

**Доказательство.** Если  $F \in A_{1-q,\rho}(D, G)$ , то  $P_A = A_{1-q,\rho}^* F - F = 0$  для всех  $A \in G$ . Таким образом, элементы из  $A_{1-q,\rho}(D, G)$  представляют  $(q, \rho)$ -интегралы Эйхлера с нулевым полиномом  $P_A$  в (14). Теорема 11 доказана.

#### Литература.

1. Сергеева О.А. Банаховы пространства мультипликативных автоморфных форм // Вестник НГУ. 2005. Т. 5. Вып. 4. С. 45-63.
2. Сергеева О.А. Модифицированные операторы Берса и двойственность голоморфных мультипликативных автоморфных форм // Сибирский математический журнал. 2009. Т. 50. № 4. С. 902-914.
3. Сергеева О.А. Билинейные спаривания для голоморфных  $(q, \rho)$ -форм // Журнал СФУ. 2011. Т. 4. № 1. С. 128-139.
4. Сергеева О.А. Интегральный оператор Берса в нормированных пространствах мероморфных  $(q, \rho)$ -форм // Вестник КемГУ. 2011. № 3/1 (47). С. 216-223.
5. Сергеева О.А. Сопряженность операторов Берса в двойственных пространствах мультипликативных автоморфных форм // Международная школа-семинар «Ломоносовские чтения на Алтае»: сб. науч. статей. 2012. Ч. 1. С. 353-359.
6. Сергеева О.А. Интегральный оператор проектирования и ряд Пуанкаре для голоморфных  $(q, \rho)$ -форм // Вестник КемГУ. 2013. №2 (54). С. 91-97.
7. Сергеева О.А. Ряд Пуанкаре и операторы двойственности для мультипликативных автоморфных форм // Вестник НГУ. 2013. № 3. С. 103-112.
8. Кра И. Автоморфные формы и клейновы группы. – М.: Мир, 1975. – 296 с.
9. Farkas H.M., Kra I. Riemann Surfaces // Graduate Texts in Mathematics.– Springer-Verlag, 1992. № 71. –366 p.
10. Чуешев В.В. Мультипликативные функции и дифференциалы Прима на переменной компактной римановой поверхности. – Кемерово: КемГУ, 2003. Ч. 2. –248 с.

#### The operators and functionals in the normed spaces $(q, \rho)$ -forms

*Olga Alexeevna Sergeeva, Candidate of Physics and Mathematics  
Kemerovo State University, chair of Mathematical Analysis*

*In article is provided a review of the main results received in the theory of multiplicative automorphic forms  $(q, \rho)$ -forms on a compact Riemann surface with links to the published works where it is possible to find their detailed proofs. The embedding theorems in spaces of  $(q, \rho)$ -forms are provided with the proof for demonstration of technique of work with such forms.*

*Keywords: the integral operators, bilinear pairings, characters, multiplicative automorphic forms, duality, series Poincare.*

УДК 330.43. 330.34

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОРРЕЛЯЦИОННОЙ АДАПТОМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Елена Валентиновна Смирнова, д.ф.-м.н., проф.*

*Тел.: 963 1908807, e-mail: selevel2008@yandex.ru*

*Никита Олегович Богданов, аспирант*

*Тел.: 913 1706226, e-mail: 9131706226@mail.ru*

*Сибирский федеральный университет*

*http://www.sfu-kras.ru*

В статье рассмотрен метод корреляционной адаптометрии для индикации предкризисных и кризисных ситуаций в экономике. Работоспособность этого метода проверена на примере анализа данных России, США, Великобритании и Зоны Евро.

Ключевые слова: финансовый кризис, метод корреляции адаптометрии, цикличность, дисперсия



**Е.В. Смирнова**

С точки зрения оценки экономического состояния в мире различные макроэкономические показатели стран рассматриваются как объект, подвергающийся внешнему воздействию, кризис - как источник различных факторов влияющих на объект (источник адаптационной нагрузки), экономическая система - как подвижная саморегулирующаяся система, способная перестраиваться на уровень функционирования, адекватный новым условиям среды, испытывающая состояние адаптационного напряжения.

