

Эмпирическая оценка параметров макроэкономического равновесия: ограничения и решения

Краснощечков Леонид Витальевич

Репетитор по экономике, независимый исследователь

Аннотация

В статье исследуется процесс эмпирической оценки параметров уравнений, совместное решение которых позволяет найти координаты точек всеобщего макроэкономического равновесия стран. Детально рассмотрены практические вопросы и ограничения применяемых подходов. Результат анализа ограничений позволил выработать подход, с помощью которого упрощается синтез достижений макроэкономики (модели IS-LM, AD/AS) и непараметрических методов эконометрики. Для демонстрации практической ценности оценки IS, LM и AD на основе статистики за 2000-2025 гг. приведены примеры графиков. Результаты анализа позволили сделать выводы в плоскости макроэкономики.

Ключевые слова: макроэкономическое равновесие, IS-LM, AD-AS, эконометрические методы, оценивание параметров, непараметрическая статистика

Empirical assessment of macroeconomic equilibrium parameters: limitations and solutions

Krasnoshchekov Leonid Vitalievich

Economics tutor, independent researcher

Abstract

This article examines the process of empirically estimating the parameters of equations whose joint solution allows one to find the coordinates of the points of general macroeconomic equilibrium for countries. Practical issues and limitations of the approaches are examined in detail. The analysis of these limitations allowed to develop an approach that simplifies the synthesis of macroeconomic advances (IS-LM and AD/AS models) and nonparametric econometric methods. Example graphs are provided to demonstrate the practical value of IS, LM, and AD estimation based on statistics for 2000–2025. The analysis results allowed to make macroeconomic conclusions.

Keywords: macroeconomic equilibrium, IS-LM, AD-AS, econometric methods, parameter estimation, nonparametric statistics

1. Введение

В учебниках, посвященных вопросам макроэкономики, основные рассуждения сконцентрированы вокруг двух моделей. Первая модель – модель

всеобщего равновесия (IS-LM), вторая – модель совокупного спроса и совокупного предложения (AD/AS).

С помощью IS-LM и AD/AS, а также их модификаций (сужений до закрытой экономики или неизменного уровня цен, или, напротив, расширений до двух взаимодействующих экономик), приводятся примеры макроэкономического анализа [1]. К сожалению, этот анализ в большинстве случаев проводится на логико-теоретическом уровне. В лучшем случае предлагается решить задачи, в условиях которых даны уравнения. В качестве примера приводится выдержка из условий задачи №8 раздела «Кейнсианско-неоклассический синтез» учебника [2].

Пример постановки задачи представлен ниже.

«Малая открытая экономика с фиксированным валютным курсом описывается следующими уравнениями и значениями параметров (млн. руб.):

$$C = 200 + 0,8Y^d \quad (1E)$$

$$I = 100 - 4i \quad (2E)$$

$$NX = 100 - 0.2Y \quad (3E)$$

$$M/P = 0,25Y - 2i \quad (4E)$$

$$KA = 23 + 2(i - i^*) \quad (5E)$$

$$M^s = 100 \text{ млн. руб.} \quad (6E)$$

$$G = 50 \text{ млн. руб.} \quad (7E)$$

В рамках задачи требуется определить степень мобильности капитала и проанализировать параметры исходного и нового равновесия при увеличении государственных расходов на 50 млн. руб.

Несмотря на практику значительного усложнения условий подобных задач, вопросы их постановки, выраженной в поиске параметров уравнений, подобных (1E) – (5E), зачастую не ставятся.

1.1. Актуальность

В рамках одного из главных разделов курса эконометрики изучаются способы оценки параметров регрессионных уравнений. Основной упор делается на свойства оценок коэффициентов и на «качество» уравнений.

В рамках курса макроэкономики изучаются сложные абстрактные модели равновесия в отрыве от реальных данных.

Разрыв между двумя предметами приводит к тому, что результаты макроэкономики редко применяются к реальным данным, несмотря на их доступность в сети «Интернет». Одна из причин разрыва состоит в отсутствии понятных практических руководств по использованию доступных данных и макроэкономической интерпретации результатов, что определяет актуальность настоящего исследования.

1.2. Обзор исследований

Даже в наиболее ценных с академической точки зрения источниках, таких как [1], [2] и [3], в которых описаны научно весомые методы макроэкономического анализа, не раскрываются детали применения моделей к реальным данным. Более того, в [1] имеет место скептицизм в отношении

применения статистических данных для оценки параметров уравнений, описывающих функционирование экономики некой страны. Примеры скептицизма из [1] и других источников приведены ниже (табл. 1).

Таблица 1 – Примеры скептицизма в отношении эконометрической оценки IS-LM и AD/AS

Источн ик	Наименование и автор	Тезис о неприменимости IS-LM и (или) AD/AS для анализа на основе реальных данных
[1]	Макроэкономика Абель Э., Бернанке Б.	В блоке 9.1 «Эконометрические модели и макроэкономические прогнозы» книги [1] на странице 422 описан предельно общий алгоритм использования макроэкономических моделей для прогнозирования состояния экономики. На первом этапе с помощью статистического анализа данных рекомендуется определить параметры модели (в [1] приводится пример эластичности спроса на деньги по доходу). На втором шаге определяются тенденции изменения экзогенных переменных (аналоги G и M^s из задачи №8 [2]). Третий этап: вычисления значений эндогенных переменных (объем производства, занятости и процентная ставка) в будущем периоде. Критика описанного алгоритма приведена в последнем абзаце блока 9.1 книги [1]: «Хоть относительно простая модель, подобная модели IS-LM, может быть использована для разработки реального прогноза, результат, скорее всего, будет не очень хорошим». Вместе с этим в блоке 9.1 приводится пример высокого (от 700 до 1200) числа переменных, используемых фирмами-прогнозистами, а также предлагается исследовать экономику в разрезе отраслей.
[4]	IS-LM Paradigm in Macroeconomics: A Survey and Evaluation. Li, H.M. Wu, X.	В статье [4] (в первом разделе, который называется «Традиционная парадигма IS-LM и ее недостатки») проведен обзор аргументов против IS-LM. Один из них, в частности, связан с критикой Лукаса, которая строится на основе функций полезности (теоретический аспект критики). Другие аргументы, образующие группу, связаны с игнорированием динамических характеристик (эмпирико-вычислительный аспект критики). В работе [4] сделана запись о том, что «в учебниках продвинутого уровня» вместо IS-LM используются модели «динамического (стохастического) общего равновесия».
[5]	An Evaluation of Macroeconomic Models for Use at EIA. Arora, V.	В работе [5] отмечается, что «большинство макроэконометрических моделей оцениваются по каждому уравнению отдельно с использованием метода наименьших квадратов (МНК)». Далее автор описывает недостатки этого подхода, указывая на проблемы одновременности уравнений и нестационарности данных (непостоянства характеристик временного ряда – прим. авт.). Отмечено, что использование МНК для оценки таких трендовых переменных приводит к смещению значений статистических выборочных критериев.

Описанные примеры скептицизма в отношении применимости моделей к реальным данным во многом противоречат научным основам макроэкономики (в т.ч. методу агрегирования) и представляются дискуссионными.

В частности, противоречие блока 9.1 учебника [1] состоит в том, что в разделе 1.1 сделана запись о том, что «макроэкономика игнорирует различия между многими разными видами товаров, фирм и рынков, существующих в реальной жизни, концентрируясь на изучении национальной экономики в целом». Таким образом, поиск равновесных реальной процентной ставки (r), выпуска (Y) и числа занятых граждан (L) отдельных стран с использованием «упрощённой» модели IS-LM не противоречит методу и целям макроэкономики как науки (несмотря на то, что результат, по мнению авторов [1], которые на достаточно высоком уровне описали современные достижения макроэкономики, «скорее всего, будет не очень хорошим»).

