

УДК 332.122 (470) : 330.43 (045)

## Сравнительный анализ динамики экономических процессов в масштабе региона и на межрегиональном уровне

Е.А. Бутусова<sup>1</sup>, А.И. Прыгунов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Экономический факультет МГТУ, кафедра финансов, бухгалтерского учета, анализа и аудита*

<sup>2</sup> *Политехнический факультет МГТУ, кафедра технической механики*

**Аннотация.** Применение новых методов время-частотного анализа экономических процессов на коротких выборках, характерных для региональных процессов, позволяет проводить объективное сравнение динамики экономических процессов на уровне региона. Предложено проводить сравнительный анализ спектров формы процессов, исходя из формального подхода, основанного на принципах корреляционного анализа. Приведены примеры использования анализа к исследованию рядов динамики в региональной экономике Мурманской области, Северо-Западного и Центрального федеральных округов России.

**Abstract.** An application of new methods of the time-frequency analysis for the short economic time-series characteristic for regional processes allows execution of objective comparison of regional economic processes' dynamics. It has been offered to apply the comparative form-spectrum analysis of the processes starting from the formalistic approach based on the principles of correlation analysis. The examples of analysis used for researches of short time-series of regional economics of the Murmansk region, Northwest and Central federal regions of the Russian Federation have been presented.

**Ключевые слова:** региональная экономика, эконометрика  
**Key words:** regional economics, econometrics

### 1. Введение

Существующие методы оценки тенденций (трендов) развития экономических процессов основаны на статистических подходах (Орлов, 2002; Дрейнер, Смит, 2007). Их применение к анализу, особенно к сравнительному анализу, коротких (до 60-ти элементов – пять лет ежемесячно) и сверхкоротких (до 20-ти элементов – пять лет поквартально) рядов динамики, характерных для региональной экономики, недостаточно обосновано и эффективно. Поэтому разрабатываются методы, повышающие статистическую достоверность выборок малой мощности при анализе сверхкоротких рядов динамики, например, методы статистического моделирования, такие как метод Монте-Карло и бутстреп-метод (Орлов, 2002). В то же время разреженные сверхкороткие выборки порождены непрерывными динамическими процессами, реально протекающими в экономических системах, что позволяет надеяться на отражение изменений динамики этих процессов даже на выборках с малым объёмом. Поэтому динамический подход к анализу коротких и сверхкоротких выборок количественных характеристик состояния экономических систем представляется важным дополнением к традиционным методам их статистического анализа.

В работе (Бутусова, Прыгунов, 2008) нами предложен новый метод время-частотного анализа сверхкоротких рядов динамики в региональной экономике. Результатом анализа, который нами предложено называть анализом формы, является спектр формы в виде двумерного массива коэффициентов формы  $\{k_f(b,m)\}$ , где  $b$  – номер элемента анализируемой реализации (время);  $m$  – целочисленный период, выраженный в интервалах отсчёта. Покажем, что на основании анализа формы отдельных синхронизированных во времени выборок нескольких процессов возможна реализация сравнительного анализа их динамики с использованием методов корреляционного анализа.

### 2. Сравнительный анализ формы

Задача сравнения двух и более спектров формы  $\{k_f(b,m)\}_1, \{k_f(b,m)\}_2, \dots, \{k_f(b,m)\}_n$  с формальной точки зрения может рассматриваться как достаточно сложная задача сравнения рельефов. Но с учётом того, что анализ в первую очередь направлен на выявление гармонических и квазигармонических составляющих в выборке и только во вторую очередь на оценку эволюции периодов этих составляющих во времени представляется возможным проводить сравнение только частотного состава спектров формы в различные, но синхронизированные периоды времени. При сравнении рядов

динамики в экономике дополнительным аргументом в пользу такого подхода является естественная ограниченность временного интервала сравнения наибольшим периодом анализа, так как обычно в экономике наибольший интерес представляет не историческое, а текущее сравнение динамики процессов.