На сегодня практически единственным надёжным признаком начала напряжения в экономической системе, является ее переход в кризис. Но этот признак непригоден для практического использования. Патологические изменения в экономической системе наступают медленно, порой неуловимо. Антикризисные меры применяются к системам, которые не смогли адаптироваться к новым условиям. Но из-за запаздывающего сигнала напряжения в системе, он подаётся не до, а после выхода системы из строя, восстановление системы проходит гораздо болезненней.

В работе [1] по этому вопросу сказано следующее: «...многие попытки объяснить причины и суть текущих кризисных явлений, выработать адекватные, и тем более – рациональные рекомендации по их преодолению на основе классической экономической теории, обречены на неудачу».



**Н.О. Богданов**

На сегодняшний день одним из наиболее популярных методов является «сигнальный» подход Грациеллы Камински [2, 3], разработанный после событий 1998 года. Данный подход относится к группе непараметрических методов и обладает рядом преимуществ, среди которых: отсутствие субъективных оценок, относительно простая методика расчёта индикатора, возможность оценки вклада показателей в подаваемые сигналы.

«Сигнальный» подход заключается в разработке пороговых значений для выбранного показателя или комплекса показателей, пересечение которых с определенной вероятностью сигнализирует об угрозе финансового кризиса. В Российской Федерации данный метод используется Институтом экономики переходного периода (ИЭПП) в целях проведения ежеквартального мониторинга финансовой системы страны [4].

У метода Грациеллы Камински существует один существенный минус, он не обладает индикатором отвечающий за «заражение» кризисом. В работе Р.Р. Сагитова [5] был усовершенствован этот метод путём добавления в него недостающего индикатора. Индикатор показал хорошую работоспособность при прогнозировании кризисов 1995, 1997, 1998 гг., однако перестал помогать в 2008 г. Сигнал был подан постфактум.

При разработке методов прогнозирования сроков наступления мировых финансовых «кризисов» нужно очень чётко понимать, что эти «кризисы» – искусственные, управляемые, и соответственно ориентироваться на тот набор значимых факторов, которые могут использоваться заинтересованными группами для управления ситуацией.

Определение значимых латентных факторов и установление их взаимосвязей друг с другом – необходимое условие формирования успешного прогноза.

Для создания унифицированного метода необходимо, во-первых, определить какие показатели позволяют судить об адаптационных возможностях экономической системы, во-вторых, найти способ обработки этих показателей для получения количественной оценки адаптационных возможностей и состояния адаптационного напряжения и построения модели адаптационного процесса. Основные закономерности адаптационного процесса удаётся выявить на уровне статистических показателей. В [6] показано, что наиболее чувствительны к изменению адаптационного напряжения не значения самих показателей, а степень их взаимосвязи.

Актуальна проблема распознавания патологических состояний на ранних стадиях. Своевременная информация об адаптационных перестройках, которые могут повлечь за собой срыв адаптации (кризис) необходима для проведения эффективных антикризисных мер.

В настоящей работе показано, что метод корреляционной адаптометрии, подробно описанный в [6,7,8], является полезным инструментом анализа экономических систем и оценки их состояния в условиях нестабильных внешних воздействий. При этом оценки состояния системы реализуются путём анализа корреляционных, ковариационных матриц и дисперсий, вычисленных по значениям фазовых переменных системы за периоды, предшествующие моментам принятия управленческих решений.

Основная цель нашего исследования - проверка применимости метода корреляционной адаптометрии не к живым системам, а к экономическим объектам.

Прежде всего, был собран набор экономических показателей ведущих стран мира. Для исследования были выбраны такие показатели: индекс потребительских цен, индекс промышленного производства, сальдо торгового баланса и уровень безработицы. Были выбраны именно такие показатели в связи с тем, что каждый из представленных отражает то или иное направление: потребительский рынок, промышленность, внешняя торговля и труд соответственно. Данные были собраны за период с 2001 года по 2011 для таких стран как Россия, США, Великобритания и Зона Евро.