Минусы модели IS-LM, описанные в [4], и выражение мнения о преимуществе моделей динамического равновесия, не указывают на отсутствие смысла в применении реальных данных для первичной оценки параметров функций IS, LM и AD. Проблемы оценки параметров функций IS, LM и AD, описанные в [5], могут решаться в плоскости эконометрики (в [5], например, в качестве решения предлагается двухшаговый МНК).

1.3. Цель исследования

Следует ли отказаться от идеи применения инструментов макроэкономического анализа уравнений, подобных (1E) – (5E), но полученных с помощью МНК, реализованного в отношении реальных статистических данных стран, наблюдаемых в XXI веке? Пригодны ли для аналитических целей эмпирически выведенные уравнения, подобные (1E) – (5E), и оценки параметров равновесия, определенные на их основе? Поиск ответа на данные вопросы составляет проблему исследования, проводимого в рамках настоящей работы. Цель работы – продемонстрировать примеры построения макроэкономических уравнений на основе реальных данных и получения первичных выводов о параметрах равновесия в отдельных странах.

Объектом исследования является процесс построения представленных в учебниках по макроэкономике взаимосвязанных графиков, описывающих состояние рынка товаров, денег и труда, на основе данных макроэкономической статистики отдельных стран. Предметом исследования является множество способов преодоления ограничений, связанных с построением графиков.

Импульсом для проведения настоящего исследования стала система графиков, представленная в разделе 12.5 «Аналитическая и графическая интерпретация кейнсианской модели общего равновесия» учебника [2] и модифицированная в других его разделах.

2. Материалы и методы

Последующий анализ структурирован в разрезе видов ограничений процесса построения графиков. Кажутся очевидными следующие шаги данного процесса:

1. Выбор макроэкономической модели или обоснование применения отдельных уравнений, характерных для разных школ макроэкономики.
2. Получение статистических данных.
3. Оценка параметров уравнений на основе статистических данных с обоснованием выбора эконометрической модели.
4. Построение графиков и описание выводов на языке макроэкономики.

Практическое выполнение каждого пункта характеризуется рядом сложностей и ограничений. Проблемы, выраженные в этих ограничениях, необходимо решить, как минимум, в плоскости допущений.

Ограничение 1. Выбор научной школы и модели равновесия, отвечающей современным реалиям открытых экономик

Модификации модели IS-LM, концепция которой впервые представлена в статье Дж. Р. Хикса «Господин Кейнс и «классики»: попытка интерпретации» [6] в журнале «Эконометрика» в 1937 году, развивались в рамках нескольких научных школ, представители которых придерживались различных предпосылок (в том числе, связанных с эндогенностью и экзогенностью переменных). Глубокий анализ предпосылок проведен авторами учебника [2].

Правильно сделать выводы в логико-аналитических рамках той или иной научной школы, невозможно, если речь идет о реальных данных, механизм порождения которых зачастую противоречит исходным предпосылкам школ. Например, нельзя идентифицировать параметры макроэкономического равновесия экономики Австралии с 2001 по 2025 гг. с помощью только кейнсианской модели, так как экономика не является закрытой (что предполагает каноническая модель). Невозможно в полной мере руководствоваться и кейнсианско-неоклассическим синтезом, в рамках которого допускается расширение модели IS-LM в направлении включения внешней торговли (как в примере задачи №8 из [2], что показано в формулах (3E) и (5E)), так как предпосылки модели включают малость экономики и только краткосрочный период анализа, в течение которого цены жесткие. Включение в модель элементов концепции адаптивных ожиданий (в т.ч. перманентного дохода), присущих монетаристской экономической мысли (М. Фридман) или ошибок прогноза, охваченных гипотезой рациональных ожиданий, применяемой «новыми классиками» (Дж. Мут), не позволят построить графики IS и LM, так как значительно поменяют структуру уравнений, подобных (1E) – (5E).

В качестве решения проблемы, выраженной в ограничении 1, в настоящей работе применяется высокая степень абстракции, которая проявляется в использовании следующих взаимосвязанных линейных уравнений:

$$C_t = C_a + mpc \times Y_t \quad (1)$$

$$I_t = I_a + d \times r_t \quad (2)$$

$$NX_t = NX_a + a \times Y_t + b \times r_t \quad (3)$$

$$M/P_t = M/P_a + w \times Y_t + v \times r_t \quad (4)$$

$$G_t = G_a + g \times Y_t \quad (5)$$

$$M^s = \text{const} \quad (6)$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + NX_t. \quad (7)$$

Неизвестные эндогенные переменные: Y_t - реальный ВВП за год t , C_t - реальные потребительские расходы за год t , I_t - реальные инвестиции за год t (во внеоборотный капитал (в т.ч. оборудование), а не в запасы произведенной, но не проданной продукции), r_t - реальная процентная ставка в году t , NX_t - чистый экспорт в году t в реальном выражении, G_t - государственные расходы. Число неизвестных переменных – 6. Число уравнений – 6 (выражение (6) уравнением не является). Решение уравнений в системе позволяет определить равновесные значения эндогенных переменных (прежде всего Y и r).

Экзогенные переменные в уравнениях (1) – (5) и (7):

- автономное потребление (C_a), автономные государственные расходы (G_a), автономные инвестиции (I_a), автономный спрос на «реальные кассовые остатки» (M/P_a) и автономный чистый экспорт (NX_a), предложение денег M^s ;
- линейные коэффициенты при эндогенных переменных: mpc (предельная склонность к потреблению), d , a , b , w , v и g .

Логические обоснования вида каждого уравнения представлены ниже.

Уравнение (1)

Уравнение соответствует в части параметра mpc кейнсианским воззрениям, представленным, главным образом, в главе 8 «Склонность к потреблению: объективные факторы» в [7]: «основной психологический закон, в существовании которого мы можем быть вполне уверены не только из априорных соображений, исходя из нашего знания человеческой природы, но и на основании детального изучения прошлого опыта, состоит в том, что люди склонны, как правило, увеличивать свое потребление с ростом дохода, но не в той же мере, в какой растет доход». Автономное (не зависимое от совокупного дохода (выпуска) Y) потребление фигурирует, главным образом, в функции потребления, описываемой в учебниках по макроэкономике (например, в [2] уравнение, аналогичное уравнению (1), представлено в главе 10 «Кейнсианская модель реального сектора»). Отсутствие в уравнении (1) реальных кассовых остатков основано на предположении о низкой значимости эффекта Пигу. Важно отметить, что функция потребления, подобная (1), часто используются в учебниках [1] и [2] (в моделях без государства и закрытой экономики: $G=0$, $T=0$, $NX=0$).

Недостатком уравнения (1) является игнорирование суммы налогов, что противоречит общей системе уравнений, описывающих кейнсианское равновесие и представленных в разделе 12.5 учебника [2]. Преимуществом

уравнения (1) является возможность исследования динамики предельной склонности к потреблению, что может позволить на уровне макроэкономики выразить суждение о проявлении основного психологического закона, описанного Дж. М. Кейнсом.

Уравнение (2)

Функция инвестиций (предельной эффективности капитала) в виде, аналогичном (2), логически объяснена Кейнсом Дж. М. и Хиксом Дж. Р. (в [7] и в [6] соответственно). В линейном виде она широко применяется в учебниках, в том числе в [1] и [2]. При прочтении статьи Джона Р. Хикса [6] может сложиться впечатление о том, что имеет место попытка вместо инвестиций как функции от ставки процента (как (2) или любой другой) обосновать функцию, в число аргументов которой добавляется валовой доход.

