

На правах рукописи

Ч.Ф.

Чанышева Амина Фанисовна

**ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ
В МОДЕЛЯХ КОМПЛЕКСНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные
методы экономики

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург – 2011

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов».

Научный руководитель – доктор экономических наук, профессор
Светушков Сергей Геннадьевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Ильин Игорь Васильевич

кандидат экономических наук
Вохидов Абдурашид Содикович


Ведущая организация – Федеральное государственное образова-
тельное учреждение высшего профес-
сионального образования «Санкт-
Петербургский государственный универ-
ситет»

Защита состоится «10» марта 2011 года в 15.00 часов на засе-
дании диссертационного совета Д 212.237.03 в Государственном образова-
тельном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-
Петербургский государственный университет экономики и финансов» по
адресу: 191023, Санкт – Петербург, ул. Садовая, 21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финан-
сов».

Автореферат разослан «07» февраля 2011 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Завгородняя А.В.

2011 А
2992

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

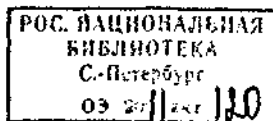
Актуальность темы диссертационного исследования. Сложность социально-экономических процессов требует использования соответствующего этой сложности инструмента моделирования. В последние годы одним из таких инструментов выступает теория функций комплексных переменных. Модели комплекснозначной экономики позволяют описать процессы, моделирование которых с помощью действительных переменных затруднено. Сегодня комплекснозначная экономика представляет собой достаточно развитый математический инструмент, опирающийся в том числе на эконометрику комплексных переменных. Оценки МНК этих моделей позволяют использовать последние в реальной экономической практике. Но эти оценки являются точечными, а теоретическое и методическое обоснования интервальных оценок комплекснозначных моделей пока не даны, что сужает границы применения комплекснозначной экономики в реальной практике. В связи с этим задача построения интервальных оценок комплекснозначных моделей экономики представляется актуальной.

Степень разработанности научной проблемы.

Инструментарий экономико-математических методов в последнее время развивается слабо, особенно в сторону создания принципиально новых моделей, которые могли бы адекватно описывать непростые экономические взаимосвязи и процессы современного мира. В связи с этим проблема ограниченности используемого инструментального аппарата стала выходить на первый план. Для решения этой проблемы на кафедре экономической кибернетики и экономико-математических методов СПбГУЭФ было предложено использовать в экономико-математическом моделировании такой математический аппарат, как теория функций комплексных переменных.

На сегодняшний день решены первоочередные задачи по формированию основ комплекснозначной эконометрии, опубликованные в трудах Светуныкова С.Г., Светуныкова И.С., Савинова Г.В., Корещкой Т.В., Сиротиной Е.В. и других ученых. К их числу относятся:

- 1) обоснование возможности использования комплексных чисел в экономике и способа объединения экономических показателей в комплексную переменную;
- 2) разработка метода наименьших квадратов применительно к задачам оценивания значений коэффициентов линейной комплекснозначной функции, а также основных нелинейных функций;
- 3) развитие аппарата теории производственных функций с применением комплексных переменных. Показано, что в ряде случаев комплекснозначные модели гораздо более точно описывают реальные процессы;
- 4) решение основных задач регрессионно-корреляционного анализа комплекснозначной эконометрики;



- 5) построение классифицирующей производственной функции комплексного переменного типа Кобба-Дугласа, анализ коэффициентов которой позволяет сделать вывод об эффективности производства, а также нахождение таких коэффициентов модели, при которых ошибка аппроксимации данной функции является минимальной;
- 6) исследования динамики акций фондовых бирж с использованием индекса комплексной переменной.

Тем не менее задача нахождения интервальных оценок комплекснозначной эконометрической модели ставится и решается впервые.

Цель и задачи диссертационного исследования. Целью диссертационной работы является разработка теоретических и методических оснований для построения доверительных областей в эконометрии комплексных переменных.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие основные задачи:

1. Изучены основные положения теории социально-экономического прогнозирования и роль математического моделирования для решения задач прогнозирования, рассмотрены основные методы прогнозирования.
2. Рассмотрены теоретические аспекты, лежащие в основе формирования нового научного направления – эконометрики комплексных переменных, сделан обзор и анализ моделей, применяемых в эконометрике действительных переменных.
3. Показаны первоочередные задачи формирования основ эконометрии комплексных переменных и достижения в этой области.
4. Разработаны подходы к построению доверительных областей для комплексного коэффициента линейной регрессии $b_0 + ib_1$, а также для расчетных значений зависимой переменной $Y_T + iY_I$ комплексного уравнения регрессии. Приведены задачи, решаемые с помощью данных методов.
5. Проведен сравнительный анализ классических и модифицированных методик построения доверительных областей с целью обоснования необходимости адаптации методов эконометрии действительных переменных к комплекснозначной эконометрике. Данная адаптация осуществлена.
6. Проанализированы существующие и предложены новые способы оценки адекватности комплекснозначных эконометрических моделей.
7. Все полученные результаты применены на условных и реальных экономических данных, показана их эффективность и работоспособность.

