могут дать окончательной оценки. Тем не менее, они могут дать информацию к размышлению.
- Предлагаемая методика – пробный шаг в подходе к решению поставленной задачи.
- Представляется целесообразным сопоставить показатели России в данной сфере с аналогичными показателями группы стран «Большой двадцатки» (G20).



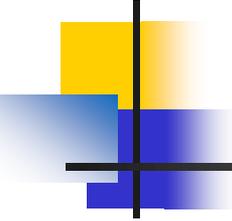
Исходные данные

Источник данных: Доклад ЮНЕСКО по науке. На пути к 2030 году. – Париж : Изд-во ЮНЕСКО ; М. : Издательский Дом МАГИСТР-ПРЕСС, 2016. – xxiii, 794 с.

Показатели:

1. Население страны (млн чел.) (2014 г.).
2. ВВП страны в текущих ценах по текущему паритету покупательной способности (ППС) (млрд дол. США) (2013 г.).
3. Расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по текущему ППС (в млрд дол. США) (2013 г.).
4. Количество исследователей в эквиваленте полной занятости (тыс. чел.) (2013 г.).
5. Количество научных публикаций, созданных учеными и исследователями данной страны (тыс.) (2014 г.).

Показатель количества публикаций является спорным, он подвергается критике в научном сообществе.



Состав «Большой двадцатки» (G20)

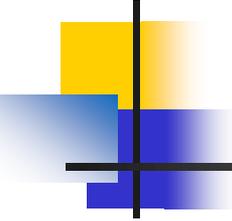
- Австралия, Аргентина, Бразилия, Великобритания, Германия, Индия, Индонезия, Италия, Канада, Китай, Мексика, **Россия**, Саудовская Аравия, США, Турция, Франция, Южная Африка, Южная Корея, Япония, а также Европейский Союз.
- Мы исключили Европейский Союз из рассмотрения, потому что все-таки это не единая страна. Пришлось исключить и Саудовскую Аравию, поскольку для нее в указанном источнике присутствуют не все исходные данные.
- Однако мы посчитали возможным включить в исследование Испанию, которая на всех встречах «Большой двадцатки» присутствовала в качестве приглашенного гостя.

Исходные данные

№ п/п	Страна	Население, млн чел.	ВВП, млрд дол. США	Расходы на НИОКР, млрд дол. США	Колич. исследователей, тыс. чел.	Колич. публикаций, тыс.
1	Австралия	23,6	999,2	21,0	92,6	46,6
2	Аргентина	41,8	857,7	5,2	51,6	7,9
3	Бразилия	202,0	3012,9	35,8	138,7	37,2
4	Великобритания	63,5	2452,7	39,9	259,3	87,9
5	Германия	82,7	3539,3	101,0	360,3	91,6
6	Индия	1267,4	6783,8	48,1	192,8	53,7
7	Индонезия	252,8	2389,0	2,1	21,3	1,5
8	Испания	47,1	1542,8	19,1	123,2	49,2
9	Италия	61,1	2125,1	26,5	118,0	57,5
10	Канада	35,5	1502,9	24,6	156,6	54,6

Исходные данные (продолжение)

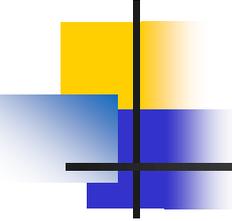
№ п/п	Страна	Население, млн чел.	ВВП, млрд дол. США	Расходы на НИОКР, млрд дол. США	Колич. исследований, тыс. чел.	Колич. публикаций, тыс.
11	Китай	1393,8	16161,7	336,6	1484,0	256,8
12	Мексика	123,8	2002,5	10,0	46,1	11,1
13	Россия	142,5	3623,1	40,7	440,6	29,1
14	США	322,6	16768,1	453,5	1265,1	321,8
15	Турция	75,8	1407,4	13,3	89,1	23,6
16	Франция	64,6	2474,9	55,2	265,2	65,1
17	Южная Африка	53,1	684,0	4,8	21,4	9,3
18	Южная Корея	49,5	1660,4	68,9	321,8	50,3
19	Япония	127,0	4612,6	160,2	660,5	73,1



Взгляд на понятие эффективности с двух позиций

- Эффективность — степень достижения цели с учетом затрат ресурсов и времени
По-английски — «effectiveness»

