

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ДИНАМИКИ СТРУКТУРЫ БЮДЖЕТНЫХ РАСХОДОВ

Санкт-Петербург, НИУ «Высшая школа экономики»

В период глобального кризиса, когда государственные расходы на поддержание финансовой системы становятся главным фактором стабилизации мировой экономики, вопросы государственной политики бюджетных расходов выходят на первый план и требуют всестороннего статистического анализа. Поскольку данная проблема еще долгое время будет находиться в центре внимания широкого круга ученых и практиков, насущной задачей экономистов становится разработка простых средств визуализации сложных процессов динамики структуры бюджетных расходов, таких, например, как кривая Лоренца. Вместе с тем традиционные статистические методы анализа структурных сдвигов лишены наглядности и слабо адаптированы для графического представления динамических процессов, поскольку они не позволяют достаточно просто интерпретировать характер и направленность данного процесса, происходящего в многомерном пространстве. В таком пространстве традиционные методы теории динамических рядов неприменимы, в то время как само содержание динамического процесса требует построения неких аналогов линейного тренда и разработки статистических методов «линейности» процесса. Другая сложность геометрического подхода к исследованию динамики структуры состоит в том, что все точки-структуры многомерного пространства лежат в ограниченном подмножестве некоторого гиперпространства. Это следует из того, что координаты структуры положительны, а их сумма равна единице. Указанное обстоятельство налагает ограничения на параметры динамики структуры и, в частности, исключает возможность долгосрочной линейной тенденции ее изменения.

Проблема графического анализа структуры многомерных данных исследована в работе О.Г.Берестневой и других [1], авторы которой используют методы локальной геометрии для получения наглядного визуального представления о логической закономерности в структуре данных, а для реализации этих методов используют математические средства статистических пакетов StatGraphics, Statistica, SPSS. Одним из основных принципов построения интеллектуальной системы они справедливо считают тесную связь между выбранным математическим аппаратом и предметным содержанием рассматриваемой проблемы. Структуру многомерных данных они анализируют с помощью их

геометрического представления в виде точечных скоплений в двумерном пространстве описаний, а для визуализации данных используют distant-алгоритмы упорядочения расстояний между точками-образами.

Попытки ученых-экономистов построить наглядную графическую модель процесса динамики структуры бюджетных расходов неизбежно наталкиваются на сложный, многомерный характер динамики структуры как таковой. Для устранения фактора многомерности некоторые авторы чрезмерно упрощают исследуемые явления, сводя их к двумерным объектам, методы анализа которых хорошо разработаны. Примером служит работа В.Титова и Ю.Перегудова, в которой авторы предложили метод графического представления процесса динамики инвестиций. В целях построения наглядной модели они исключили из рассмотрения многие отрасли экономики, оставив только две из них: сферу услуг и инфраструктурная сфера [2]. Такой подход сопряжен с потерей существенного экономического содержания и не может обеспечить необходимую достоверность и обоснованность выводов.

Предложенный метод применен нами для анализа динамики структуры расходов федерального бюджета США в 2001-2011 г. Она характеризуется десятью основными статьями: пенсионная система, здравоохранение, образование, оборона, социальное обеспечение, правоохранительная деятельность (полиция, суды, тюрьмы и др.), транспорт, управление, другие расходы, процентные платежи [3].

Таблица 1. Структура расходов федерального бюджета США

Статья	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Pens	25,1	25,5	24,7	23,6	23,1	22,6	22,1	23,2	22,1	20,8	21,7	21,5
Heal	19,6	20,9	21,2	21,7	22,2	22,2	21,9	23,5	22,5	21,7	23,7	23,8
Edu	3,3	3,4	3,9	4,2	4,2	4,3	4,8	3,7	3,4	2,5	4,0	3,2
Defe	20,0	19,7	21,0	22,3	23,6	24,3	23,4	23,9	24,5	22,6	24,5	24,4
Wel	9,9	10,1	11,4	11,5	10,6	10,2	9,6	9,6	10,8	11,8	14,5	13,1
Prot	1,6	1,6	1,7	1,6	2,0	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6
Tran	2,6	2,9	3,1	3,1	2,8	2,7	2,6	2,7	2,6	2,3	2,7	2,6
Gov	0,9	0,9	0,9	1,1	1,0	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8
Othe	4,5	3,9	3,6	3,6	3,3	3,8	4,7	2,6	3,3	10,7	0,8	2,7
Inter	12,4	11,1	8,5	7,1	7,0	7,4	8,5	8,7	8,5	5,3	5,7	6,4

Статьи расходов: Pensions, Health Care, Education, Defense, Welfare, Protection, Transportation, General Government, Other Spending, Interest.