Объектом исследования выступают социально-экономические системы макроуровня, адекватное описание которых в силу их сложности осуществляется с помощью методов комплекснозначной эконометрики.

Предметом исследования являются социально-экономические процессы, моделируемые с помощью методов эконометрии комплексных переменных.

Теоретической и методологической основой исследования послужили основные положения теории вероятностей и математической статистики, эконометрики, социально-экономического прогнозирования, теории функций комплексных переменных, теории производственных функций, элементы комплекснозначной экономики. В работе широко используются такие общенаучные методы исследования, как системный подход, анализ и синтез, метод аналогий и др.

Информационную базу исследования составили статистические данные органов государственной статистики, тематические информационно-аналитические материалы, представленные в научной литературе, периодической печати и сети Интернет.

Научная новизна диссертации заключается в разработке методов построения интервальных оценок статистических характеристик комплекснозначных эконометрических моделей.

К наиболее существенным результатам исследования, обладающим научной новизной и полученным лично автором, можно отнести следующие:

1. Исходя из экономического смысла задачи, обоснована эллипсоидная форма доверительной области для коэффициентов эконометрической модели комплексных переменных и расчетных значений исследуемого комплексного показателя.

2. Введен коэффициент для модификации метода расчета статистики Хотеллинга, адаптированной к задачам комплекснозначной эконометрики, касающегося построения доверительных областей.

3. Разработан «метод декомпозиционных доверительных границ» для построения доверительной области расчетного значения зависимой комплексной переменной результата, который предлагается использовать в задачах интерполяции комплекснозначных показателей.

4. Предложен «метод агрегированных доверительных границ» для построения доверительной области расчетного значения зависимой комплексной переменной результата, который рекомендуется к применению в различных экономических задачах аппроксимации и прогнозирования.

5. Адаптированы к использованию с комплексными переменными и применены коэффициенты сбалансированности и соответствия для оценки работоспособности комплекснозначных эконометрических моделей. Дана интерпретация полученным комплексным коэффициентам.

Теоретическая и практическая значимость исследования состоит в том, что основные положения диссертационной работы могут быть использованы для моделирования сложных экономических процессов и проведения

эконометрических исследований в различных областях экономики, как на макро, так и на микроуровне.

Апробация результатов исследования.

Основные положения диссертационного исследования прошли апробацию на рядах ретроспективных данных по таким макроэкономическим показателям, как валовой внутренний продукт, экспорт, импорт, численность экономически активного населения и численность занятых в Российской Федерации, курсы доллара и евро к рублю и др. Интервальные оценки, полученные в ходе исследования, являлись хорошим средством в процессе принятия решения о направлении изменений значений экономических показателей и их количественного описания. Актуальность темы диссертационного исследования подтверждается использованием ее основных результатов при выполнении научного исследования, поддержанного грантом РФФИ №07-06-00151 «Разработка основ экономико-математического моделирования с использованием комплексных переменных» (2007 – 2009 гг.)

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы его цель и основные задачи, определены предмет и объект, раскрыта научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе – «Основы теории и задачи эконометрии комплексных переменных» - исследованы основные понятия, принципы и разделы эконометрики; выявлены недостатки эконометрики действительных переменных, заключающиеся в ограниченности применяемого на данный момент математического аппарата; рассмотрены теоретические аспекты, лежащие в основе формирования эконометрики комплексных переменных; приведены основные достижения в рамках нового научного направления.

Во второй главе – «Теоретические и методические основы построения интервальных оценок комплекснозначных функций» - предложены методы построения доверительных областей для коэффициента регрессии комплексной модели, а также для расчетных значений зависимой переменной; обоснована форма доверительной области в эконометрике комплексных переменных; рассмотрены основные достоинства методов, области их практического применения; проведен сравнительный анализ моделей с использованием классической и модифицированной статистик Хотеллинга.