- Эффективность = $\frac{\text{Результаты}}{\text{Затраты}}$
По-английски — «efficiency»



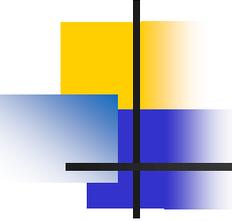
Эффективность системы

Эффективность — комплексное свойство любой целенаправленной деятельности

- проявляется только в процессе функционирования системы
- отражает степень пригодности системы для ее использования по назначению

Эффективность системы определяется

- используемой технологией функционирования
- качеством управления
- условиями функционирования
- качеством ресурсов
- структурой системы

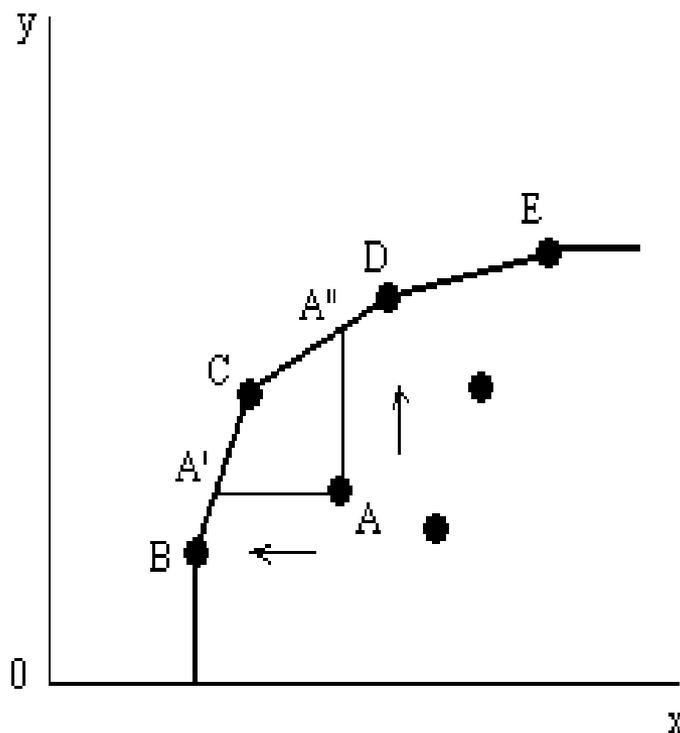


История возникновения метода

Метод Data Envelopment Analysis (DEA) предложили в 1978 г. американские ученые A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes.

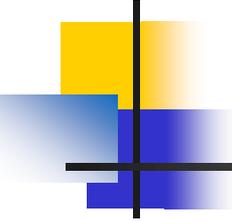
Charnes, A. Measuring the efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European journal of operational research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.

Идея метода DEA



Выпуклая оболочка

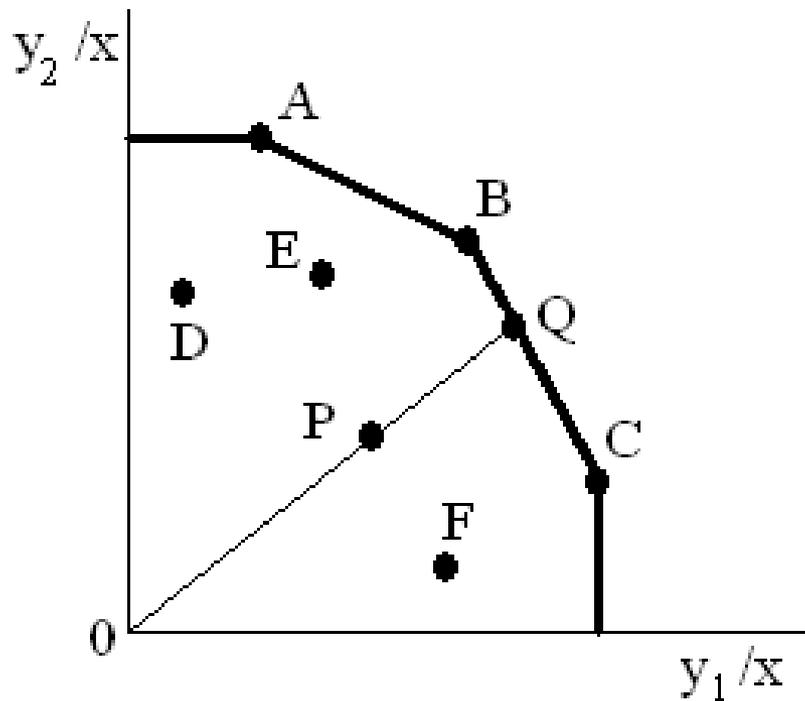
Стрелками показано направление *проецирования* объектов на границу эффективности (ориентация на вход или на выход)