Для каждой страны была получена таблица (матрица) с данными, для каждой из которых были получены корреляционные и ковариационные матрицы характеризующие зависимость между экономическими показателями. Так же был посчитан вес корреляционного графа  $G$  и дисперсия  $D$ .

$$G = \sum_{j < i, |r_{ij}| > 0,7} |r_{ij}|. \quad (1)$$

Где  $r_{ij}$  - коэффициент корреляции Пирсона между  $i$ - и  $j$ -м показателем.

В целях исследования нестационарной динамики корреляционного графа и дисперсии был применён метод «скользящего окна», суть которого состоит в следующем. В начале ряда данных выделяется последовательность значений и для этих данных рассчитывается корреляционный граф и дисперсия. Далее интервал передвигается вправо вдоль временного ряда на одно значение и снова вычисляется корреляционный граф и дисперсия. Повторяя эту процедуру в течение исследуемого периода, получаем локальные значения корреляционного графа и дисперсии.

Рассмотрим график корреляционного графа  $G$  и дисперсии  $D$  построенный по данным США (рис. 6).

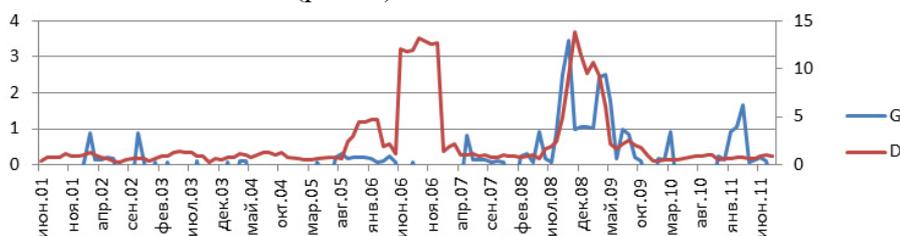


Рис. 1. Динамика корреляционного графа  $G$  и дисперсии  $D$  США

На рис.1 выделяются периоды соответствующие кризисам 2006 и 2008 год. Считаём необходимым рассмотреть отмеченные периоды для интерпретации поведения экономической системы во время кризисов.

Первый рост корреляции и дисперсии данных замечен в конце 2005 года. Это время соответствует началу ипотечного кризиса в США. Традиционно в США доля ипотечных кредитов с высокой долей риска находилась на низком уровне в 8 %, в 2004-2006 гг. она выросла до приблизительно 20 % от общего числа выданных ипотечных кредитов. Цены на жилую недвижимость в США активно росли до середины 2006 г., после чего они начали стремительно падать, из-за этого заёмщикам стало значительно сложнее добиться рефинансирования кредита. В то же время процентные ставки по ипотечным кредитам с плавающей ставкой начали повышаться, что повлекло за собой повышение размера ежемесячных выплат и привело к резкому росту количества случаев невыполнения обязательств по кредитам. Широко распространённые на финансовом рынке производные ценные бумаги, обеспеченные, в том числе субстандартными ипотечными закладными, почти полностью обесценились, а нежелание частных инвесторов вкладывать средства в рынок кредитования и сокращение количества инвестиционных возможностей привели к значительному сокращению объёма торговли ипотечными и другими ценными бумагами по всему миру. Сомнения в устойчивости кредитного и финансового рынков США привели к ужесточению условий кредитования по всему миру и замедлению экономического роста как в США.

Все это отражается на рис.1., видно, что корреляция и дисперсия данных начинает возрастать в начале 2005 года, это отражает начало напряжённости в экономике США. В начале 2006 года корреляция падает, а дисперсия напротив, начинает возрастать, это указывает на то, что экономическая система США перешла в стадию дизадаптации, т.е. начался кризис. Если сопоставить данные с экономической ситуацией, то именно в этот период начался ипотечный кризис в США.