В третьей главе – «Аппроксимация и прогнозирование российской экономики комплекснозначными функциями» - все полученные в ходе диссертационного исследования результаты апробируются на реальных рядах данных; проводится полное эконометрическое исследование комплекснозначной модели; рассматривается применение адаптированных к комплекснозначной экономике коэффициентов сбалансированности и соответствия, представляющих собой хороший инструмент для оценки работоспособности комплексных уравнений регрессии.

В заключении обобщены основные результаты исследования.
По теме диссертационной работы опубликовано 7 научных статей общим объемом 1,8 печатных листа.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

В настоящее время теория функций комплексных переменных используется в моделях, описывающих социально-экономические процессы в различных сферах хозяйственной деятельности. Так, например, степенная производственная функция комплексных переменных с комплексными коэффициентами сочетает в себе все возможные типы зависимости производственных результатов от производственных ресурсов:

$$G + iC = (a_0 + ia_1)(K + iL)^{(b_0 + ib_1)},$$

где C – суммарные затраты на производство (издержки); G – валовая прибыль; K – затраты капитальных ресурсов; L – затраты трудовых ресурсов. Показательная и логарифмическая разновидности таких функций имеют вид:

$$G + iC = (a_0 + ia_1)e^{(K+iL)},$$

$$G + iC = (a_0 + ia_1) + (b_0 + ib_1)\ln(K + iL).$$

Используется в теории и на практике классифицирующая производственная функция комплексного переменного, основанная на производственной функции Кобба-Дугласа:

$$G + iC = (a_0 + ia_1)(K_0 + iK_v)^\alpha(L_0 + iL_v)^{1-\alpha},$$

где G – валовая прибыль; C – издержки; K_0 – основной капитал; K_v – неосновной (вспомогательный) капитал; L_0 – труд основных работников; L_v – труд неосновных (вспомогательных) работников; a_0, a_1, α – параметры модели.

Кроме того, с помощью аппарата теории функций комплексной переменной построена модель зависимости между ценой и объемом акций фондового рынка. Цена и объем продаж, выраженные полярным углом и модулем, графически представляют собой так называемую К-паттерну, характеризующую временные отрезки стабильного состояния экономической конъюнктуры фондового рынка и описываемую логарифмической комплекснозначной моделью.

Существующие на данный момент разработки позволяют получить только точечные оценки описанных выше моделей, что недостаточно для целей моделирования экономики. Для более полного описания сути и особенностей реальных экономических процессов необходимо найти интервальные оценки этих и других комплекснозначных моделей.

Для моделирования сложных социально-экономических процессов могут использоваться комплекснозначные модели различных форм, большая часть из которых может быть приведена к линейному виду. Ключевой зада-

чей данного диссертационного исследования является построение интервальных оценок для линейной зависимости комплексного социально-экономического результата от комплексного аргумента следующего вида:

$$Y_r + iY_i = (a_0 + ia_1) + (b_0 + ib_1)(X_r + iX_i), \quad (1)$$

где Y_r, Y_i - действительная и мнимая части комплексной переменной результата; X_r, X_i - действительная и мнимая части комплексной переменной фактора; a_0, a_1, b_0, b_1 - оценки действительной и мнимой составляющих комплексных коэффициентов, найденные с помощью МНК. Поскольку эти оценки являются выборочными, необходимо найти их доверительные границы для оценки свойств генеральной совокупности.

1. Обоснование эллипсоидной формы доверительной области для коэффициентов эконометрической модели комплексных переменных и расчетных значений исследуемого комплексного показателя.

Для построения доверительной области для коэффициента регрессии в первую очередь был опробован способ, не учитывающий ковариации между переменными Y_r и Y_i . Для построения доверительной области в таком случае используется неравенство вида:

$$(\hat{y}_r + iy_i) - t_{f,\alpha}(\sigma_r + i\sigma_i) \leq Y_r + iY_i \leq (\hat{y}_r + iy_i) + t_{f,\alpha}(\sigma_r + i\sigma_i), \quad (2)$$

где $t_{f,\alpha}$ - статистика Стьюдента для уравнения регрессии; σ_r, σ_i - стандартные ошибки для соответствующих уравнений регрессии; \hat{y}_r, \hat{y}_i - расчетные значения действительной и мнимой частей переменной $Y_r + iY_i$.

Доверительные области, построенные с помощью данного способа, представляют собой прямоугольники на комплексной плоскости Y_r, Y_i (рис.1).