Идея метода DEA (продолжение)

- Метод является способом оценки производственной функции.
- Граница эффективности является базовым понятием метода.
- Она строится в многомерном пространстве входных и выходных показателей, описывающих оцениваемые объекты.
- Входные показатели – ресурсы, выходные показатели – продукция.
- Степень эффективности конкретного объекта определяется расстоянием между точкой, соответствующей ему, и границей эффективности.
- Объекты, находящиеся на границе, считаются эффективными.

Один вход и два выхода (ориентация на выход)



Входная переменная – x

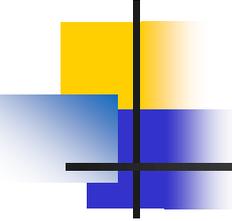
Выходные переменные – y_1, y_2

Эффективность объекта P

$$\text{Eff}_P = \frac{OP}{OQ}$$

A, B и C – эффективные объекты

D, E, F и P – неэффективные объекты



Модель ВСС (Banker, Charnes, Cooper)

$$\max_{\varphi, \lambda} (\varphi),$$

$$\mathbf{X}\lambda \leq \mathbf{x}_0,$$

$$\varphi \mathbf{y}_0 - \mathbf{Y}\lambda \leq \mathbf{0},$$

$$\mathbf{e}\lambda = 1,$$

$$\lambda \geq \mathbf{0}.$$

n – число объектов

m – число входных показателей

s – число выходных показателей

\mathbf{X} – матрица входных показателей для всех n объектов (размерность $m \times n$)

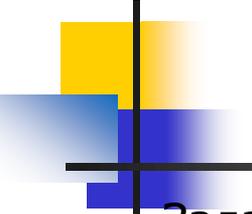
\mathbf{Y} – матрица выходных показателей для всех n объектов (размерность $s \times n$)

\mathbf{x}_0 и \mathbf{y}_0 – вектор-столбцы входных и выходных показателей для оцениваемого объекта

λ – вектор констант (размерность $n \times 1$)

\mathbf{e} – единичный вектор-строка

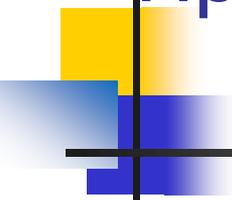
Скаляр $\varphi \geq 1$ – мера (показатель) эффективности объекта



Правила применения метода DEA

- Задача решается M раз (т. е. для каждого объекта): если $\varphi = 1$, то объект эффективен, если $\varphi > 1$, то объект неэффективен.
- Неэффективные объекты можно спроецировать на границу эффективности, получив линейную комбинацию $(X\lambda, Y\lambda)$ – гипотетический эталонный объект.
- В этой линейной комбинации веса эффективных (эталонных) объектов будут ненулевыми, а веса неэффективных объектов будут равны нулю (т. е. $\lambda_j = 0$).
- Значения коэффициентов λ_j отражают степень подобия неэффективного объекта эталонным объектам с точки зрения соотношения значений его показателей и соотношения значений показателей эффективных эталонных объектов.
- Для объектов с $\varphi > 1$ могут быть установлены **цели**: пропорциональное увеличение их выходных показателей в φ раз при сохранении входных показателей на прежнем уровне.

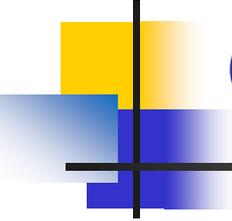
Привлекательные свойства метода DEA (1)



- позволяет вычислить один агрегированный – скалярный – показатель для каждого объекта
- может одновременно обрабатывать много входов и много выходов, каждый из которых при этом может измеряться в различных единицах измерения
- производит конкретные оценки желательных изменений во входах/выходах, которые позволили бы вывести неэффективные объекты на границу эффективности
- не требует априорного указания весовых коэффициентов для переменных, соответствующих входным и выходным показателям при решении задачи оптимизации

Привлекательные свойства метода DEA (2)