Источник: www.usfederalbudget.us

Метод графического представления динамики структуры бюджетных расходов предполагает расчет трех основных характеристик динамики в многомерном пространстве: сдвиг, отклонение и удаление. Структура бюджетных расходов в i -ом году изображается точкой многомерного

евклидова пространства $A_i = (a_1^i, a_2^i, \dots, a_n^i)$, где a_k^i – удельный вес расходов на k -ю статью бюджета в i -ом году (в процентах), n – число статей бюджетных расходов. Соединив соседние точки, мы получим ломаную траекторию структуры в многомерном пространстве, описывающую процесс ее динамики. *Сдвиг структуры* есть евклидово расстояние между точками, задающими структуру в текущем и последующем году. Квадрат расстояния между структурами в i -м и последующем году равен

$$d_{i,i+1}^2 = |A_i A_{i+1}|^2 = \sum_{k=1}^n (a_k^{i+1} - a_k^i)^2.$$

Суммарное значение сдвига равно длине траектории, по которой двигалась точка-структура в многомерном пространстве за весь период времени. Единицей измерения сдвига является процент. *Коэффициент динамического отклонения* структуры бюджетных расходов в i -м году есть косинус угла между входящим звеном ломаной $A_{i-1}A_i$ и ее исходящим звеном A_iA_{i+1} , он равен косинусу соответствующего угла в треугольнике $A_{i-1}A_iA_{i+1}$ и рассчитывается по теореме косинусов:

$$c_i = \frac{d_{i,i-1}^2 + d_{i,i+1}^2 - d_{i-1,i+1}^2}{2d_{i-1}d_{i+1}}.$$

Угол отклонения α_i равен арккосинусу коэффициента динамического отклонения c_i , он измеряется в градусах и лежит в пределах от 0 до 180°. Коэффициент динамического отклонения показывает характер изменения структуры бюджетных расходов в каждом году (изменение ее «курса»). Если он равен минус единице, то входящее звено ломаной и ее исходящее звено лежат на одной прямой, т.е. структура бюджетных расходов изменилась линейным образом, а курс сохранился неизменным. В этом случае говорят о последовательной, преемственной политике бюджетных расходов. Чем больше отклонение показателя от -1, тем более существенным образом изменяется направление (курс) динамики структуры расходов. Нами принята следующая градация значений коэффициента динамического отклонения:

- от -1 до -1/3 – динамику характеризуем как отклонение (изменение курса, близкое к линейному);
- от -1/3 до 1/3 – поворот (изменение, близкое к повороту на 90°);
- от 1/3 до 1 – разворот (изменение, близкое к развороту на 180°).

Показатели «сдвиг структуры» и «коэффициент динамического отклонения» являются статистически независимыми, что подтверждает проведенный нами корреляционный анализ – коэффициент ранговой корреляции между ними в период 2001-2011 гг. близок к нулю.

Удаление – это евклидово расстояние от текущей структуры до фиксированной базовой структуры: $R_i = |A_0 A_i|$, где A_0 – базовая структура,

в настоящем исследовании это структура бюджетных расходов США в 2000 г., она равна (25,1; 19,6; 3,3; 20,0; 9,9; 1,6; 2,6; 0,9; 4,5; 12,4).

Таблица 2. Параметры динамики структуры бюджетных расходов США

№	Период	Значения параметров		Качество параметров	
		Сдвиг	Курс	Сдвиг	Курс
1	2001/2002	3,36	-0,53	большой	отклонение
2	2002/2003	2,29	-0,89	средний	отклонение
3	2003/2004	1,83	-0,35	небольшой	отклонение
4	2004/2005	1,24	-0,25	небольшой	поворот
5	2005/2006	1,95	-0,36	небольшой	отклонение
6	2006/2007	2,75	0,61	средний	разворот
7	2007/2008	2,10	0,55	средний	разворот
8	2008/2009	8,54	-0,46	большой	отклонение
9	2009/2010	10,78	0,87	большой	разворот
10	2010/2011	2,60	0,84	средний	разворот