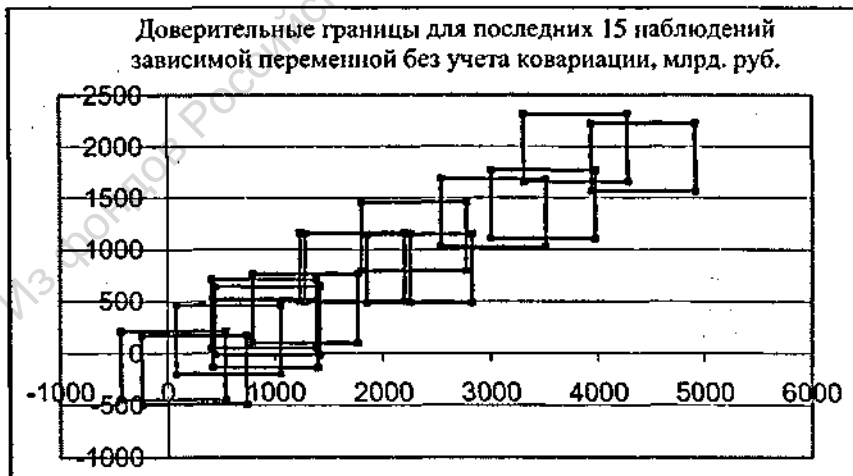


Рисунок 1. Доверительные границы для расчетных значений Y без учета ковариации, млрд. руб.

Здесь возможно возникновение следующих ситуаций:

1) фактическое значение наблюдаемого признака находится внутри доверительной области – прямоугольника, но в самом его углу. То есть полученное в результате проведения эксперимента значение расположено близко к доверительной границе как для величины Y_r , так и для величины Y_l .

2) фактическое значение незначительно вышло за границы прямоугольника по величине Y_r (Y_l), но находится посередине доверительного интервала для Y_l (Y_r).

Логика подсказывает нам, что возникновение ситуации 2 более предпочтительно, т.к. полученное фактическое значение располагается ближе к одному из средних значений интервалов. По той же причине вероятность получения такого значения будет выше, чем в случае 1. Следовательно, возможны такие ситуации, при которых построенная по описанному выше методу область является неадекватной – она может «упустить» более вероятные варианты, тогда как менее вероятные войдут в нее.

Д. Химмельблау рассматривает линейное уравнение регрессии вида $\eta = \beta'_0 + \beta_1 x = \beta_0 + \beta_1(x - \bar{x})$, оценка которого представлена в виде $\hat{Y} = b_0 + b_1(x - \bar{x})$. Он утверждает, что прямоугольник (2), образованный оценками доверительных интервалов, и оценка совместной доверительной области, ограниченная эллипсом, могут содержать существенно различные значения коэффициентов. В случае, если требуется определить, описывает ли экспериментальные данные линейная модель, учитывающая одновременно изменение углового коэффициента и ординаты при \bar{x} , необходимо оценить совместную доверительную область для β_0 и β_1 . Она будет представлять собой эллипс, уравнение которого выглядит следующим образом:

$$(b_0 - \beta_0)^2 \sum_{i=1}^n p_i + (b_1 - \beta_1)^2 \sum_{i=1}^n p_i (x_i - \bar{x})^2 = 2S^2_{Y_i} F_{1-\alpha}, \quad (3)$$

где F – статистика Фишера, S_{Y_i} – оценка стандартной ошибки, p_i – число повторных измерений зависимой переменной при данном значении x_i , α – вероятность того, что значение находится вне доверительной области.

Уравнение соответствует границе некоторой области (которая сама является случайной), содержащей параметры β_0 и β_1 со $100(1-\alpha)$ %-ной надежностью.

Другой способ построения совместных доверительных областей основан на рассмотрении плотностей вероятностей изучаемых величин.

В случае, если одна действительная случайная величина имеет нормальный закон распределения (а именно такие величины мы и рассматриваем) плотность ее распределения представляет собой параболу. В двумерном случае предположение о нормальном совместном распределении двух случайных величин приведет к тому, что двумерная плотность распределения будет представлять собой поверхность Гаусса. Пересечение ее с горизонтальной поверхностью, задающей уровень значимости, даст в проекции контур эллипса, который и будет являться совместной доверительной областью для изучаемых случайных величин.

На основе описанных выше рассуждений сделан вывод о том, что для построения доверительной области для комплексной переменной необходимо использовать подход, основанный на наличии взаимосвязи между экономическими показателями, объединенными в комплексную переменную. Поскольку коэффициенты регрессионной модели отражают влияние каждой из составляющих комплексного аргумента на комплексный результат, то и сами коэффициенты не стоит рассматривать как статистически независимые величины.

2. Построение доверительной области для коэффициента регрессии с помощью модифицированной статистики Хотеллинга.