Рассмотрим два столбца двух матриц  $\{k_f(b,m)\}_i, \{k_f(b,m)\}_n$  в фиксированный момент времени  $j$   $\{k_f(j,m)\}_i, \{k_f(j,m)\}_n$ . Очевидно, что при фиксированном времени столбцы можно рассматривать как два одномерных массива по аргументу  $m$ , что делает возможным их сравнение путём расчёта коэффициента взаимной корреляции двух одномерных массивов с одинаковыми дискретными аргументами  $m$ . При этом следует отметить, что эквивалентность дискретных аргументов означает не только равенство их числовых значений, но и одинаковость интервалов отсчёта для сравниваемых массивов.

Для коэффициента взаимной корреляции в момент времени  $j$  имеем:

$$\rho_{i,n}(j) = \frac{\text{cov}\{\{k_f(j,m)\}_i, \{k_f(j,m)\}_n\}}{\sqrt{D\{k_f(j,m)\}_i \times D\{k_f(j,m)\}_n}}, \quad (1)$$

где  $D$  – дисперсия;  $\text{cov}$  – ковариация или смешанный момент второго порядка.

Следует отметить, что обычный коэффициент корреляции не относится к динамическим величинам, так как значение коэффициента вычисляется на определённом временном лаге и его текущее значение не имеет смысла. Коэффициент взаимной корреляции (1) является функцией времени, так как может быть определён для каждого значения  $j$ , поэтому он может рассматриваться как динамическая величина. Нельзя сказать, что такой подход не имеет аналогий. Так, в работах (Голядина, 2004) и (Александров, Орлов, 2004) даны определения спектральному коэффициенту корреляции и коэффициенту динамической корреляции, которые вычисляются из периодограмм и спектров сигналов, соответственно. Коэффициент корреляции (1) по аналогии с используемым в методе SSA (Singular Spectrum Analysis) коэффициентом взаимной корреляции периодограмм (Голядина, 2004) будем называть форм-спектральным коэффициентом взаимной корреляции.

Форм-спектральный коэффициент взаимной корреляции определён для каждого момента времени. Однако с точки зрения сравнения частотного состава рядов динамики целесообразно рассматривать корреляцию за интервал времени, соответствующий максимальному периоду анализа:

$$j_{\max} - j_{\min} = m_{\max}. \quad (2)$$

При этом необходимо определить меру оценки корреляции на этом интервале.

Исходя из соотношения значимости корреляции в виде неравенства  $\rho_{i,n}(j) > p$ , где  $p$  – принятый порог значимости корреляции, в качестве интервальной оценки корреляции спектров формы  $\{k_f(b,m)\}_i$  и  $\{k_f(b,m)\}_n$  можно принять относительную долю  $r_{i,n}$  значимых текущих корреляций на интервале (2):

$$\rho_{i,n}(j) = I \forall \rho_{i,n}(j) > p; r_{i,n} = \sum_{j_{\min}}^{j_{\max}} \rho_{i,n}(j) / (j_{\max} - j_{\min}). \quad (3)$$

Рассмотрим применение сравнительного анализа формы к исследованию процессов в региональной экономике.

### 3. Анализ динамики индекса промышленного производства Мурманской области по видам экономической деятельности

Экономика Мурманской области является многоотраслевой, включающей в себя как добывающие, так и перерабатывающие отрасли. Поэтому представляет несомненный интерес исследование не только общей динамики промышленного производства в регионе, но и сравнение динамики по отраслям с объективной оценкой динамической взаимосвязи между ними и региональным индексом промышленного производства. Исследование необходимо для углубления понимания экономических процессов, протекающих в различных производственных отраслях региона, и их влияния на динамику развития региональной экономики в целом, в целях совершенствования управления социально-экономическими процессами в регионе.

Задачами анализа являлись:

- исследование динамики общего индекса промышленного производства Мурманской области в целях выявления периодических и квазипериодических составляющих динамики;
- исследование влияния динамики индексов промышленного производства Мурманской области по видам экономической деятельности на динамику общего индекса промышленного производства;
- исследование взаимосвязи динамики индексов промышленного производства Мурманской области по видам экономической деятельности.