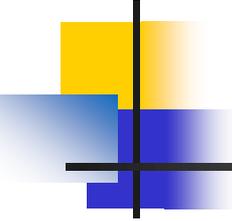
- не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами
- позволяет при необходимости учесть предпочтения менеджеров, касающиеся важности тех или иных входных или выходных переменных
- позволяет учитывать внешние по отношению к рассматриваемой системе переменные – факторы окружающей среды
- формирует Парето-оптимальное множество точек, соответствующих эффективным объектам
- концентрируется на выявлении примеров так называемой *лучшей практики* (best practice), а не на каких-либо усредненных тенденциях, как, например, регрессионный анализ



Сферы применения метода

- государственное управление
- промышленность и сельское хозяйство
- военная сфера
- образование и здравоохранение
- транспорт
- финансовая сфера и торговля
- энергетика и энергоснабжение
- спорт

Метод особенно полезен в тех сферах, в которых неприменимы финансовые показатели эффективности: прибыль и т. п.



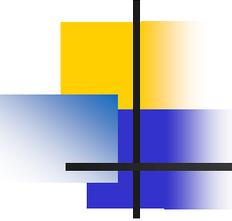
Метод DEA в России

Первые в России – В. Е. Кривоножко и его аспиранты и коллеги из Института системного анализа РАН, Ю. В. Федотов из СПбГУ. Их первые статьи по этому методу вышли еще в конце 90-х годов прошлого столетия.

Кривоножко, В. Е. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. В. Лычев. – М. : Издательский отдел факультета ВМ и К МГУ ; МАКС Пресс, 2010. – 208 с.

Русскоязычное название

- В. Е. Кривоножко и его коллеги используют название – «Анализ Среды Функционирования» (АСФ).
- Другие варианты: «метод обволакивающей поверхности», «метод оболочки данных», «анализ свертки данных», «непараметрический метод анализа оболочки данных (АОД)», «анализ „упаковки“ (охвата) данных», DEA-анализ.

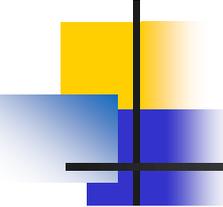


Первый этап исследования

Оценка эффективности, с которой разные страны формируют свой научный потенциал

Другими словами, насколько им это удастся при имеющихся у них человеческих ресурсах («Население страны») и финансовых ресурсах («ВВП страны»).

- Будем считать, что составляющими научного потенциала являются два компонента: исследователи и финансирование их исследований.
- Входные показатели: «ВВП страны» и «Население страны».
- Выходные показатели (результаты): «Расходы на НИОКР» и «Количество исследователей».
- Воспользуемся моделью ВСС, *ориентированной на выход*, поскольку желательным изменением значений показателей в случае, когда необходимо повышение эффективности формирования научного потенциала какой-либо страны, было бы *увеличение* числа исследователей и расходов на НИОКР.



Результаты исследования (этап 1)

Номер п/п	Страна	Эффективность	Номер п/п	Страна	Эффективность
1	Австралия	1,000	11	Франция	0,684
2	Китай	1,000	12	Великобритания	0,677
3	США	1,000	13	Испания	0,435
4	Южная Африка	1,000	14	Турция	0,365
5	Южная Корея	1,000	15	Бразилия	0,323
6	Япония	1,000	16	Италия	0,320
7	Германия	0,873	17	Индия	0,241
8	Россия	0,806	18	Мексика	0,128
9	Аргентина	0,792	19	Индонезия	0,053
10	Канада	0,791			

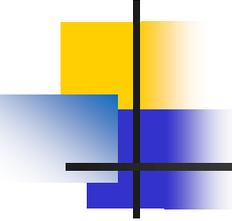
Результаты исследования (этап 1)

В качестве эталонных объектов для России «назначены» Южная Корея и Япония с весовыми коэффициентами 0,335 и 0,665 соответственно.

Страна	Население	ВВП	Расходы на НИОКР	Колич. исследователей	Колич. публикаций
Россия	142,5	3623,1	40,7	440,6	29,1
Южная Корея	49,5	1660,4	68,9	321,8	50,3
Япония	127,0	4612,6	160,2	660,5	73,1

Результаты для России

Показатель	Исходное значение	Рекомендуемое значение
Расходы на НИОКР	40,7	129,6
Количество исследователей	440,6	547,0

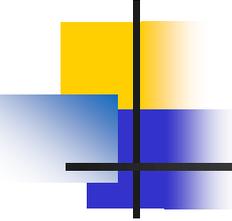


Второй этап исследования

Оценка эффективности, с которой страны *используют* созданный ими научный потенциал

- Воспользуемся той же моделью ВСС, ориентированной на выход.
- Входные показатели (ресурсы): «Количество исследователей» и «Расходы на НИОКР».
- Выходной показатель: «Количество публикаций».