Этот кризис принято считать началом мирового финансового кризиса 2008 г. На рис.6. мы так же можем увидеть рост корреляции и дисперсии данных, начиная с мая 2008 года.

С помощью метода корреляционной адаптометрии можно проследить появление напряжённости в экономической системе США. На рис.2. отображены корреляционные связи экономических показателей США в период с августа по декабрь 2008 года, где 1 - индекс потребительских цен, 2 - индекс цен производителей, 3 – торговое сальдо, 4 – уровень безработицы, 5 – объем розничных продаж.

Так мы видим, что в августе имеется небольшое количество связей в графе, но с каждым месяцем их становится больше. Так же можно заметить, что чаще всех коррелирует индекс потребительских цен.

Индекс потребительских цен – это один из самых распространённых индексов цен, играющий важную роль в экономике, т.к. является базовой величиной служащей толчком для перерасчёта заработной платы, социальных выплат и иных платежей, которые должны происходить регулярно и автоматически, например, каждый квартал, ежегодно или каждые полгода, организациями, нанимающими в свой штат работников.

Начиная с мая 2008 года, резко увеличивается инфляция, пик которой приходится на август. По сравнению с тем же периодом предыдущего года потребительские цены выросли на 5,6%, что стало самым резким ростом с января 1991 года. Базовый CPI вырос более умеренно на 2,5% по сравнению с июлем 2007 года, хотя он по прежнему и превышал целевой уровень ФРС в 2%. За май, июнь и июль годовой рост базового индекса потребительских цен составил 3,5%. Основными факторами, способствующими

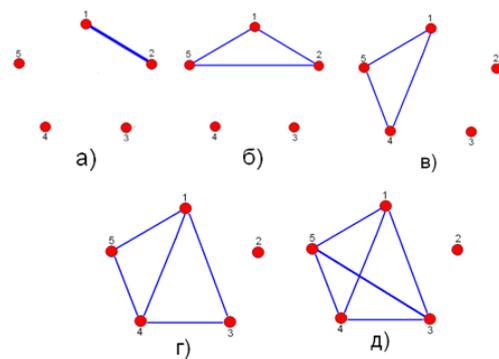


Рис. 2. Корреляционные связи экономических показателей США а) Август 2008 г. б) Сентябрь 2008 г. в) Октябрь 2008 г. г) Ноябрь 2008 г. д) Декабрь 2008 г.

росту цен в последние месяцы были высокие цены на энергоносители и сырьевые продукты, а также слабый доллар США[10].

Рост индекса потребительских цен, как правило, влечет за собой падение цен акций на фондовом рынке, увеличение ставок на кредитном рынке, падение курса национальной валюты на валютном рынке.

Так же, часто коррелирует показатель оборота розничной торговли, возможно, это связано с тем, что вслед за инфляцией растут цены, и население старается экономить и это сказывается на обороте розничной торговли.

Потребительские расходы в США, на долю которых приходится более двух третей экономики страны, в июле-сентябре 2008 года упали на 3,8% в годовом исчислении по сравнению с предыдущей оценкой в 3,7%. Это первое снижение данного показателя с 1991 года.

Так же на показатель оборота розничной торговли может влиять рост уровня безработицы. А на уровень безработицы может влиять инфляция.

Минтруда США опубликовало блок данных по американскому рынку труда. Число рабочих мест в экономике страны в ноябре снизилось на 533 тыс., что стало максимальным падением с декабря 1974 года. Аналитики называют ситуацию критической. Спад в американской экономике будет нарастать в следующем году из-за повышения уровня безработицы и слабого рынка недвижимости. Дальнейшее падение курса акций снизит доходы граждан, а финансирование проблемных компаний будет затруднено[9].

В ноябре ещё один индикатор начинает испытывать корреляционную связь – сальдо торгового баланса.