В табл.2 приведены данные о динамике расходов федерального бюджета США в 2001-2011 гг. Из нее следует, что в докризисный период 2001-2006 гг. коэффициент динамического отклонения («Курс») был отрицателен и большим по модулю. Политика расходов носила поступательный характер, а траектория динамики была близка к прямой линии (исключение составил 2005 г., когда траектория динамики демонстрировала поворот). При этом значения сдвига структуры также были невелики (за исключением 2002 г.). Наоборот, в кризисный период 2006-2011 гг. коэффициент динамического отклонения был положительным и большим по модулю. Политика расходов носила непоследовательный, маятниковый характер и характеризовалась как «разворот» (исключение составил 2009 г., когда траектория динамики демонстрировала отклонение). Наибольшие различия параметров динамики от средних значений были зафиксированы в 2010 г., когда сдвиг структуры и коэффициент отклонения достигли максимальных значений 10,78 и 0,87. В данном году завершились дорогостоящие антикризисные мероприятия, что позволило сократить затраты по статье «Прочие расходы» с 377,1 до 29,7 млрд.долл., т.е. в 12,7 раз, при этом расходы на образование возросли в полтора раза с 89,8 до 139,4 млрд. долл. В предыдущем 2009 г. наблюдалась противоположная тенденция: прочие расходы выросли в 3,8 раза, а затраты на образование сократились на 11%. Столь резкое изменение структуры расходов в 2010 г. отражено максимальными значениями двух основных параметров динамики. В 2009 г. основными тенденциями изменения структуры расходов были увеличение прочих расходов (антикризисные меры), снижение удельного веса процентных выплат, снижение расходов на

образование, увеличение расходов на социальное обеспечение. Поскольку указанные тенденции наблюдались в предыдущем 2008 г., политика бюджетных расходов была поступательной (отклонение), что отражено отрицательным коэффициентом структурных сдвигов (-0,46).

Нами исследован ряд усредненных показателей, характеризующих изменение структуры динамики расходов за исследуемый период и за два периода: докризисный (2001-2006 гг.) и кризисный (2006-2011 гг.):

- среднее значение сдвига $\bar{d}$ характеризует изменчивость структуры и выполняет функцию дисперсии, в докризисный период оно более чем в 2,5 раза меньше, чем в кризисный период (табл.3);

- среднее динамическое отклонение $\bar{c}$ характеризует форму траектории динамики. Если его значение равно -1, то в каждом году изменение носит строго линейный характер, и все точки лежат на одной прямой. Если оно близко к -1, то наблюдается линейная тенденция изменения структуры, и может быть построен многомерный линейный тренд, т.е. точки группируются вокруг некоторой прямой многомерного пространства. Если оно близко к единице, то в каждом году наблюдается возвратная тенденция и динамика структуры является по сути маятниковой. В докризисный период среднее динамическое отклонение составило -0,48, что говорит о поступательном, последовательном характере политики бюджетных расходов. В кризисный период оно равно 0,48, что говорит о непоследовательной, разнонаправленной политике расходов (табл.3);

Таблица 3. Усредненные параметры динамики структуры бюджетных расходов США

№	Показатель	2001-2006	2006-2011	2001-2011
1	Средний сдвиг ($\bar{d}$)	2,13	5,35	3,74
2	Среднее отклонение ($\bar{c}$)	-0,48	0,48	0,00
3	Коэффициент линейности (l)	0,56	0,20	0,20
4	Угловой коэффициент тренда (b)	0,46	0,95	0,54
5	Характер динамики	Отклонение	Разворот	Поворот

- коэффициент линейности динамики структуры l – отношение расстояния между первой и последней структурой и длиной траектории:

$$l = \frac{|A_1 A_n|}{|A_1 A_2| + \dots + |A_{n-1} A_n|}.$$

Если данный показатель равен единице, то все точки-структуры лежат на одной прямой, т.е. наблюдается линейная динамика. Чем ближе его значение к единице, тем ближе тенденция динамики к многомерному линейному тренду. Если показатель равен нулю, то начальная и конечная структуры совпадают, т.е. изменение в целом носит возвратный характер. В докризисный период коэффициент линейности был в 2,5 раза

больше, чем в кризисный период, что подтверждает выводы, полученные при анализе среднего динамического отклонения;

- угловой коэффициент линейного тренда, построенного для значений показателя удаления b , характеризует среднегодовую скорость изменения расстояния между текущей и базовой структурами. В докризисный период средняя скорость удаления от базовой структуры была в два раза меньше, чем в кризисный период (табл.3).

Алгоритм построения графика динамики структуры расходов.

1. Рассчитать необходимые данные: сдвиг, угол отклонения, расстояние до базовой структуры (табл.4). Установить масштаб построения, в нашем случае один процент равен 1 см.