Статистика Хотеллинга также служит способом построения совместных доверительных областей для двух и более случайных величин, коррелированных между собой, в виде эллипсов. Метод применения статистики Хотеллинга является наиболее простым из всех описанных выше, в связи с чем он используется в диссертационном исследовании в качестве основы.

Для нахождения совместной доверительной области с использованием аппарата многомерных статистических методов для двумерного вектора коэффициентов с помощью распределения Хотеллинга используется статистика t , которая в матричном виде выглядит следующим образом:

$$t^2 = n(\bar{B} - \mu)C^{-1}(\bar{B} - \mu), \quad (4)$$

где C – матрица оценок ковариаций, n – число наблюдений, μ – вектор математических ожиданий двумерного случайного вектора B ; \bar{B} – вектор выборочных оценок математических ожиданий двумерного случайного вектора B .

Хотеллинг связал величину T^2 с распределением F при заданной доверительной вероятности P , известных значениях k и n :

$$T^2 = \frac{k(n-1)}{n(n-k)} F_{1-P, k, n-k} \quad (5)$$

Доверительная область математического ожидания k -мерного случайного вектора Y с доверительной вероятностью P определяется следующим неравенством:

$$(\bar{B} - \mu)^T C^{-1}(\bar{B} - \mu) < \frac{k(n-1)}{n(n-k)} F_{1-P, k, n-k} \quad (6)$$

На основе экспериментальных данных в диссертационном исследовании сделан вывод о том, что необходимо модифицировать данный способ для того, чтобы полученные модели адекватно описывали реальные экономические взаимосвязи и могли быть использованы для прогнозирования. Основной задачей этой модификации является поиск такого способа адаптации вышеназванного метода к задаче диссертационного исследования, который позволил бы расширить доверительную область с тем, чтобы фактические значения с заданной степенью доверительной вероятности попадали бы в вычисляемую область. Кроме того, необходимо

использовать те же характеристики случайной величины, а предлагаемая модификация должна не усложнить вычисления статистики, а, может быть, даже упростить ее.

В ходе исследования на основе многочисленных эмпирических экспериментов было выявлено, что указанным выше условиям наилучшим образом удовлетворяет следующий поправочный коэффициент H , корректирующий связь между статистикой Хотеллинга и F -статистикой:

$$H = \frac{(n-k)^2}{k(n-1)} \quad (7)$$

С учётом этого модифицированная статистика T^2 Хотеллинга будет связана со статистикой F следующим образом:

$$(\bar{B} - \mu)^T C^{-1} (\bar{B} - \mu) = \frac{n-k}{n} F_{1-p, k, n-k} \quad (8)$$

Применение модифицированной статистики на практике показало хорошие результаты оценивания исследуемых величин.

3. Метод декомпозиционных доверительных границ для построения доверительной области расчетного значения зависимой комплексной переменной результата.

Метод декомпозиционных доверительных границ заключается в следующем. Согласно алгоритму строится доверительная область для коэффициента регрессии $b_0 + ib_1$, после чего находится ряд точек (около 40 штук), лежащих на ее границе. Затем каждая из этих точек умножается на конкретное наблюдение по переменной $X_r + iX_i$. В результате получаем ряд точек, лежащих на доверительной границе для соответствующего значения зависимой переменной $Y_r + iY_i$, который представляет собой эллипс. Чтобы получить доверительные границы для всего ряда расчетных значений $\hat{Y}_r + i\hat{Y}_i$, необходимо точки границы для коэффициента B умножить на каждое наблюдение по переменной $X_r + iX_i$. Данный способ и построенную регрессионную модель можно использовать для нахождения расчетных значений и соответствующих им доверительных областей для моделирования значения искомого показателя, когда исследователь владеет информацией лишь о динамике независимой переменной $X_r + iX_i$.

На рисунке 2 изображены доверительные области для уравнения регрессии, построенные для всего ряда исходных значений $Y_r + iY_i$ и $X_r + iX_i$. Величина $Y_r + iY_i$ представляет собой зависимость макроэкономических показателей потребления и накопления как составляющих ВВП от комплексной переменной экспорта и импорта $X_r + iX_i$.

Как видно из рисунка, доверительные области сильно увеличиваются по мере отдаления значений $X_r + iX_i$ от их среднего, тем самым характеризуя нарастание неопределенности.



Рисунок 2. Доверительные области для $Y_r + iY_i$ при $n=36$, млрд.руб.

Метод декомпозиционных доверительных границ предлагается использовать в задачах интерполяции комплекснозначных показателей.