Конечно, использование этого показателя в качестве меры продуктивности научного сообщества вызывает споры.



Результаты исследования (этап 2)

Номер п/п	Страна	Эффективность	Номер п/п	Страна	Эффективность
1	Австралия	1,000	11	Аргентина	0,758
2	Великобритания	1,000	12	Франция	0,723
3	Индонезия	1,000	13	Индия	0,722
4	Испания	1,000	14	Турция	0,715
5	Италия	1,000	15	Бразилия	0,597
6	Китай	1,000	16	Мексика	0,514
7	США	1,000	17	Южная Корея	0,490
8	Южная Африка	1,000	18	Япония	0,468
9	Канада	0,923	19	Россия	0,329
10	Германия	0,814			

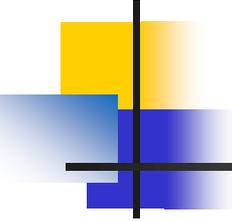
Результаты исследования (этап 2)

В качестве эталонных объектов для России «назначены» Китай и Великобритания с весовыми коэффициентами 0,003 и 0,997 соответственно.

Страна	Население	ВВП	Расходы на НИОКР	Колич. исследований	Колич. публикаций
Россия	142,5	3623,1	40,7	440,6	29,1
Китай	1393,8	16161,7	336,6	1484,0	256,8
Великобритания	63,5	2452,7	39,9	259,3	87,9

Результаты для России

Показатель	Исходное значение	Рекомендуемое значение
Количество публикаций	29,1	88,4

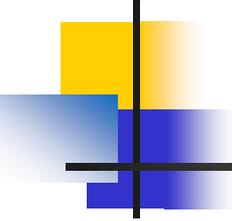


Попытка анализа

- ❑ Конечно, нельзя считать, что наука России хуже, чем наука, скажем, Южной Африки или Индонезии, которые в этом случае получили высшие оценки эффективности.
- ❑ Это говорит лишь о том, что эти страны сумели лучше распорядиться своим научным (вообще говоря, небольшим) потенциалом с позиции публикации научных статей.
- ❑ Однако ни у Индонезии, ни у Южной Африки нет ни космической промышленности, ни атомной энергетики.
- ❑ Очень важна еще и структура публикаций по отраслям знаний. Например, в США примерно 50 процентов публикаций сделаны в сфере медицины и биологии, а у России другая структура публикаций по отраслям знаний.

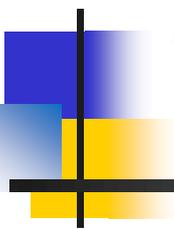
Структура публикаций США и России по отраслям науки

Область знаний	США		Россия	
	2008 г.	2014 г.	2008 г.	2014 г.
Математика	8 533	8 498	1 524	1 573
Астрономия	4 405	5 068	636	747
Физика	25 916	22 591	7 977	7 941
Химия	20 000	21 500	5 671	5 159
Компьютерные науки	5 460	5 909	143	154
Инженерные науки	21 155	23 863	2 171	2 755
Геонауки	17 704	20 386	2 612	3 015
Медицинские науки	86 244	92 957	1 773	1 352
Биологические науки	71 105	65 773	2 341	2 440
Другие науки о жизни	3 858	4 043	9	8
Сельскохозяйственные науки	5 165	5 121	190	186
Психология	3 258	3 583	14	31
Социальные науки	2 414	2 681	21	34
Другие области знаний	14 552	39 873	2 336	3 704
Всего	289 769	321 846	27 418	29 099



Конференция в Красноярске

- XII Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика Михаила Федоровича Решетнева «РЕШЕТНЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ»
- https://reshetnev.sibsau.ru/main_page
- Ориентировочные даты проведения: 08–11 ноября 2018 г.
- Секция 24. Эффективность функционирования сложных систем (теория эффективности, методы исследования, Data Envelopment Analysis / Анализ Среды Функционирования)



Спасибо за внимание