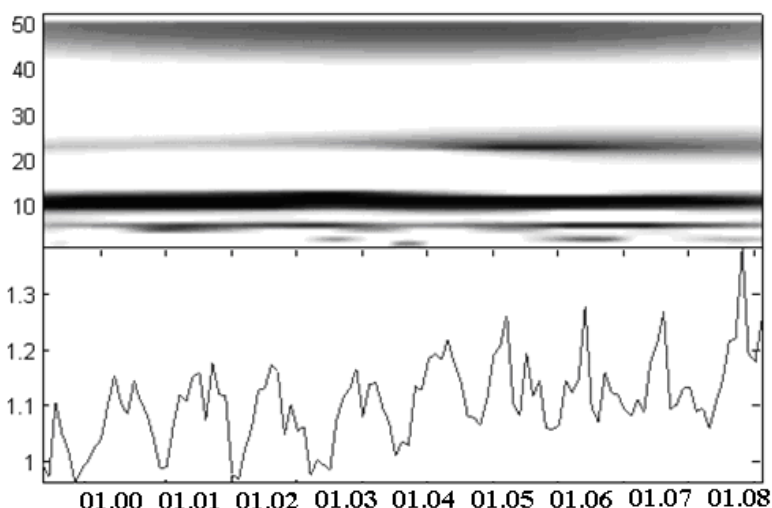


Рис. 1. Индекс промышленного производства Мурманской области:

внизу – изменение индекса во времени;  
вверху – спектр формы индекса.

Исходной базой анализа явились ежемесячные данные Госкомстата Российской Федерации по индексу промышленного производства Мурманской области и индексам по видам экономической деятельности за период с января 1999 года по июнь 2008 года (110 месяцев). Анализировался индекс промышленного производства и индексы промышленного производства по видам экономической деятельности в процентах к предыдущему периоду.

На рис. 1 представлены результаты анализа формы для индекса промышленного производства Мурманской области. В верхней части рисунка представлен спектр формы со шкалой периодов в месяцах, в нижней части рисунка представлен график изменения индекса в долях значения индекса в январе 1999 г.

Из рисунка видно, что основными периодами в динамике индекса являются: период 6 месяцев (полгода), период 12 месяцев (1 год) и период 24 месяца (2 года). Отмечено также проявление периода 3 месяца (1 квартал) на интервалах июль 2005 г. – июнь 2006 г. и июль 2007 г. – март 2008 г. Тёмная полоса на уровне периода 50 месяцев соответствует очевидному делению всего анализируемого массива данных по характеру цикличности примерно пополам (4,5 года или 54 месяца). Во второй половине анализируемого временного интервала усиливается проявление двухлетнего и квартального циклов.

Различие динамики индекса промышленного производства на первой и второй половинах исследуемого интервала подтверждается также рис. 2, на котором представлены значения интервального форм-спектрального коэффициента взаимной корреляции (3) между индексом промышленного производства и индексами по отдельным видам производственной деятельности. В верхней части рисунка представлены результаты расчёта коэффициентов для четырёхлетних интервалов: 2000-2003 год и 2004-2007 год. Видно, что на первом интервале наибольшая корреляция наблюдается с производством и распределением электроэнергии, газа и воды и с производством прочих неметаллических минеральных продуктов. Так как оба этих индекса имеют выраженную сезонную периодичность, с той лишь разницей, что они изменяются в противофазе друг относительно друга, картина соответствует преимущественному проявлению сезонной цикличности в индексе промышленного производства на интервале 2000-2003 год. Добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства и металлургия не влияют на динамику индекса на этом интервале. На интервале 2004-2007 год возрастает динамическая связь между обрабатывающими производствами, металлургией и индексом промышленного производства, который также остаётся сезонно циклическим. Динамическая связь с добычей полезных ископаемых и производством пищевых продуктов на интервале практически отсутствует.

В нижней части рис. 2 представлены результаты сравнительного анализа динамики на интервалах в один год. 2000, 2001 и 2003 гг. характеризуются сходной динамикой, при которой сезонность проявляется только у трёх видов производственной деятельности, но 2002 г. отличается от них тем, что индексы всех производств, кроме обрабатывающих, показали преимущественно сезонную динамику. В 2004 г. сезонную динамику показала обрабатывающая промышленность. В 2007 г. добыча полезных ископаемых показала динамику, сходную с динамикой индекса промышленного производства, но это не сезонная динамика. Сезонный фактор уменьшил влияние на динамику индекса промышленного производства в 2006, 2007 гг.

На рис. 3 приведены результаты месячного анализа на лаге в один год по всему исследованному интервалу. Подтверждается снижение сезонного фактора к концу интервала, возрастание влияния на динамику индекса промышленного производства перерабатывающих отраслей.