4. Метод агрегированных доверительных границ для построения доверительной области расчетного значения зависимой комплексной переменной результата.

Метод агрегированных доверительных границ базируется на применении статистики Хотеллинга и поправочного коэффициента H непосредственно к двумерной величине $\hat{Y}_r + i\hat{Y}_i$ - ряду расчетных значений $Y_r + iY_i$. Алгоритм нахождения доверительных областей в этом случае сводится к следующему:

1. Найти оценки МНК для коэффициента регрессии $b_0 + ib_1$.
2. Найти ряд расчетных значений $\hat{Y}_r + i\hat{Y}_i$, подставляя в качестве b_0 и b_1 найденные оценки для них по методу наименьших квадратов.
3. Построить доверительные области по описанному выше алгоритму построения областей для коэффициента регрессии $b_0 + ib_1$ с помощью модифицированной статистики Хотеллинга. Вместо средних значений ряда в выражение (8) подставляется текущее расчетное значение $\hat{Y}_r + i\hat{Y}_i$, соответствующее конкретному наблюдению по $X_r + iX_i$. Результатом подстановок будут являться n канонических уравнений эллипсов, определяющих доверительную область для уравнения регрессии.

Метод агрегированных доверительных границ является более общим по сравнению с методом декомпозиционных доверительных границ, использует

меньшее количество расчетных данных и шагов, за что и получил свое название.

На рисунке 3 представлены доверительные области для комплексного линейного уравнения регрессии, найденные методом агрегированных доверительных границ. Как видно из рисунка, по мере увеличения номера наблюдения эллипсы сдвигаются вправо и вверх, что говорит о возрастающем тренде исходных экономических показателей. То же самое можно сказать, глядя на рисунок 2. Отличие между доверительными областями, построенными двумя разными способами, состоит в степени их увеличения относительно среднего значения. Если на рисунке 2 эллипсы резко увеличиваются в размерах по мере отдаления от $\bar{X}_r + i\bar{X}_i$, на рисунке 3 это увеличение практически не заметно. Это объясняется характером ряда, к которому применяется статистика Хотеллинга. Во втором случае, как было показано выше, этот ряд представляет собой ряд расчетных значений $\hat{Y}_r + i\hat{Y}_i$, который не имеет большой дисперсии. Метод декомпозиционных доверительных границ получает эллипсы путем умножения доверительной области для коэффициента регрессии B на конкретное наблюдение переменной $X_r + iX_i$. Естественно, что в результате умножения «крайние» эллипсы получат большее растяжение, чем те, которые располагаются близко к среднему значению $\bar{X}_r + i\bar{X}_i$.

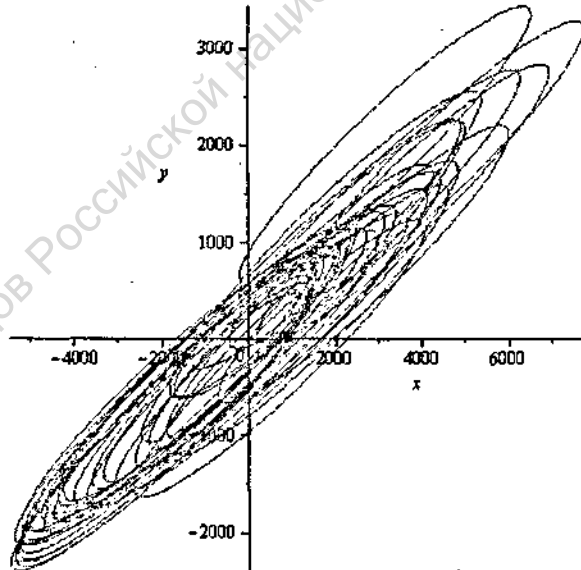


Рисунок 3. Доверительные области для комплексного уравнения регрессии при $n=36$, млрд.руб.

По мнению автора, следует с большей осторожностью относиться к методу декомпозиционных доверительных границ. Это связано с тем, что умножение точек границ эллипса для комплексного коэффициента регрессии на переменную $X_t + iX_t$ является косвенным способом определения границ, т.к. доверительные границы, построенные для комплексного уравнения регрессии, зависят от того, как будут построены доверительные границы для коэффициента регрессии. Кроме того, этот метод представляется более сложным как с точки зрения количества проводимых операций, так и с точки зрения их технической реализации в прикладных программных продуктах. К тому же этот метод базируется на предположении о том, что факторная переменная является детерминированной. В случае если она носит вероятностный характер, применение метода может привести к неточным результатам.