С ноября 2008 года начинается уменьшение величины отрицательного сальдо, положительное сальдо (или уменьшение величины отрицательного сальдо) является благоприятным фактором для роста курса национальной валюты. Оказывает значительное влияние на рынок. При уменьшении торгового дефицита США вследствие увеличения экспортных операций увеличивается потребность в долларах США, что стимулирует рост американской валюты. Можно сказать, что США намеренно увеличивает рост американской валюты для привлечения иностранного капитала т.к. чем «сильней» американский доллар, тем выше процентная ставка и государственные ценные бумаги становятся более привлекательными для иностранных инвесторов.

На основе результатов можно сделать следующие выводы: исследование динамики развития экономической системы с помощью метода корреляционной адаптометрии подтвердило эффективность метода и в экономической области, исследование продемонстрировало, что корреляции и дисперсии экономических показателей имеют диагностическую силу и могут ясно показать хронологию кризиса.

По результатам анализа данных России были построены графики  $G=G(t)$  и  $D=D(t)$ , где  $t$ -дата.

На рисунке выделяются периодические пики корреляции и дисперсии данных. Все

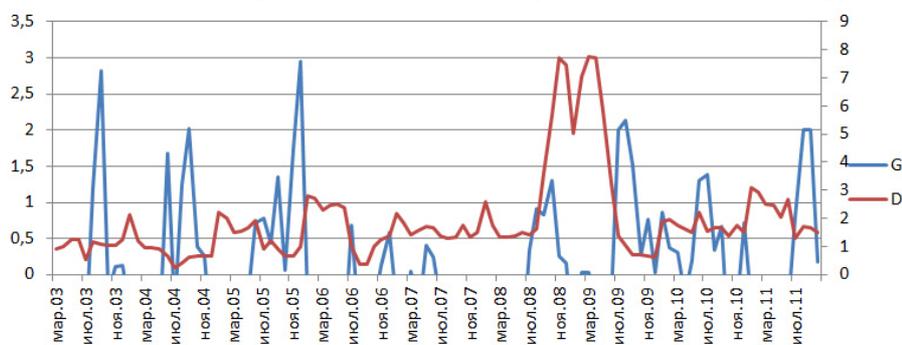


Рис.3. Динамика корреляционного графа G и дисперсии D данных РФ

пики корреляции выпадают на период от июля по октябрь каждого года. Это указывает на то, что экономика России имеет выраженную цикличность. Рассмотрим эти пики подробнее.

Наиболее выраженные связи в этот период испытывает индекс потребительских цен.

Так же сильную корреляционную связь имеет уровень безработицы, что скорее всего связано с окончанием сезонной работы и низкой инфляции, которая так же негативно от-

ражается на безработице.