Металлургия проявлялась в динамике индекса в 2002, 2005 и 2006 гг., производство продуктов питания в 2001-2003 и в 2005-2006 гг. Динамическое влияние со стороны добычи полезных ископаемых невелико на всём анализирувавшемся интервале.

На рис. 2,3 представлены результаты анализа с разной разрешающей способностью во времени, вплоть до предельной помесечной разрешающей способности, отличающиеся высокой информативностью. На основе предложенного метода сравнительного анализа возможно получение объективных оценок изменения динамики анализируемых процессов, в том числе и количественных, по типу индикаторов. Важное значение имеет анализ для оперативных оценок изменений динамики, в том числе и для решения задач обеспечения устойчивого развития экономики регионов.

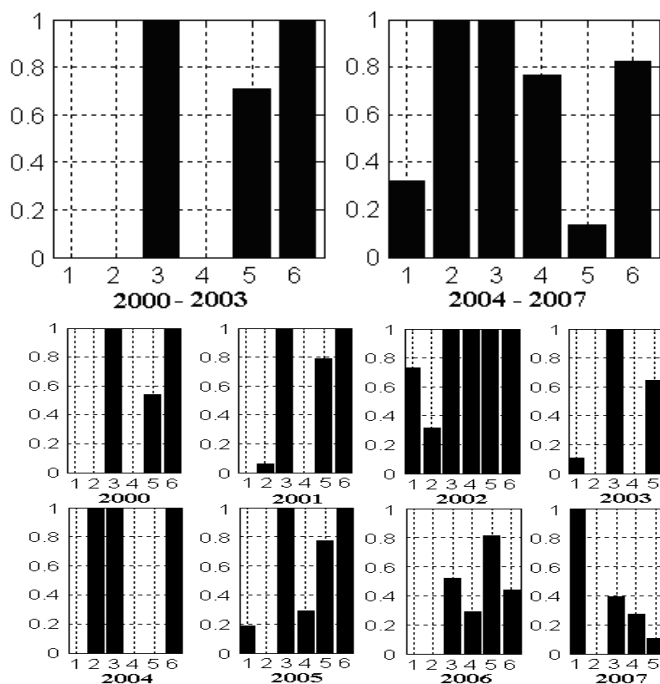


Рис. 2. Значения форм-спектрального коэффициента взаимной корреляции между индексом промышленного производства и индексами по отдельным видам производственной деятельности:

- 1 – добыча полезных ископаемых;
- 2 – обрабатывающие производства;
- 3 – производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- 4 – металлургическое производство;
- 5 – производство пищевых продуктов;
- 6 – производство прочих неметаллических минеральных продуктов.