Ниже приведены рассуждения Дж. Р. Хикса из работы [6]:

«Безусловно, есть все основания полагать, что рост спроса на потребительские товары, вызванный увеличением занятости, зачастую будет непосредственно стимулировать рост инвестиций - по крайней мере, как только возникнет ожидание, что этот повышенный спрос сохранится. Если это так, нам следует включить величину I (так в исходной статье обозначен совокупный доход – прим. авт.) во второе уравнение (имеется в виду уравнение предельной эффективности капитала в виде « $I_x = C(i, I)$ », где I_x - объем производства капитальных товаров (инвестиций), $C()$ - функция предельной эффективности капитала, I - совокупный доход, численно равный объемам производства капитальных (I_x) и потребительских (I_y) товаров – прим. авт.), хотя и приходится признать, что влияние I на предельную эффективность капитала будет носить прерывистый и нерегулярный характер».

В высокой чувствительности кривой предельной эффективности капитала к доходу Джон Р. Хикс видел значительные риски потери контроля над регулированием экономики (в современных учебниках эти риски описаны в разделах, посвященных «инвестиционной ловушке»).

Представление функции инвестиций в форме (2) и оценивание ее параметров методом линейного регрессионного анализа не противоречит [1], [2], [6], [7] и [3] и не ведет к аналитическим рискам искажения кривой IS в силу следующих причин:

- в уравнение IS включаются C , G и NX , зависимые от валового дохода;
- предполагается, что совместное использование уравнений (1), (2), (3), (5) и (7) для вывода функции IS позволит идентифицировать состояние инвестиционной ловушки.

Важно отметить, что коэффициент « d » в уравнении (2) показывает чувствительность именно к реальной ставке процента (r), а не к номинальной (традиционно обозначаемой как i), несмотря на то, что в основополагающих трудах [6] и [7] вместо реальных ставок анализировались номинальные. В настоящей работе выбор сделан в пользу реальных ставок ввиду их применения в [1] и [2] при описании модели IS-LM. Другой аргумент в пользу r связан с тем, что в первом разделе главы 17 «Основные свойства процента и денег» [7] Дж. М. Кейнсом приведен численный пример нормы процента на

пшеницу, как разницы ставкой процента на деньги и темпа роста стоимости пшеницы. Данный подход концептуально не расходится с расчетом реальной ставки процента, предлагаемым авторами [1] и [2] в качестве приближенного вычисления r , вытекающего из формулы И. Фишера. Однако, поскольку в учебнике [3] IS-LM построена в осях «Y-i», а не «Y-r», в рамках эконометрического анализа представляет интерес переход от реальной ставки к номинальной.

Уравнение (3)

В приложении 13А «Алгебраическая версия модели IS-LM для открытой экономики» книги [1] чистый экспорт некой страны представлен как линейная функция от реальных процентных ставок в двух торгующих (товарами и активами) странах и реальных ВВП этих стран. В главе 15 учебника [2] описано расширение модели IS-LM закрытой экономики до открытой экономики за счет представления чистого экспорта (NX) как функции от реального ВВП и добавления к графикам IS и LM графика функции платежного баланса (BP). Функция BP задана равенством нулю платежного баланса, представляющего собой сумму NX и счета движения капитала (KA). KA, в свою очередь, зависит от разницы номинальной процентной ставки анализируемой страны и мировой ставки процента.

Так как объектом настоящего исследования охвачены статистические данные об экономике отдельных стран, а не глобального мира, и предположения о значительных объемах торговли товарами и активами между некими двумя странами заслуживают отдельного рассмотрения, чистый экспорт представлен как функция реального ВВП и реальной ставки процента страны (уравнение (3)).

Коэффициент «а» уравнения (3) характеризует линейную зависимость NX от Y (соответствует показателю предельной склонности к импортированию, приведенному в разделе 15.1 учебника [2]). Коэффициент «b» уравнения (3) частично (с высокой погрешностью) характеризует показатель, который в разделе 15.1 учебника [2] назван «реакцией мобильности капитала на изменение процентной ставки».

Уравнение (4)

Уравнение спроса на «реальные кассовые остатки» отличается от линейного уравнения, предложенного в разделе 12.2.1 «Алгебраический вывод модели LM» учебника [2] на константу M/P_a . В то же время в разделе «Рынок активов» приложения 9А «Математические версии моделей IS-LM и AD-AS» книги [1] линейная функция спроса на деньги не отличается по структуре от уравнения (4) и включает константу « l_0 », которая «учитывает факторы, которые, в свою очередь, оказывают воздействие на величину спроса на деньги, иные, чем объем производства и процентная ставка (такие, как ликвидность альтернативных активов)». Константа l_0 в рамках настоящего исследования обозначена как M/P_a и представляет собой автономный спрос на реальные кассовые остатки).

Значение M_2 в любой момент времени есть результат предшествующей работы механизма кредитного расширения, обусловленного решениями

экономических агентов о заимствовании денежных средств в коммерческих банках. По этой причине результат оценки линейной зависимости фактических значений $M2$ (или $M2/P$) от Y и r в форме уравнения (4) позволит сделать выводы о связи спроса на деньги и данных факторов.

Уравнение (5)

Согласно описанию кейнсианской модели, представленной в разделе 12.5 учебника [2], а также условию задачи 8, приведенному в качестве примера в начале настоящей статьи, величина государственных расходов является экзогенной. Равенство государственных закупок константе в рамках последующего эконометрического анализа заставило бы вводить допущения о конкретном значении.

Так как показатель государственных закупок характеризует часть «спроса на произведенный ВВП» и в течение года может порождать его предложение, введено упрощенное уравнение (5). В уравнении присутствует автономная от Y компонента G_a . Ее наличие объясняется существованием независимых от доходов экономических агентов расходных статей бюджетов стран («защищённых» статей). Линейная зависимость от доходов (с коэффициентом g) может быть связана с созданием новой инфраструктуры (например, по сбору налогов или обеспечения деятельности, связанной с экспортированием товаров). Введение зависимости G от Y может (хоть и с высокой погрешностью) компенсировать отсутствующую в уравнении (1) переменную, отражающую налоги.

Решение системы уравнений (1) – (5) и (7)

После оценки значений экзогенных переменных Ca , G_a , I_a , M/P_a , NX_a , mpc , d , a , b , w , v и g с помощью эконометрических методов и принятия в качестве допущения некоего значения M^s на основе базы данных МВФ (IMF) возможно определить равновесные значения ставки процента и выпуска.

В первую очередь в уравнение (7) подставляются выражения для потребления, инвестиций, чистого экспорта и государственных расходов из уравнений (1), (2), (3) и (5):

$$Y_t = Ca + mpc \times Y_t + Ia + d \times r_t + NX_a + a \times Y_t + b \times r_t + Ga + g \times Y_t \quad (8)$$

Очевидно, что в левую часть со знаком минус могут быть вынесены выражения для потребления и государственных расходов, что приведет к тождественности преобразованной левой части показателю национальных сбережений. Из этого можно сделать вывод, что уравнение (8) соответствует уравнению кривой IS для открытой экономики – кривой равновесия товарного рынка, выраженного в равенстве сбережений сумме инвестиций и чистого экспорта. Описанные преобразования частично подобны алгебраическому выводу IS, представленному в приложении 13А книги [1].