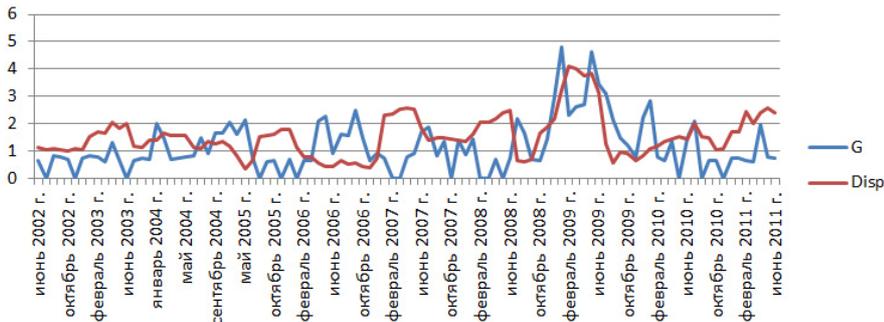


Рис. 4. График динамики корреляционного графа и дисперсии Великобритании

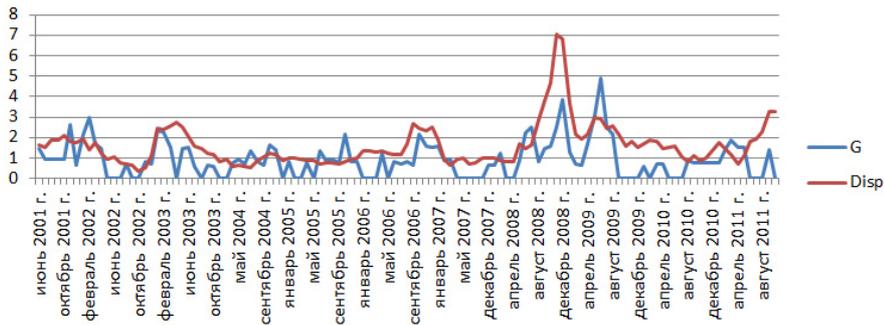


Рис. 5. График динамики корреляционного графа и дисперсии Зоны Евро

что в этот период резко растёт инфляция и безработица, что негативно сказывается на экономике России.

При сопоставлении экономической ситуации в России с полученными данными оказалось, что метод достаточно точно описал состояние системы.

По результатам анализа данных Евро-зоны и Великобритании также были построены графики корреляционного графа  $G$  и дисперсии  $D$  для Великобритании (рис. 4 и 5).

Из рис.4 и рис. 5 видно, что как в Великобритании, так и в Зоне Евро присутствует рост корреляционного графа и дисперсии в период мирового финансового кризиса.

Анализ полученных данных Великобритании показал, что наибольший вклад в корреляционный граф вносит показатель уровня безработицы.

Анализируя данные Еврозоны, можно сказать, что она так же пострадала во время кризиса 2008 года. Это заметно по возрастанию напряжения на рис.5. Главные вклады в корреляционный граф вносят такие показатели как: уровень безработицы, торговый баланс и индекс розничной торговли. Если сопоставить полученные результаты с экономическим состоянием Еврозоны в то время можно увидеть подтверждение результатов, полученных методом корреляционной адаптометрии.

Полученные результаты показали, что метод корреляционной адаптометрии хорошо описал и диагностировал финансовый кризис 2008 года. Анализируя корреляционные связи, возможно, не только обнаружить кризис, но и выявить его причины.

Столкнувшись с проблемой циклической сезонности в экономических системах, было решено применить фрактальный анализ к дисперсии и корреляционному графу. Это связано с тем, что сезонные пики напряжения выступают в роли помех, которые не позволяют точно диагностировать наступление кризиса.

Наиболее адекватный математический аппарат для исследования сложного поведения финансовых показателей был разработан на основе теории фракталов [3]. В соответствии с данной концепцией, исследуемый временной ряд рассматривается в качестве фрактала. Фрактальная размерность выступает в роли индикатора корреляционного графа и дисперсии. Если фрактальная размерность больше 1.6, то временной ряд называют персистентным, т.е. динамика корреляционного останется в том же направлении. Если фрактальная размерность колеблется в интервале от 1.4 до 1.6, то раз-

Следует заметить, что пики дисперсии данных на рис.3. не совпадают с пиками корреляции данных. Когда корреляция данных убывает, дисперсия данных растёт исходя из метода корреляционной адаптометрии, можно заключить, что это тревожные симптомы, которые говорят о том, что система переходит в стадию дезадаптации. Возможно, это связано с тем,

мерность с большой вероятностью начнёт расти. Если размерности меньше 1.4, размерность начнёт уверенно расти.

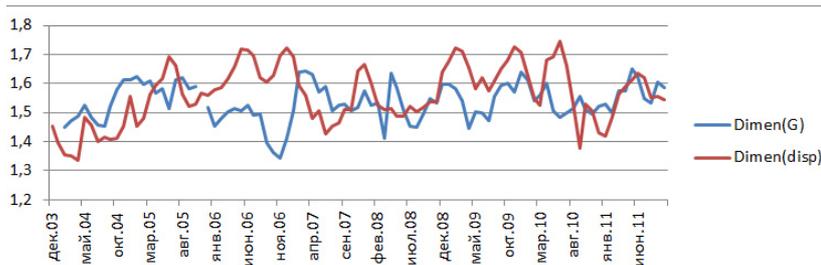


Рис. 6. График фрактальной размерности (Россия)