Особое внимание следует обратить на то, что в данном методе при значительной удаленности текущего наблюдения по $X_t + iX_t$ от его среднего значения доверительная область сильно расширяется. Это четко видно на рисунке 2, где крайние области в несколько раз шире, чем область, находящаяся в центре ряда, то есть они имеют большую вариацию.

В связи с вышесказанным применение метода декомпозиционных доверительных границ будет ограничено узкоспециализированными задачами, такими как задача интерполяции комплекснозначных показателей.

Метод агрегированных доверительных границ имеет более широкое применение в задачах аппроксимации и прогнозирования, т.к. он лишен изложенных выше недостатков и гораздо более прост в обращении, в то время как результаты его использования отвечают поставленной задаче.

5. Комплексные коэффициенты сбалансированности и соответствия для оценки работоспособности комплекснозначных эконометрических моделей.

Для оценки работоспособности полученной модели в первую очередь были использованы классические коэффициенты из эконометрики действительных чисел, адаптированные к комплексным переменным, — средние ошибки аппроксимации (9) и (10):

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \hat{y}_x}{y} \right| \cdot 100 \quad (9)$$

$$A = \frac{100}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum (y - \hat{y}_x)^2}{n}} \quad (10)$$

В большинстве случаев эти коэффициенты дают хорошие результаты и их достаточно для оценки адекватности полученной модели. Однако значения мнимой части комплексной ошибки аппроксимации далеко не всегда стремятся к нулю, а зачастую наоборот превышают значение действительной части. Это сильно усложняет интерпретацию полученных результатов. Кроме того, на практике существует ряд ситуаций, в которых ни одна из приведённых формул для расчета ошибок аппроксимации не даёт правильной

информации о свойствах построенных моделей:

1. Расчёт средней ошибки аппроксимации для ряда, среднее значение по которому близко к нулю.
2. Расчёт средней ошибки аппроксимации для ряда данных, в котором имеются значения, близкие к нулю.

В этих случаях ошибка аппроксимации принимает чрезмерно завышенное значение. Наиболее часто такая ситуация встречается, когда исследователь имеет дело с рядом относительных, центрированных данных, среднее значение которого, естественно, равно нулю.

В качестве альтернативы для оценки работоспособности моделей в описанных выше случаях Светуньковым И.С. были предложены коэффициенты сбалансированности и соответствия. В данном диссертационном исследовании эти коэффициенты были адаптированы к случаю с комплексными переменными. Коэффициент сбалансированности имеет вид:

$$B = \frac{\sum_{t=1}^n \sqrt{y_t^2 - \hat{y}_t^2}}{\sum_{t=1}^n \sqrt{y_t^2 + \hat{y}_t^2}}, \quad (11)$$

где y_t - фактическое значение результата, \hat{y}_t - расчетное значение результата, n - число наблюдений.

Коэффициент соответствия имеет вид:

$$C = \frac{\sum_{t=1}^n S_t}{n} \cdot 100\%, \quad (12)$$

$$\text{где } S_t = \frac{\hat{y}_t}{y_t}, \text{ если } |y_t| < |\hat{y}_t|, \quad (13)$$

$$S_t = \frac{y_t}{\hat{y}_t}, \text{ если } |y_t| > |\hat{y}_t|. \quad (14)$$

Коэффициент сбалансированности B будет представлять собой комплексное число. Равенство коэффициента нулю означает абсолютное совпадение между построенной моделью и фактическими данными. Коэффициент также может принимать только такие значения, что $|B| \leq 1$. По мере отдаления фактических данных от расчетных абсолютное значение коэффициента будет увеличиваться.

Комплексный коэффициент соответствия также будет представлять собой комплексное число. Многочисленные расчеты показали, что значение коэффициента C лежит в пределах от -100% до 100% как по действительной, так и по мнимой частям.

В случае, когда расчетные значения зависимой переменной полностью совпадают с фактическими, коэффициент равен 100% по действительной части и нулю по мнимой. При отдалении расчетных значений признака от соответствующих фактических значений приводит к отдалению действительной части коэффициента C от 100% и мнимой части от нуля. Противоположные по знаку расчетные значения результата дадут значение действительной части коэффициента $C = -100\%$, а мнимой – ноль.

Следует обратить внимание на то, что условия (13) и (14) необходимы для того, чтобы действительная часть комплексного коэффициента C не превысила 100%. Результаты исследования показали, что при расчете комплексного коэффициента соответствия C по формулам (13)-(14) необходимо сравнивать значения модулей для расчетного и фактического значений зависимой комплексной переменной. При проверке данных ряда на выполнение условий коэффициент C будет учитывать отклонения расчетных значений от фактических как в положительную, так и в отрицательную стороны.