В рамках настоящей работы используется следующий вывод кривой IS с помощью преобразования уравнения (8):

$$Y_t - mpc \times Y_t - a \times Y_t - g \times Y_t = Ca + Ia + d \times r_t + NX_a + b \times r_t + Ga \quad (8.1)$$

$$Y_t \times (1 - mpc - a - g) = Ca + Ia + NXa + Ga + r_t \times (b + d) \quad (8.2)$$

Уравнение кривой LM задается равенством экзогенного предложения денег и спроса на деньги, заданного уравнением (4):

$$M/P_t = M/Pa + w \times Y_t + v \times r_t = M^s/P \quad (9)$$

Для обеспечения лаконичности вида уравнений IS и LM в [1] вводятся показатели α_{IS} и β_{IS} , а также α_{LM} и β_{LM} , функционально зависящие от экзогенных переменных. В рамках настоящей работы их эквиваленты должны определяться следующим образом:

$$\alpha_{IS} = (Ca + Ia + NXa + Ga) / (1 - mpc - a - g) \quad (10.1)$$

$$\beta_{IS} = (b + d) / (1 - mpc - a - g) \quad (10.2)$$

$$\alpha_{LM} = (M^s/P - M/Pa) / w \quad (10.3)$$

$$\beta_{LM} = -v / w \quad (10.4)$$

Уравнения IS (8.2) и LM (9) с учетом (10.1) – (10.4) могут быть переписаны следующим образом:

$$IS: Y_t = \alpha_{IS} + \beta_{IS} \times r_t \quad (11.1)$$

$$LM: Y_t = \alpha_{LM} + \beta_{LM} \times r_t \quad (11.2)$$

Важно отметить, что в [1] и [2] методом вариации уровня цен (P) из уравнений IS и LM выводится уравнение совокупного спроса в осях Y-P. В настоящей работе вариация P проводится с помощью представления α_{LM} как функции равновесных Y_t и r_t :

$$r_t = (Y_t - \alpha_{IS}) / \beta_{IS} = (Y_t - \alpha_{LM}) / \beta_{LM} \quad (11.3)$$

$$(Y_t - \alpha_{IS}) / \beta_{IS} = (Y_t - \alpha_{LM}) / \beta_{LM} \quad (11.4)$$

$$\alpha_{LM} = Y_t - \beta_{LM} \times (Y_t - \alpha_{IS}) / \beta_{IS} \quad (11.5)$$

$$(M^s/P - M/Pa) / w = Y_t - \beta_{LM} \times (Y_t - \alpha_{IS}) / \beta_{IS} \quad (11.6)$$

$$M^s/P - M/Pa = (Y_t - \beta_{LM} \times (Y_t - \alpha_{IS}) / \beta_{IS}) \times w = w \times Y_t - w \times \beta_{LM} / \beta_{IS} \times Y_t + w \times \beta_{LM} \times \alpha_{IS} / \beta_{IS} \quad (11.7)$$

$$M^s/P - M/Pa = w \times Y_t - w \times \beta_{LM} / \beta_{IS} \times Y_t + w \times \beta_{LM} \times \alpha_{IS} / \beta_{IS} = Y_t \times w \times (1 - \beta_{LM} / \beta_{IS}) + w \times \beta_{LM} \times \alpha_{IS} / \beta_{IS} \quad (11.8)$$

$$Y_t \times w \times (1 - \beta_{LM} / \beta_{IS}) = M^s/P - M/Pa - w \times \beta_{LM} \times \alpha_{IS} / \beta_{IS} \quad (11.9)$$

$$Y_t = M^s / (P \times w \times (1 - \beta_{LM} / \beta_{IS})) - (M/Pa / (w \times (1 - \beta_{LM} / \beta_{IS}))) - (w \times \beta_{LM} \times \alpha_{IS} / \beta_{IS}) / (w \times (1 - \beta_{LM} / \beta_{IS})) \quad (11.10)$$

Очевидно, что совокупный спрос в уравнении (11.10) будет представлять собой убывающую функцию уровня цен в случае выполнения ряда необходимых условий, в число которых можно включить положительность наклона LM и отрицательность наклона IS.

Ограничение 2. Экзогенность денежной массы

Денежная масса (в учебниках по макроэкономике, в частности [1] и [2], применяется агрегат $M2$) является переменной запаса («моментной переменной» или «переменной состояния»). Как показывает уравнение (9), чтобы построить LM, необходимо принять некое значение агрегата $M2$ в реальной оценке ($M2/P = M^s/P$) как постоянное число (экзогенная переменная).

Потенциальные пути решения:

- использовать значение M^s/P на конец любого года;
- использовать выборочное среднее значение M^s/P .

Использование директивного экзогенного значения $M2/P$ для вывода LM может критиковаться по причине определения денежной массы $M2$ экономическими агентами, а не центральным банком, так как норма резервных требований позволяет определить лишь максимальное значение $M2$.

Однако любой экономический агент может столкнуться с отказом в кредите, обусловленным, например, системой правил, установленных монетарными властями любой страны. Минимальное значение $M2$ может регулироваться денежной базой, изменения которой за период времени контролируются центральными банками в значительно большей мере, чем экономическими агентами. Поэтому для целей настоящей работы научная предпосылка о предельном значении $M2$ не считается далекой от условий реального мира.

Вариация $M2$ позволит анализировать параметры макроэкономического равновесия с помощью уравнений, процесс оценки параметров которых исследуется в настоящей работе.

Ограничение 3. Данные

В книге [1], главным образом, предлагается использовать данные Федерального Резервного Банка Сент-Луиса (США). Это легко объяснить тем, что статистических данных об экономике США намного больше, чем об экономике любой другой страны. При этом данные о процентных ставках и основных показателях, вычисляемых в рамках СНС/NIPA (система счетов национального дохода - National Income Production Accounts), численности рабочей силы и денежных агрегатов большинства стран доступны на сайте МВФ (Международного Валютного Фонда - International Monetary Fund). Более того, данные на сайте МВФ(IMF) доступны как в номинальном (в текущих ценах), так и в реальном (в базовых ценах) выражениях. Они доступны как в долларах США, так и в национальных валютах стран.

Ниже (табл. 2) приведены наименования переменных из базы МВФ(IMF), значения которых используются в настоящей работе.

Таблица 2 – Используемые в работе показатели, опубликованные в базе данных МВФ(IMF)

Наименование показателя, используемое в статистической базе данных МВФ(IMF), и единица измерения	Обозначение, используемое в настоящей публикации	Описание показателя
Average cost of funds, Rate, Percent per annum	$fr_i = fr_r + \pi$	Номинальные процентные ставки обозначены i , реальные r , темп инфляции π
Central bank borrowing facility, Rate, Percent per annum	$i1 = r1 + \pi$	
Central bank certificates, Rate, Percent per annum	$i2 = r2 + \pi$	
Certificates of deposit, Rate, Percent per annum	$i3 = r3 + \pi$	
Corporate paper Rate, Percent per annum	$i4 = r4 + \pi$	
Deposit rate, Overnight Rate, Percent per annum	$ffr_i = ffr_r + \pi$	
Deposit Rate, Percent per annum	$i5 = r5 + \pi$	
Government bond yields, minimum, Rate, Percent per annum	$i0 = r0 + \pi$	
Government bonds yields, Short to medium term Rate, Percent per annum	r_{sr}	
Government bonds, Rate, Percent per annum	$i6 = r6 + \pi$	
Government securities: Treasury bills yields, 3 Months Rate, Percent per annum	$i7 = r7 + \pi$	
Government securities: Treasury bills yields, Rate, Percent per annum	$i8 = r8 + \pi$	
Key repurchase agreement Rate, Percent per annum	$repo_i = repo_r + \pi$	
Lending Rate, Percent per annum	$r_{loan} = i_{loan} + \pi$	
Monetary policy-related, Rate, Percent per annum	$i_{key_rate} = r_{key_rate} + \pi$	
Liabilities, Broad Money, Domestic currency	M	Денежная масса M2
Changes in inventories, Constant prices, Domestic currency	$I(storage)$	Инвестиции в рост запасов
Exports of goods and services, Constant prices, Domestic currency	Ex	Экспорт

Final consumption expenditure, General government, Constant prices, Domestic currency	G	Государственные расходы
Final consumption expenditure, Private sector, Constant prices, Domestic currency	C	Потребление
Gross domestic product (GDP), Constant prices, Domestic currency	Y	Реальный ВВП
Gross domestic product (GDP), Price deflator, Index	P	Дефлятор ВВП (индекс цен)
Gross fixed capital formation, Constant prices, Domestic currency	I	Инвестиции в капитал
Imports of goods and services, Constant prices, Domestic currency	Im	Импорт
Labor force, persons	L	Численность рабочей силы

Словосочетание «Constant prices» указывает на исчисление показателя в реальном выражении, а «Domestic currency» на измерение в национальной валюте (а не в долларах США).