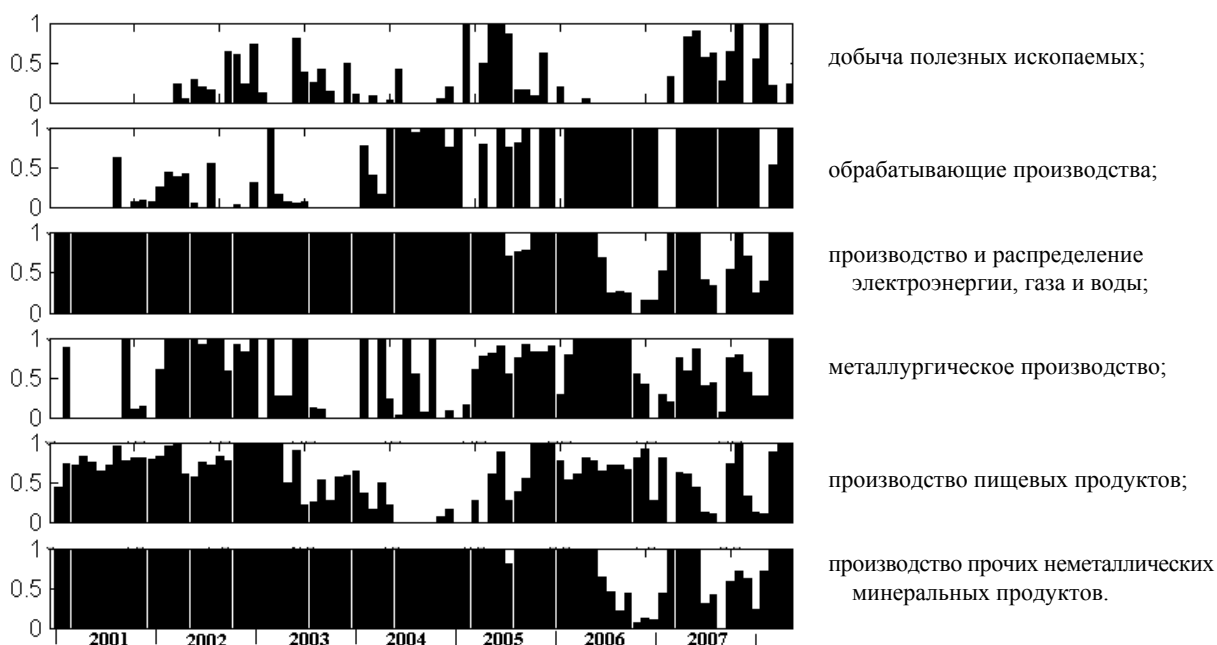


Рис. 3. Помесечные значения форм-спектрального коэффициента взаимной корреляции между индексом промышленного производства и индексами по отдельным видам производственной деятельности

#### 4. Сравнительный анализ динамики инвестиций в регионах на примере Северо-Западного и Центрального федеральных округов

Очевидно, что при формировании федеральных округов Российской Федерации в первую очередь учитывался фактор географической близости объединяемых в округ субъектов Федерации. При этом уровень экономического развития, а следовательно, и характер социально-экономических процессов в субъектах одного федерального округа может существенно различаться. Покажем, что на основе предлагаемого метода сравнительного анализа экономических процессов возможно группирование регионов, входящих в состав одного федерального округа, по принципу сходства динамики региональных экономических процессов.

Объектом исследования являлись ряды динамики, представлявшие данные по ежегодным индексам физического объёма инвестиций в процентах к предыдущему году за период с 1990 по 2007 год для Северо-Западного и Центрального федеральных округов и отдельных регионов, входящих в их состав, по данным Госкомстата РФ.

В работе (Бутусова, Прыгунов, 2008) нами проведён анализ динамики индекса физического объёма инвестиций для регионов Северо-Западного федерального округа, из которого следует, что основными периодами динамики инвестиций в регионы по ежегодным данным являются двухлетние, трехлетние и четырёхлетние периоды и их комбинации. Поэтому при проведении сравнительного анализа предварительно проводился расчёт спектра формы до периода 6 лет, с последующим расчётом интервальных форм-спектральных коэффициентов взаимной корреляции (3) на интервале времени в шесть лет.

На рис. 4 в графическом виде представлена диагональная матрица форм-спектральных коэффициентов взаимной корреляции для регионов Северо-Западного федерального округа. Чем интенсивнее окраска ячейки, тем больше значение коэффициента.

Из рисунка видно, что регионы Северо-Западного федерального округа по характеру динамики инвестиций можно разбить на три группы:

- 1 - Ненецкий автономный округ, город Санкт-Петербург;
- 2 - Архангельская область, Вологодская область;
- 3 - Республика Карелия, Республика Коми, Калининградская область, Ленинградская область, Мурманская область, Новгородская область, Псковская область.

Первая группа характеризуется четырехлетней цикличностью, чему соответствуют крупные инвестиционные проекты. Второй группе соответствует практическое отсутствие цикличности инвестиций, их преимущественно монотонное изменение. Третья группа характеризуется преимущественно двухлетней цикличностью инвестиций, особенно Новгородская область, чему соответствует средний объём инвестиционных проектов, но их большее количество.