2. Отметить точками плоскости базовую структуру A_0 и начальную структуру A_1 так, чтобы расстояние между ними равнялось R_1 .

3. Отложить от точки A_1 два отрезка A_1A_2 длиной $d_{12} = 3,4$ см так, чтобы угол между отрезками A_0A_1 и A_1A_2 составлял $\alpha_1 = 122^\circ$. Из двух отрезков выбрать тот, у которого расстояние от точки A_2 до базовой структуры ближе к $R_1 = 4,7$ см. Другой отрезок «стереть». Убедиться, что направление изменения структуры невелико (отклонение).

4. Отложить от точки A_2 два отрезка A_2A_3 длиной $d_{23} = 2,3$ см так, чтобы угол между отрезками A_1A_2 и A_2A_3 составлял $\alpha_2 = 153^\circ$. Из двух отрезков выбрать тот, у которого расстояние от точки A_3 до базовой структуры ближе к значению $R_2 = 6,7$ см. Убедиться, что направление изменения структуры меньше, чем на предыдущем этапе. И так далее.

На построенном графике без изменения отображаются две основные характеристики динамики: сдвиг и отклонение. Однако на нем искажается расстояние от текущей структуры до базовой структуры, что не позволяет достоверно оценить степень их различия и определить, удаляется ли она от базовой или приближается к ней с течением времени. Но поскольку предложенный алгоритм требует при построении графика выбирать из двух возможных направлений то, которое в наибольшей степени отвечает критерию удаления от базовой структуры, искажающий эффект ослабляется. Другая особенность метода состоит в том, что пересечение звеньев на графике нельзя трактовать как их пересечение в многомерном пространстве. Так, если на графике произошло совпадение двух структур, относящихся к разным годам, то неверно делать вывод об их равенстве как точек многомерного пространства. Этот недостаток является следствием отображения многомерного пространства в плоскость, которое неизбежно вносит искажающие эффекты.

При построении графической схемы динамики структуры расходов федерального бюджета РФ возникает ряд специфических проблем. Во-первых, статистические данные о расходах федерального бюджета до 2004 г. несовместимы с данными бюджетов последующих годов. Дело в

том, что с 2005 г. изменилась классификация статей расходов, что не позволяет получить общую картину динамики структуры расходов за длительный период времени, например, 2002-2012 гг. Если в бюджете 2004 г. выделены 26 основных статей расходов, то в бюджете 2005 г. их всего 11. Так, в старой классификации имеются статьи расходов, которых нет в новой классификации: «Судебная власть», «Международная деятельность», «Промышленность, энергетика, строительство», «Средства массовой информации», «Обслуживание государственного и муниципального долга», «Исследование и использование космического пространства» и др. [4]. Большинство старых статей вошли в агрегированные статьи новой классификации: «Судебная власть» – в «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность», «Международная деятельность» – в «Общегосударственные вопросы», «Промышленность, энергетика, строительство» – в «Национальная экономика» и т.д. Но вместе с тем остаются спорные вопросы, которые требуют специальных исследований и без основательного решения которых невозможно получить достоверные данные об анализе динамики структуры бюджетных расходов РФ. Поэтому в настоящей работе нет анализа динамики структуры расходов бюджета РФ за период 2001-2012 гг., рассмотренный при анализе бюджетных расходов в США.

Таблица 4. Построение графика динамики структуры бюджетных расходов США

Показатель	Периоды									
	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	8/9	9/10	10/11
Сдвиг (d), см	3,4	2,3	1,8	1,2	1,9	2,7	2,1	8,5	10,8	2,6
Угол отклонения (α), град.	122	153	110	105	111	52	56	118	29	32
Расстояние до базы (R), см	4,7	6,7	7,5	7,6	6,6	7,2	7,4	11,1	11,3	10,0
Характер изменения	О	О	О	П	О	Р	Р	О	Р	Р

Вторая проблема связана с неполнотой статистических отчетов Росстата, которые содержат лишь агрегированные данные о фактических расходах федерального бюджета по статье «Социально-культурные мероприятия». Это не позволяет рассчитать удельные веса фактических расходов отдельно по статьям «Образование», «Культура, кинематография, средства массовой информации», «Здравоохранение, физическая культура и спорт», «Социальная политика» (подробные данные приведены лишь для консолидированного бюджета). Также Росстат не публикует данные о фактических расходах федерального бюджета по статье «Жилищно-коммунальное хозяйство» [5].