Ограничение 4. Выбор процентной ставки, «наиболее влияющей» на экономику страны

Согласно [1] процентные ставки «двигаются в одном направлении». При этом, как показывает простейший корреляционный анализ ставок, данный тезис не всегда подтверждается эмпирически. Например, для национальных инвестиций бизнеса важна ставка процента по кредитам, но она не всегда и не во всех странах коррелирует со ставкой по казначейским облигациям.

Значения рангового коэффициента корреляции Чарльза Спирмена между реальными процентными ставками Австралии показаны в форме корреляционных матриц (табл. 3, табл. 4). Полужирным шрифтом отмечены значения, гипотезы о равенстве коэффициентов корреляции нулю в отношении которых отвергаются на уровне значимости 0,05 (критическое значение для 8 наблюдений согласно таблице 6.10 сборника [8] составляет 0,643). Выбор формулы расчета коэффициента корреляции Чарльза Спирмена вместо наиболее распространенной формулы Карла Пирсона связан с возможностью проверки гипотезы о нулевых значениях без предположения о нормальности анализируемых данных. Выбор именно этого способа расчета подробно описан разделе про ограничение 5.

Таблица 3 - Линейные коэффициенты корреляции реальных процентных ставок Австралии (формула Ч. Спирмена) в период 2001-2008 гг.

	r5_r	r_sr	r6_r	r_loan	r_key_rate	I
r5_r	1,000					
r_sr	0,881	1,000				

r6_r	1,000	0,881	1,000			
r_loan	0,643	0,810	0,643	1,000		
r_key_rate	0,595	0,857	0,595	0,857	1,000	
I	-0,857	-0,548	-0,857	-0,286	-0,190	1,000

Таблица 4 - Линейные коэффициенты корреляции реальных процентных ставок Австралии (формула Ч. Спирмена) в период 2009- 2016 гг.

	r5_r	r_sr	r6_r	r_loan	r_key_rate	I
r5_r	1,000					
r_sr	0,929	1,000				
r6_r	0,929	1,000	1,000			
r_loan	1,000	0,929	0,929	1,000		
r_key_rate	0,976	0,976	0,976	0,976	1,000	
I	0,476	0,214	0,214	0,476	0,381	1,000

В отношении данных Австралии представленный в [1] тезис о положительной корреляции между ставками подкреплен статистической значимостью в выборке 2009 – 2016 гг. (табл. 4), но в выборке 2001- 2008 гг. (табл. 3) присутствуют два статистически не значимых значения между **r_key_rate** и **r5_r**, а также между **r_key_rate** и **r6_r**.

Как станет ясно далее, более важным выводом из табл. 3 и табл. 4 является статистически не значимая связь между ключевой ставкой и инвестициями в 2001-2008 гг., а также между кредитной ставкой и инвестициями. Другой проблемой являются положительные (хоть и статистически не значимые) в период 2009-2016 гг. значения коэффициентов корреляции между процентными ставками и инвестициями. Очевидно, что такие значения ведут к рискам низкой значимости параметров уравнения (2).

Решение состоит в применении ставок, выборочные коэффициенты корреляции реальных кассовых остатков и инвестиций от которых статистически значимы и отрицательны.

Ограничение 5. Объем выборки и обоснованность оценки экзогенных переменных на основе выборочных данных

Очевидно, что в учебных задачах из учебников макроэкономики, функции, подобные (1E) – (7E), предполагаются известными, причем характеризующими, как правило, краткосрочный период. Оценка на основе статистических данных долгосрочного периода справедлива лишь в предположении о долгосрочной неизменности параметров функционирования экономики, которые, в свою очередь, обусловлены технологическими, отраслевыми, географическими и социально-культурными факторами. Настоящее исследование выполняется в условиях гипотезы о том, что сопоставление показателей, полученных в предположении об устойчивых взаимосвязях, характеризующих экономику некой страны, позволит сделать ряд полезных макроэкономических выводов. Аналитические риски данного

подхода не велики: даже отклонение знаков эмпирических оценок коэффициентов от канонических укажет на несправедливость предположений.

Большой объем выборки за несколько лет улучшит выводы с эконометрической точки зрения, но сделает их устаревшими по состоянию на момент оценки параметров равновесия. В контексте данной проблемы важно заметить, что для оценки параметров линейной функции в двухмерном пространстве достаточно двух точек. Например, для оценки параметров I_a и d уравнения (2) достаточно иметь данные о реальных инвестициях и процентных ставках всего за 2 года. Особый интерес в этой связи представляет пример эмпирических графиков AD и SRAS, отраженных на рисунке 2.19 «Политика стимулирования совокупного спроса и отрицательный шок предложения в экономике США в 1971 – 1974 гг.» учебника [2], заимствованных, в свою очередь, из экономического отчета президента США за 1995 год.

Решение:

- в рамках настоящей работы для демонстрации примера проведен анализ данных за четыре периода: 2001-2008, 2009-2016, 2017-2025, 2001 – 2025.

Выборка в размере от 8 до 25 элементов позволит оценить параметры каждого отдельного уравнения обычным МНК, а также сделать первичные выводы о форме графиков и ее динамике. Объем выборки до 25 элементов не позволит проверить гипотезы о нормальности функций распределения остатков регрессионных моделей (согласно разделу 2.1 учебника [9], «чтобы гарантировать, что функция распределения результатов наблюдений отличается от некоторой нормальной не более, чем на 0,01 (при любом значении аргумента), требуется порядка 2500 наблюдений»), и, как результат, сделать параметрические выводы о значениях оценок коэффициентов, подобных I_a и d . При этом оценки параметров, сформированные на основе выборок столь малых объемов, могут быть исследованы с помощью инструментов непараметрической статистики и свойства асимптотической нормальности, что также научно обоснованно рекомендуется автором учебника [9].

Согласно определению, приведенному в [8], «теорию статистических выводов называют непараметрической статистикой, если эти выводы не зависят от неизвестного теоретического распределения и, в частности, от его параметров». В рамках настоящего исследования из инструментов непараметрической статистики, главным образом, применяется инструмент анализа ранговой корреляции в соответствии с формулой Ч. Спирмена, а также проверка гипотез о значениях коэффициентов, полученных с помощью обычного МНК без предположения о нормальности остатков (на основе свойств асимптотической нормальности), что рекомендовано в разделе 3.2 учебника [9].

Другим заслуживающим внимания направлением применения инструментов непараметрической статистики является метод непараметрической линейной регрессии, описанный в разделе 4 брошюры [10]

и состоящий в оценке медианы от выборочных значений коэффициентов наклона линий, соединяющих точки данных из двух подмножеств исходной выборки. В рамках настоящей работы данный метод будет трансформирован в направлении стремления к логике, характерной для вышеупомянутого рисунка 2.19 учебника [2]: вместо исследования всех точек данных и условного деления выборки на 2 части предлагается оценить параметры Ca , mpc , Ia , d , Ga , g по двум точкам данных в годах t и $t+2$, так как в уравнениях (1), (2) и (5) по два неизвестных параметра. Параметры NXa , a , b , M/Pa , w и v будут оценены по трем точкам данных в годах t , $t+1$ и $t+2$, так как в уравнениях (3) и (4) фигурирует 3 неизвестных параметра.