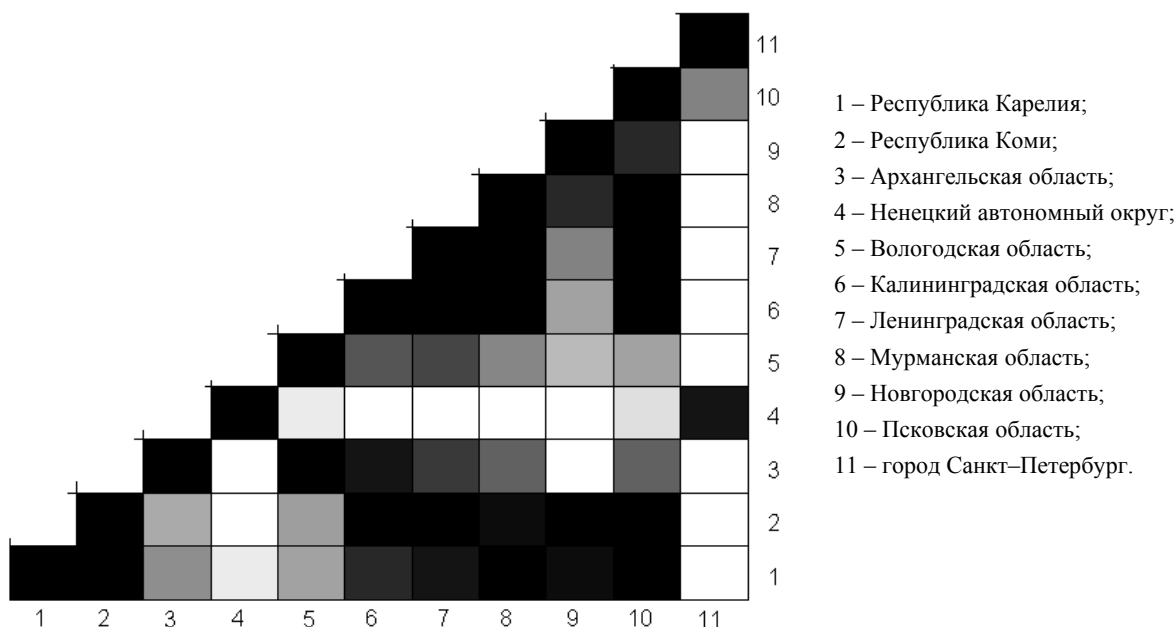


Рис. 4. Диагональная матрица форм-спектральных коэффициентов взаимной корреляции для регионов Северо-Западного федерального округа

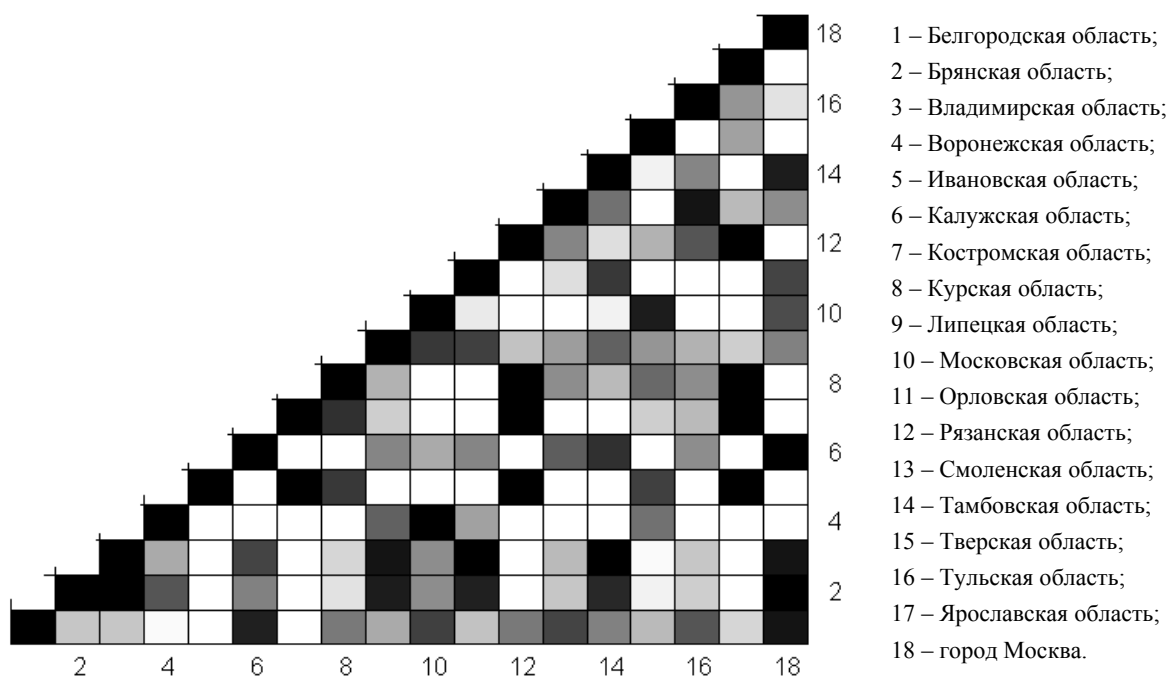


Рис. 5. Диагональная матрица форм-спектральных коэффициентов взаимной корреляции для регионов Центрального федерального округа