Материалы диссертации были использованы при моделировании макроэкономических процессов России, которое осуществлялось с помощью нескольких комплекснозначных моделей. В качестве основного примера исследовалась зависимость конечного потребления и валового накопления от основных фондов и численности экономически активного населения за период с 1995 по 2005 годы. Комплексное уравнение регрессии, построенное с помощью МНК, при этом приняло вид:

$$Y_t + iY_t = (-1,41 - i5,32) + (2,21 + i1,94)(X_t + iX_t) \quad (15)$$

Для данной модели были найдены интервальные оценки с помощью предложенных в работе алгоритмов. Сравнение результатов этих построений с существующими методами на периоде 2006-2008 годов показало преимущество предложенных в диссертации методов. Из фактических значений результирующего показателя за эти три года в доверительный интервал, построенный с помощью статистики Хотеллинга, вошло два значения, третье осталось далеко за пределами области. Модифицированная статистика Хотеллинга, предложенная в диссертации, позволила получить такие интервальные оценки, которые входят в соответствующую область.

Если вместо комплекснозначной модели (15) строить систему действительных уравнений регрессии, то будут получены менее хорошие результаты. Интервальные оценки для прогнозных значений показателей покрывают соответствующие фактические значения исследуемого показателя в одном или двух случаях из трех, либо не покрывают вообще. Исключением является применение метода модифицированной статистики Хотеллинга, предложенной в диссертации, в случае использования которой все наблюдаемые значения эндогенной переменной лежат внутри соответствующей ей области.

Для подтверждения результатов исследования рассматривались и другие зависимости, такие как зависимость макроэкономических показателей расходов на потребление и накопление от показателей экспорта и импорта; расходов на потребление и накопление от численности экономически активного населения РФ и численности занятых в РФ; индексов РТС и ММВБ от курсов доллара и евро к рублю и т.п. Все построенные модели свидетельствуют о хорошем качестве предложенного инструментария и применимости его в реальной практике, результаты расчетов представлены в

приложении к диссертационному исследованию.

III. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Чанышева А.Ф. Доверительные оценки прогнозов экономических показателей с помощью регрессий комплексных переменных // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. - №4(60). - 2009. - 0,31 п.л.
2. Чанышева А.Ф. Алгоритм построения доверительных интервалов в эконометрии комплексных переменных // Предпринимательство и реформы в России: Материалы пятнадцатой международной конференции молодых ученых-экономистов. 26-27 ноября 2009г. – СПб: ЭФ СПбГУ, 2009. – 0,25 п.л.
3. Чанышева А.Ф. Нахождение интервальной оценки комплексного уравнения регрессии // Экономическое прогнозирование: модели и методы: Материалы международной научно-практической конференции. 5 - 6 апреля 2009 г.: в 2ч., под ред. Давниса В.В. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2009. – 0,22 п.л.
4. Чанышева А.Ф. Оценка адекватности регрессионной модели в эконометрии комплексных переменных // Предпринимательство и реформы в России: Материалы шестнадцатой международной конференции молодых ученых-экономистов. 25-26 ноября 2010г. – СПб: ЭФ СПбГУ, 2010. – 0,25 п.л.
5. Чанышева А.Ф. Постановка задачи в области эконометрии комплексных переменных // Экономическая кибернетика: системный анализ в экономике и управлении: Сборник научных трудов. Выпуск №16 / Под ред. Д.В. Соколова и В.П. Чернова. – СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2007. – 0,19 п.л.
6. Чанышева А.Ф. Проблемы построения доверительных границ в эконометрии комплексных переменных // Экономическое прогнозирование: модели и методы: Материалы IV Международной научно-практической конференции. 10-11 апреля 2008г. ч.1; в 2ч. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. - 0,27 п.л.
7. Чанышева А.Ф. Проблемы построения доверительных интервалов для уравнения регрессии комплексных переменных // Теория хозяйственных систем: Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора И.М. Сыроежкина. 21 ноября 2008 г. – СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. – 0,31 п.л.

Из фондов Российской национальной библиотеки

Подписано в печать 04.02.11.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать – ризография.
Тираж 70 экз. Объем 1 п.л.
Бумага офсетная. Заказ № 124.
Отпечатано в ООО «Политехника-сервис»
с оригинала-макета заказчика.
191023, Санкт-Петербург, ул. Инженерная, 6.

Из фондов Российской национальной библиотеки

В-2992

2011А

2992

Из фондов Российской национальной библиотеки