На примере уравнения (3) показаны формулы расчета коэффициентов NXa , a и b по данным наблюдений за три последовательных года: (NX_1, Y_1, r_1) , (NX_2, Y_2, r_2) и (NX_3, Y_3, r_3) :

$$\begin{cases} NX_1 = NXa + a \times Y_1 + b \times r_1 \\ NX_2 = NXa + a \times Y_2 + b \times r_2 \\ NX_3 = NXa + a \times Y_3 + b \times r_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} NXa = NX_1 - a \times Y_1 - b \times r_1 \\ NX_2 = NX_1 - a \times Y_1 - b \times r_1 + a \times Y_2 + b \times r_2 \\ NX_3 = NX_1 - a \times Y_1 - b \times r_1 + a \times Y_3 + b \times r_3 \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} NXa = NX_1 - a \times Y_1 - b \times r_1 \\ a = \frac{NX_2 - NX_1}{Y_2 - Y_1} - b \frac{r_2 - r_1}{Y_2 - Y_1} \\ a = \frac{NX_3 - NX_1}{Y_3 - Y_1} - b \frac{r_3 - r_1}{Y_3 - Y_1} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} NXa = NX_1 - a \times Y_1 - b \times r_1 \\ a = \frac{NX_2 - NX_1}{Y_2 - Y_1} - b \frac{r_2 - r_1}{Y_2 - Y_1} \\ b = \frac{(NX_3 - NX_1)/(Y_3 - Y_1) - (NX_2 - NX_1)/(Y_2 - Y_1)}{(r_3 - r_1)/(Y_3 - Y_1) - (r_2 - r_1)/(Y_2 - Y_1)} \end{cases} \quad (13)$$

Окончательное решение системы уравнений легко получить, подставив оценку коэффициента b во второе уравнение последней системы и получить a . Далее можно легко подставить полученные значения a и b в первое уравнение последней системы и получить значение NXa .

Исследование расчетных значений коэффициентов «а», «b» и «NXa» (и других коэффициентов уравнений (1) – (5)) позволит сделать выводы о медианных значениях и о том, соответствуют ли знаки полученных коэффициентов объясненным макроэкономикой знакам (положительные и отрицательные значения).

Преимущества выборок малого объема в границах настоящего анализа заключается в том, что сравнение периодов 2001-2008, 2009-2016 и 2017-2025, с одной стороны, даст возможность проиллюстрировать смещение и изменение наклона графиков IS, LM и AD за примерно одинаковые промежутки времени (классифицируемые в макроэкономике как долгосрочные периоды), а с другой стороны не столь сильно зависеть от исторических данных и терять связь со значениями, зафиксированными, например, в период 2023-2025 гг.

Ограничение 6. Проблема одновременности (эндогенности)

Для описания проблемы следует переписать уравнения (1) - (5), в форме системы регрессионных уравнений (1R) – (5R) и одного тождества (6R):

$$C_t = C_a + mpc \times Y_t + e1_t \quad (1R)$$

$$I_t = I_a + d \times r_t + e2_t \quad (2R)$$

$$NX_t = NX_a + a \times Y_t + b \times r_t + e3_t \quad (3R)$$

$$M/P_t = M/P_a + w \times Y_t + v \times r_t + e4_t \quad (4R)$$

$$G_t = G_a + g \times Y_t + e5_t \quad (5R)$$

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + NX_t \quad (6R)$$

Очевидно, что уравнения (1R) – (5R) связаны друг с другом через уравнение (6R). Они не являются «внешне не связанными уравнениями» (в терминах [11]).

Ввиду того, что переменные, являющиеся объясняющими (независимыми) в одних уравнениях (например, Y_t в уравнении (1R)), являются объясняемыми в других уравнениях (например, Y в уравнении (6R)), возникает проблема одновременности, а уравнения (1R) - (6R) образуют систему одновременных уравнений (СОУ).

Согласно главе 16 учебника [12], «формой эндогенности объясняющих переменных является одновременность, которая возникает, когда одна или несколько объясняющих переменных определяются совместно с зависимой переменной - как правило, посредством механизма установления равновесия».

В рамках анализа проблемы эндогенности и описания ее решения эконометрическими методами, авторы [11] сформулировали следующий вывод: «из-за наличия корреляции между эндогенными переменными и ошибками непосредственное применение метода наименьших квадратов к структурной форме модели приводит к смещенным и несостоятельным оценкам структурных коэффициентов». В терминах настоящего исследования эта проблема относится к заведомой корреляционной связи, например, между Y_t и $e1_t$, или Y_t и $e3_t$.

Одним из ключевых допущений, на основе которого строится эконометрическое решение проблемы эндогенности (в том числе, косвенным методом наименьших квадратов (для точно идентифицируемой СОУ) и двухшаговым методом наименьших квадратов (для сверхидентифицируемых СОУ)), является допущение о некоррелированности экзогенных переменных и ошибок, что подтверждается следующими предпосылками:

- «экзогенные переменные не коррелированы с ошибками во всех уравнениях системы для всех моментов времени» [13];

- «с точки зрения статистики, ключевое допущение относительно z_{i1} и z_{i2} заключается в том, что они не коррелируют с ошибками уравнений предложения и спроса (u_{i1} и u_{i2} соответственно)». Примечание: z_{i1} и z_{i2} - экзогенные переменные в модели спроса и предложения в [12], раздел 16.

Другая важная предпосылка состоит в коррелированности экзогенных переменных со всеми эндогенными:

- новые независимые переменные (инструментальные) должны быть коррелированы с исходными независимыми переменными [11].

В рамках настоящей работы это означало бы априори высокую корреляцию между, например, M^s и I . Следует отметить, что в некоторых работах, ориентированных именно на точность прогноза, а не на макроэкономическую интерпретацию полученных результатов, проверяются условия идентифицируемости, а условия коррелированности эндогенных переменных и экзогенных остаются не проверенными (например, [14], [15]).

Каждое из уравнений (1R) - (6R) в отдельности построено на основе описанных выше макроэкономических выкладок. В учебниках по макроэкономике, в которых объяснена форма уравнений, подобных (1R) - (6R), приводятся схемы кругооборота потоков платежей и активов между основными участниками: государство, физические лица (домашние хозяйства), юридические лица (предприятия) и внешний мир. Совместное оценивание двухшаговым МНК или косвенным МНК, примеры которого приводятся в [11] и в [13], требует существенного изменения структуры модели для обеспечения идентифицируемости или сверхидентифицируемости, а также проверки предпосылок, описанных выше.

Численные примеры применения косвенного и двухшагового методов наименьших квадратов описаны в разделе 6 (тема 6.2 «Метод инструментальных переменных») учебника [16]). Отдельно обращает на себя внимание то обстоятельство, что в выдержке из модели Клейна 1, приведенной для целей демонстрации разницы оценок обычного МНК и двухшагового в [11], показаны такие уравнения, которые не лежат в основе ни одной из школ макроэкономики. Как результат, цена обеспечения индентифицируемости (сверхидентифицируемости) - существенное изменение модели (зачастую посредством добавления новых экзогенных регрессоров). Новые регрессоры и изменение вида макроэкономических (или, на эконометрическом языке, структурных) уравнений (1R) - (6R) существенно осложняют применение инструментов макроэкономического анализа, развитых Дж. М. Кейнсом, Дж. Р. Хиксом, И.Фишером, М. Фридманом, А. Шварц, П. Самуэльсоном и систематизированных авторами [1], [2], [3] и другими учеными.

Так как перед оценкой косвенным или двухшаговым МНК необходимо проверять ряд предпосылок и условий, адаптация указанных подходов к уравнениям (1R) - (5R) заслуживает рассмотрения в рамках отдельной работы. В рамках настоящего исследования уравнения (1R) - (5R) будут оцениваться отдельно друг от друга с использованием обычного МНК, применяемого в соответствии с непараметрическим подходом, подробно описанным в главе 3.2 учебника [9].