На рис. 5 в графическом виде представлена диагональная матрица форм-спектральных коэффициентов взаимной корреляции для регионов Центрального федерального округа.

Из рисунка видно, что регионы Центрального федерального округа по характеру динамики инвестиций также можно разбить на три группы:

- 1 - Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Калужская область, Липецкая область, Московская область, Орловская область, Тамбовская область, Тверская область, город Москва;
- 2 - Ивановская область, Костромская область, Курская область, Рязанская область, Ярославская область;
- 3 - Смоленская область, Тульская область.

Для первой группы характерен рост инвестиций на исследовавшемся временном интервале (2002-2007 гг.). Интенсивность роста различна, наибольшая она для Белгородской, Воронежской, Липецкой, Московской, Тверской областей и для города Москвы. Для второй группы характерно относительное снижение объёмов инвестиций в 2006, 2007 годах по сравнению с предыдущими годами исследовавшегося интервала. Третья группа характеризуется последовательным снижением объёма инвестиций на исследовавшемся временном интервале.

Следует отметить сверхкороткую исходную длину представленных рядов динамики. Исследовалось всего 17 годовых измерений параметра региональной экономики в виде индекса физического объёма инвестиций. При этом метод позволил провести динамический анализ даже на части реализации, включающей в себя лишь 8 последних измерений параметра, что особенно важно для обеспечения возможности оперативной оценки динамики процессов в ходе их сравнительного анализа.

## 5. Заключение

Предложен новый метод сравнительного анализа временных рядов малой мощности, пригодный для исследования процессов в региональной экономике. Использование предложенного метода решает основную проблему, стоящую на пути динамического подхода к анализу региональных социально-экономических процессов, заключающуюся в малой мощности выборки статистической информации, представляемой по регионам. Динамический подход к анализу региональных экономических процессов способствует их более глубокому пониманию, так как экономические процессы должны рассматриваться как порождение эволюции сложных нелинейных динамических систем. При этом они не могут рассматриваться только как случайные процессы, так как могут включать в себя периодические и

квазипериодические процессы различной продолжительности, выявить которые и рассмотреть в сравнении позволяет предложенный метод.

Примеры применения метода для исследования экономических процессов внутри региона и на межрегиональном уровне убедительно показывают его объективность, высокую эффективность для получения информации о динамике процессов. При этом полученные результаты следует рассматривать как важное дополнение к традиционным статистическим оценкам региональных процессов.

Дальнейшим направлением исследований может быть развитие алгоритмов сравнения спектров формы применительно к сверхкоротким рядам динамики на основе методов факторного анализа, в частности, на основе ранговой спектральной корреляции, так как ранжирование спектральных составляющих, по нашему мнению, может дать более адекватную оценку значимости их изменения при анализе динамики процессов.

## **Литература**

- Александров А.Г., Орлов Ю.Ф.** ADAPLAB-M: директива для идентификации с самонастройкой испытательного сигнала. *Труды междунар. конф. "Идентификация систем и задачи управления SICPRO'04", Москва 28-30 января 2004.* [Электронный ресурс]/labs/lab7/filex/alex/sic05\_1.pdf. URL: <http://www.ipu.ru>.
- Бутусова Е.А., Пригунов А.И.** Применение новых методов исследования в анализе показателей региональной экономики. *Вестник МГТУ*, т.11, № 2, с.211-221, 2008.
- Голядина Н.Э.** Метод "Гусеница" - SSA: анализ временных рядов. Учеб. пособие. СПб., Изд-во СПбГУ, 76 с., 2004.
- Дрейпер Н., Смит Г.** Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. М., *Диалектика*, 912 с., 2007.
- Орлов А.И.** Эконометрика. Учебник. М., "Экзамен", 576 с., 2002.