Структура расходов федерального бюджета РФ с 2005 г. характеризуется одиннадцатью основными статьями: общегосударственные вопросы, национальная оборона, национальная

безопасность и правоохранительная деятельность, национальная экономика, жилищно-коммунальное хозяйство, образование; культура, кинематография, средства массовой информации; здравоохранение, физическая культура и спорт, социальная политика, межбюджетные трансферты. Основные параметры динамики структуры бюджетных расходов РФ составили в период 2006-2007 гг.: сдвиг структуры – 9,0, коэффициент динамического отклонения – 0,9 (разворот), в период 2007-2008 гг.: 2,6 и -0,53 (отклонение), в период 2008-2009 гг.: 7,9 и 0,28 (поворот), в период 2009-2010 гг.: 4,8 и 0,22 (поворот). Усредненные значения за весь период 2006-2010 гг. составили: сдвиг структуры – 6,1; коэффициент динамического отклонения – 0,22 (поворот). Таким образом, в кризисный период среднее значение коэффициента динамического отклонения в России было выше, чем в США ($0,22 > 0$), причем в обеих странах динамика структуры расходов характеризовалась как «поворот».

Всеобъемлющее сравнение динамики структуры расходов бюджета между разными странами затруднено по двум причинам. Во-первых, в разных странах принята различная классификация статей бюджетных расходов. Сравнение статей бюджетных расходов в России и США выявляет множество таких несоответствий. Так, статьи расходов российского бюджета «Национальная экономика», «Жилищно-коммунальное хозяйство», «Охрана окружающей среды», «Культура, кинематография, средства массовой информации», «Межбюджетные трансферты» не имеют аналогов в классификации расходов американского бюджета. Наоборот, статьи расходов американского бюджета «Пенсии», «Социальное обеспечение» и «Процентные платежи» не имеют аналогов в современной российской классификации. Так, в российском бюджете выплаты по государственному долгу отнесены к «Общегосударственным вопросам», а «Транспорт» является подстатьей статьи «Национальная экономика».

Вторая проблема следует из первой и заключается в том, что структуры бюджетных расходов разных странах имеют различную размерность, что порождает технические сложности при сравнении их динамики. Если угловые показатели инвариантны относительно размерности пространства, то для сравнения длин (линейных показателей) необходимо применять процедуру корректировки их значений. При разработке алгоритма корректировки следует учитывать, что структуры максимальной длины (состоящие из одной единицы и нулей) в различных пространствах имеют равную длину, равную единице. Структура минимальной длины характеризуется абсолютно равномерным распределением расходов, ее длина равна $1/\sqrt{n}$, где n – размерность пространства (число статей бюджетных расходов).

Поскольку на практике структура бюджетных расходов ближе к равномерной, чем к абсолютно неравномерной, мы определили корректировочный коэффициент для перевода линейных параметров динамики как отношение минимальных длин структур, он равен $\beta = \sqrt{m/n}$, где m – размерность второго пространства. Тогда расстояние d во втором пространстве отвечает расстоянию βd в первом пространстве.

Сравним динамику структур бюджетных расходов в РФ и США, для этого рассчитаем поправочный коэффициент. Он равен $\sqrt{11/10} = 1,05$, поскольку размерность пространства структуры расходов в РФ равна 11, в США – 10. Тогда после корректировки среднее значение сдвига структуры в РФ за 2006-2010 гг. составит $6,1 \times 1,05 = 6,4$, что превышает аналогичный показатель для кризисного периода в США (5,35). Как видно, при близких значениях размерности поправочный коэффициент близок к единице и не играет существенной роли при межстрановых сравнениях. Но при больших различиях в размерности пространства необходима корректировка линейных параметров динамики.

Предложенный метод позволяет провести качественный анализ динамики структуры бюджетных расходов, выявить ее специфику на разных стадиях экономического цикла, провести межстрановые сравнения, получить наглядное графическое представление траектории динамики структуры бюджетных расходов.

Литература

1. Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Янковская А.Е. Анализ структуры многомерных данных методом локальной геометрии // Известия Томского политехн. университета. 2003. Т. 306. № 3. С. 19-23.
2. Титов В.А., Перегудов Ю.Ю. Графический метод анализа динамики структуры инвестиций в федеральные округа РФ по видам экономической деятельности // Транспортное дело России. 2009. № 6. С. 15-18.
3. URL: www.usfederalbudget.us/federal_budget_detail_2005.
4. Официальный сайт Министерства финансов РФ. URL: http://www1.minfin.ru/ru/budget/federal_budget/04/
5. Российский статистический ежегодник. 2011: Стат. сб./Росстат. – М., 2011. С. 581.