Согласно разделу 3.2.2 «Восстановление линейной зависимости между двумя переменными» учебника [9], «для получения оценок параметров и прогностической формулы нет необходимости обращаться к какой-либо вероятностной модели». Также сделан вывод о том, что «несмещенность и

асимптотическая нормальность оценок метода наименьших квадратов позволяют легко указывать для них асимптотические доверительные границы и проверять статистические гипотезы, например, о равенстве определенным значениям».

Применение указанного подхода позволит сделать первичные выводы в плоскости макроэкономики без нарушения структуры уравнений (1) – (11.10). Подобно общему анализу крови в медицине, результаты которого служат для врача отправной точкой при назначении частных исследований, применение простейшего МНК (в непараметрической постановке задачи) к реальным данным об экономиках стран позволит выявить направления для более детального исследования (в том числе перейти к решению проблемы одновременности уравнений методами, описанными в [11], [12], [13] и [16]). Как будет продемонстрировано далее, с помощью обычного МНК выявляются более существенные расхождения с каноническими уравнениями макроэкономики. Например, имеют место отличия знаков экзогенных переменных Ca , G_a , I_a , M/P_a , NX_a , d , a , b , w , v и g от канонических, что более существенно, чем потери точности оценок, обусловленные проблемой одновременности уравнений.

Ограничение 7. Пропуски данных

В базе данных МВФ(IMF), используемой в качестве информационной основы в рамках настоящего исследования, имеют место значительные пропуски данных. Эти пропуски, главным образом, связаны с отсутствием сведений о величине процентных ставок в течение периодов, превышающих 5 лет (пример Австралии показан в табл. 5, пропущенные значения отмечены прочерком («-»)). В статистике, относящейся к другим странам, имеет место отсутствие иных сведений (даже значений показателей СНС).

Таблица 5 – примеры пропусков данных о процентных ставках в Австралии в базе данных МВФ(IMF)

Год	fr_r	r1_r	r5_r	r_sr	r6_r	repo_r	r_loan	r_key_rate
2000	-	-	4,907	6,216	6,315	-	7,717	6,250
2001	-	-	3,737	4,982	5,615	-	6,842	4,250
2002	-	-	3,700	5,315	5,844	-	6,363	4,750
2003	-	-	3,508	4,888	5,367	-	6,613	5,250
2004	-	-	3,850	5,272	5,591	-	7,050	5,250
2005	-	-	3,892	5,276	5,340	-	7,258	5,500
2006	-	-	4,063	5,680	5,588	-	7,613	6,250
2007	-	-	4,529	6,298	5,995	-	8,196	6,750
2008	-	-	4,725	5,732	5,818	-	8,908	4,250
2009	-	-	3,079	4,224	5,040	-	6,021	3,750
2010	-	-	4,213	4,888	5,366	-	7,279	4,750
2011	-	-	4,338	4,372	4,880	-	7,738	4,250
2012	-	-	3,917	2,832	3,379	-	6,975	3,000
2013	-	-	3,250	2,813	3,697	-	6,179	2,500
2014	-	-	2,904	2,750	3,655	-	5,950	2,500

2015	-	-	2,304	1,949	2,710	-	5,575	2,000
2016	-	-	2,142	1,730	2,334	-	5,421	1,500
2017	-	-	2,008	1,933	2,639	-	5,246	1,500
2018	-	-	1,979	2,098	2,684	-	5,261	1,500
2019	-	-	1,558	1,097	1,484	-	5,101	0,750
2020	-	-	-	-	-	-	-	0,100
2021	-	-	-	-	-	-	-	0,100
2022	-	-	-	-	-	-	-	3,100
2023	-	-	-	-	-	-	-	4,350
2024	-	-	-	-	-	-	-	4,350
2025	-	-	-	-	-	-	-	-

Ограничение 8. Выбор вида и оценка параметров производственной функции

Как отмечалось выше, ценность для макроэкономического анализа и демонстрации связей рынков товаров и труда представляют связанные диаграммы, на которых отражены зависимости Y от r , Y от P и Y от L , где L - численность занятого населения в экономике страны (количественная мера трудового фактора в производственной функции).

Диаграмма, построенная в осях « $Y-L$ », показывает сечение производственной функции $Y=f(K,L)$ при некоем фиксированном уровне капитала. Для целей настоящей работы достаточно в качестве закона отображения f использовать функцию Кобба-Дугласа. Функция Кобба-Дугласа широко применяется авторами [1] и [2], а в разделе 5.2 учебника [17] приведен пример ее статистического оценивания. Проблемой использования настоящего подхода является отсутствие данных о величине запасов капитала всех стран в базе данных МВФ(IMF) в период после 2019 года.

В качестве решения предлагается применение вместо капитала скользящей суммы инвестиций за 10 периодов. Так как запасы капитала увеличиваются на сумму инвестиций, а уменьшаются на величину физического выбытия, оценка параметров функции $Y=f(K,L)$ покажет зависимость между реальной стоимостью ВВП (аналогом физического объема продукции) и стоимостью капитала. Скользящая сумма за 10 периодов положительно коррелирует с вводом новых мощностей и оставляет за скобками выбытие ранее введенного оборудования.

Целесообразно отметить, что в выдержке из упомянутой при описании ограничения 6 «Модели Клейна 1», процитированной в учебнике [11], формула расчета запаса капитала в году t , имеет следующий вид:

$$K(t) = K(t-1) + I(t). \quad (14)$$

Очевидно, что в модели, как и в решении, предложенном выше, проигнорированы акты выбытия капитала, что противоречит пункту 10.61 СНС 2008 [18]. Однако если принять модель за допущение, из нее легко сделать следующий вывод:

$$K(t) = I(t) + I(t-1) + \dots + I(t-8) + I(t-9) + K(t-10). \quad (15)$$

Если сумму инвестиций за предшествующие t -му году 10 лет обозначить как $\text{Sum_I}(t)$, то функцию $K(t)$ можно переписать в следующем виде:

$$K(t) = \text{Sum_I}(t) + K(t-10). \quad (16)$$

Минусом данного подхода является высокая погрешность между истинным $K(t)$ и $\text{Sum_I}(t)$, равная $K(t-10)$. Среди плюсов, не включая возможность оценки $K(t)$ в период, не охваченный статистикой МВФ(IMF) о значениях показателя «Capital stock, Private sector, Current prices, Domestic currency», с помощью известных данных о реальной величине инвестиций, важно выделить высокое отношение суммы 10 значений переменных потока $\text{Sum_I}(t)$ к переменной запаса $K(t)$. Для целей настоящей публикации и на уровне абстракции, присущей ей, замену данных о $K(t)$ на $\text{Sum_I}(t)$ можно охарактеризовать как приемлемую.

3. Результаты и обсуждения

Примеры графиков функций (1), (2), (4), (5), IS, AD и LM, а также сечения производственной функции, показаны на рисунках, приведенных ниже.

На рис. 1 показаны графики функций спроса на деньги, инвестиций, а также функций IS и LM, параметры которых оценены с помощью МНК, примененного к данным Австралии, опубликованным на сайте МВФ(IMF). Выборочный период: 2001-2025. Значения реальных ВВП (Y) и инвестиций (I) представлены в млн. валютных единиц – австралийских долларов в год (AUD/год), реальная годовая процентная ставка представлена (в %/год). Графики спроса на деньги представлены в трех видах: при зафиксированном значении реального ВВП на равновесном уровне ($M/P[Y_e]$), на уровне 2001 ($M/P[Y_{2001}]$) и 2025 ($M/P[Y_{2025}]$) годов.

В качестве процентной ставки выбрана ставка «Monetary policy-related rate» (r_key_rate). Равновесная реальная процентная ставка отрицательна и составляет -0,06 %/год, равновесное значение реального ВВП при экзогенно заданной денежной массе, равной среднему значению за период, составило 2 096 813 млн. AUD / год. Данные равновесные значения показаны на всех графиках прямыми линиями и отмечены зеленым цветом.