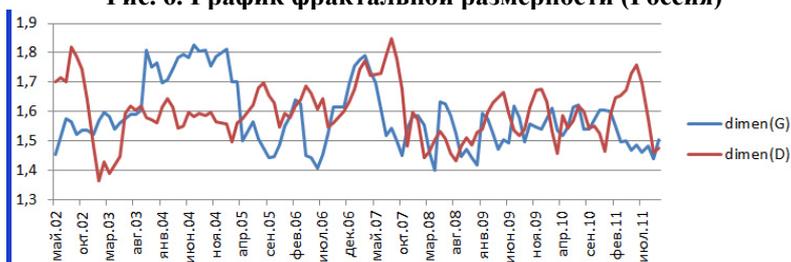


Рис.7 График фрактальной размерности (США)

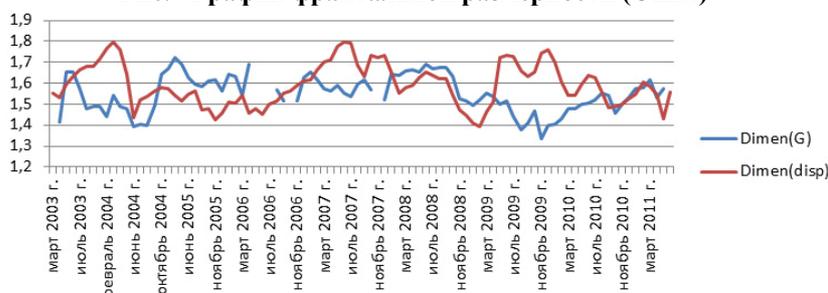


Рис. 8 График фрактальной размерности (Великобритания)

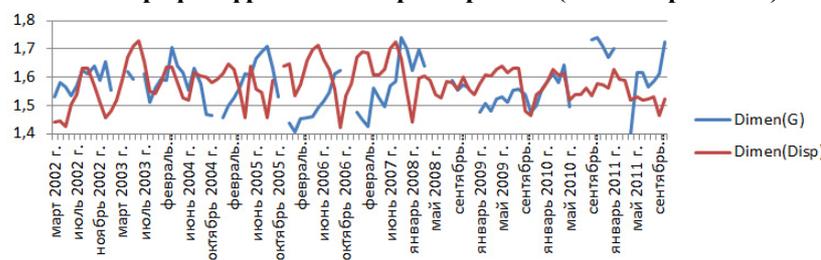


Рис. 9. График фрактальной размерности (Зона Евро)

началу ипотечного кризиса в США. Похожую зависимость мы видим перед 2008 годом. Размерность начинает стремиться к значению в 1,5 перед финансовым кризисом, это означает, что данные, по которым строится корреляционный граф выходят из состояния равновесия.

На рис.8 видна схожая с США ситуация, размерность корреляционного графа начинает стремиться к значению в 1,5 перед финансовым кризисом в Великобритании.

Рассчитав фрактальную размерность корреляционного графа и дисперсии данных Зоны Евро видим, как в начале 2008 года падает фрактальная размерность корреляционного графа.

В итоге мы убедились, что фрактальный анализ хорошо дополняет и совершенствует метод корреляционной адаптометрии. С помощью фрактального анализа можно точнее диагностировать наступление кризисных ситуаций.

### Выводы

В этой работе были рассмотрены методы прогнозирования, с помощью которых возможно было избежать мирового финансового кризиса 2008 года, предугадать и подготовиться к новым.

В этой работе были рассчитаны фрактальные размерности исследуемых стран для таких показателей как корреляционный граф и дисперсия. После чего были построены графики  $Dimen=Dimen(t)$ .

На рис. 6 видно, что в России корреляционный граф всегда находится в неравновесном состоянии, это видно из того что размерность корреляционного графа всегда находится между значениями 1.4 и 1.6. Вероятнее всего это связано с ярко выраженной циклической сезонностью экономики России.

На рис.7 показана фрактальная размерность данных США, видно как размерность корреляционного графа перед 2005 годом стабильно находилась выше значения 1.6, но в начале 2005 года фрактальная размерность корреляционного графа начинает колебаться около значения в 1.5. Этот период соответствует началу ипотечного кризиса в США.

Мы убедились, что существует большое количество подходов и методов для прогнозирования, все чем-то отличаются, но цель у всех одна, избежать экономической катастрофы.

Безусловно, для более качественного прогнозирования следует применять эти методы в системе, это позволит заранее определить время наступления кризиса и как можно раньше начать готовиться к нему.

Так же мы применили на практике метод корреляционной адаптометрии и метод фракталов. Мы рассмотрели экономические системы разных стран, таких как: Россия, США, Великобритания и зона Евро. В экономическую систему мы взяли такие параметры как Индекс потребительских цен, сальдо торгового баланса, уровень безработицы и индекс промышленного производства.

Мы убедились, что метод корреляционной адаптометрии очень хорошо показывает, когда система испытывает напряжение и диагностирует наступление кризиса.

Фрактальный метод так же даёт сигналы, когда система находится в нестабильном состоянии. Целесообразней его применять как дополнительный индикатор, а как основной корреляционный граф и дисперсию.

Исследование динамики развития экономических показателей разных стран с помощью метода корреляционной адаптометрии подтвердило эффективность метода в экономической области.

### Литература

1. Гриняев С.Н., Фомин А.Н. Фундаментальные проблемы антикризисного развития российского финансового рынка. 2009. // Центр стратегических оценок и прогнозов. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.csef.ru/studies/economics/projects/reasons\\_of\\_current\\_crisis/analytics/429/](http://www.csef.ru/studies/economics/projects/reasons_of_current_crisis/analytics/429/)
2. Kaminsky G. Currency and banking crises: the early warnings of distress // IMF working paper 99/178. December. 1999.
3. Kaminsky G., Lizondo S., Reinhart C. Leading Indicators of Currency Crises // IMF Staff Papers. 1998. Vol. 45. (March). P. 1-48.
4. Трунин П.В., Каменских М.В. Мониторинг финансовой стабильности в развивающихся экономиках (на примере России). – М.: ИЭПП, 2007. – 106 с.
5. Сагитов Р.Р. Роль системных рисков в коммерческих банках Российской Федерации // Экономические науки. 2011. № 3 (76). С. 282-286.
6. Смирнова Е.В. Математическое моделирование адаптации к экстремальным условиям, эффект группового стресса и корреляционная адаптометрия: дис. ... докт. ф.-м. наук. – Красноярск, 2000. – 268 с.
7. Gorban A.N., Smirnova E.V., Tyukina T.A., (2009). *Correlations, Risk and Crisis: from Physiology to finance*. PhysicsA, Vol. 389. Issue 16. 2010. P. 3193-3217.
8. A.N. Gorban, E.V. Smirnova, T.A. Tyukina, General Laws of Adaptation to Environmental Factors: From Ecological Stress to Financial Crisis, Math. Model. Nat. Phenom., 2009. Vol. 4. No. 6. P. 1-53.
9. . Global Financial Stability Report (2009–2012) // IMF. P. 12-13.
10. Рябошапко В.А., Фомин А.Н. «Иерархия кризисов» // Вестник Академии военных наук. – М: 4-й филиал Воениздата, 2009. № 1 (26).

### Application of the method of correlation adaptometry for the economic system analysis

*Elena Valentinovna Smirnova, doctor of physical and mathematical Sciences, Professor, Siberian Federal University*

*Nikita Olegovich Bogdanov, postgraduate student, Siberian Federal University*

*The given article proposes the new method of economic crises foreboding by correlation adaptometry. We have checked the operational capability of this method in some countries.*

*Keywords: financial crisis, method of correlation adaptometry, cyclicity, variance*