На рис. 2 представлены графики функций IS и LM, совокупного спроса, сечения производственной функции (при заданной скользящей сумме инвестиций за 10 периодов, зафиксированной в 2025 году, и среднего значения данного показателя за период 2001 – 2025 гг.), функций государственных и потребительских расходов. Базовый год индекса цен (дефлятора ВВП, обозначенного P) приведен к 2000 году. Фактические годовые значения отмечены серыми точками.

На первый взгляд может сложиться представление о том, что все уравнения не отличаются по форме от канонических уравнений, приведенных в задачах из учебников по макроэкономике. Однако проверка гипотезы о равенстве нулю параметров C_a , G_a , I_a , M/P_a , NX_a , d , a , b , w , v и g в некоторых случаях приводит к отрицательным результатам. Другим «тревожным» сигналом является не высокое значение доли дисперсии выборочных значений

инвестиций, объясняемой дисперсией линии регрессии (коэффициент детерминации (на рисунках обозначен R^2)).

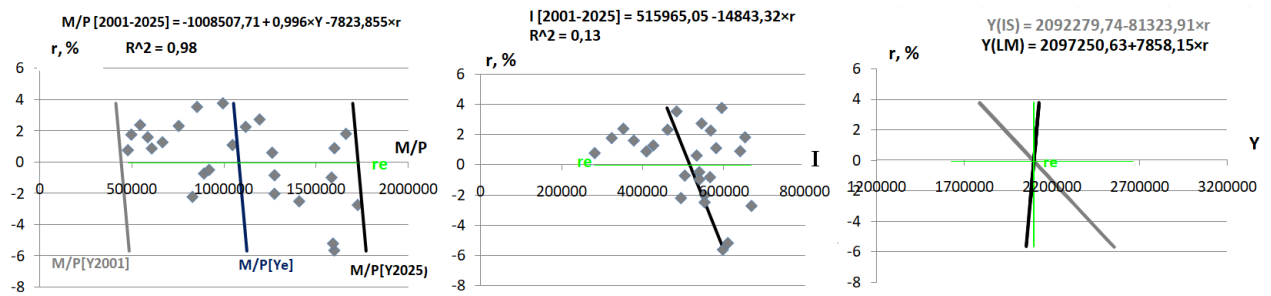


Рисунок 1 – Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ(IMF), выборочный период: 2001 – 2025 гг.)

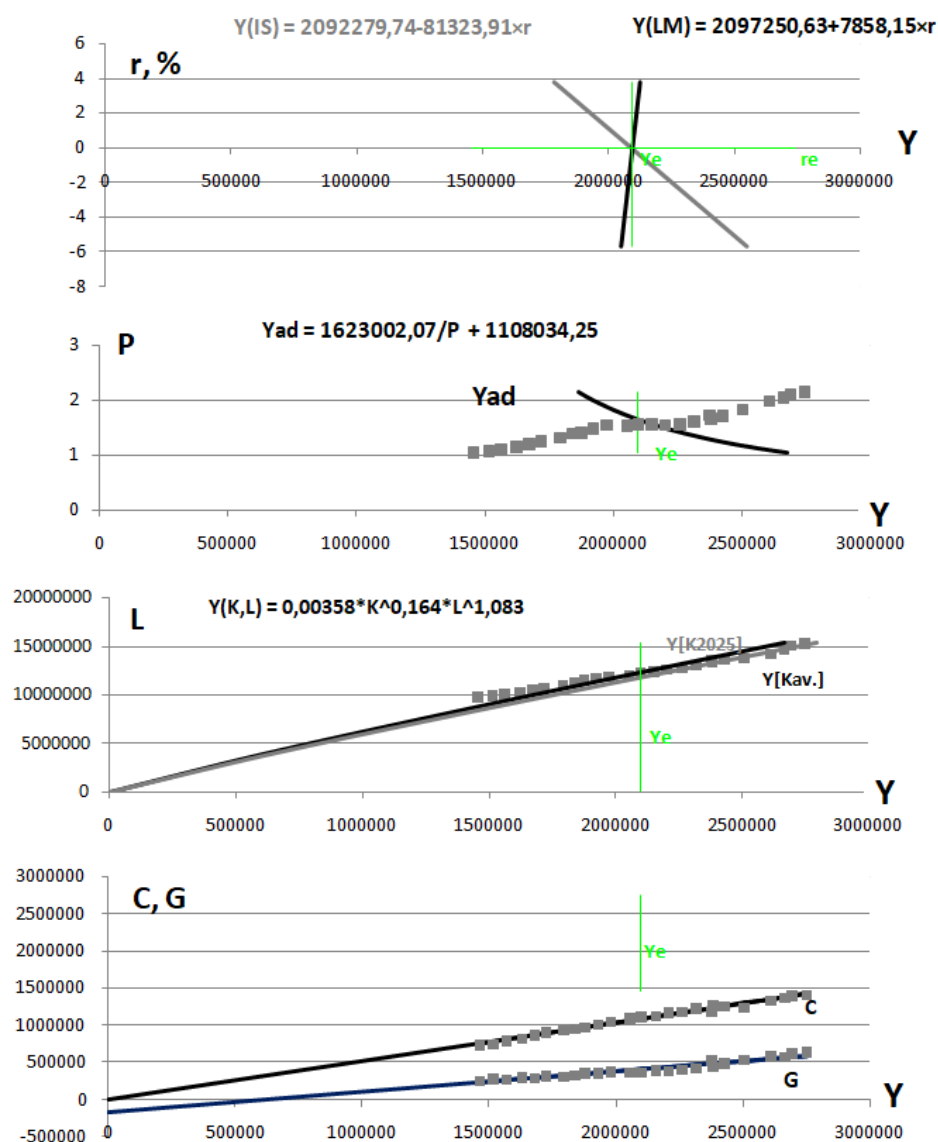


Рисунок 2 – Графики функций IS и LM, совокупного спроса, сечения производственной функции, функций государственных и потребительских расходов, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2025 гг.)

В разделе 3.2 учебника [9] показано, что оценки метода наименьших квадратов (в обозначениях уравнения (2R) из настоящей работы), имеют асимптотически нормальное распределение с математическими ожиданиями d и Ia и дисперсиями $D(\hat{d})$ и $D(\hat{Ia})$ соответственно. Формулы расчета дисперсий, приведенные в разделе 3.2 учебника [9] и адаптированные к уравнению (2R) настоящей работы, имеют следующий вид:

$$D(\hat{d}) = \frac{\sum_{t=1}^n (I_t - I_t^{\wedge})^2}{n \sum_{t=1}^n (r_t - r_{av})^2} \quad (17)$$

$$D(\hat{Ia}) = \frac{\sum_{t=1}^n (I_t - I_t^{\wedge})^2}{n^2}, \quad (18)$$

где n – объем выборки, $I_t^{\wedge}$ – оценочное значение инвестиций из уравнения регрессии, r_{av} – среднее выборочное значение процентной ставки.

Так как, согласно рис.1, дисперсия регрессии инвестиций объясняет лишь 13% общей дисперсии выборочных данных, следует проверить гипотезу H_0 о том, что $d = 0$:

$H_0: d=0$,

$H_1: d \neq 0$.

Значения среднеквадратических отклонений d и свободного члена, рассчитанные как квадратный корень от дисперсий, определенных в соответствии с формулами (14) и (15), равны 0,0221 и 4469,81 соответственно.

Из асимптотически нормального распределения МНК-оценок d и Ia для проверки H_0 можно оценить критические верхнюю ($d_{\text{крит. верх.}}$) и нижнюю ($d_{\text{крит. нижн.}}$) границы доверительного интервала для d в рамках предположения о его нулевом значении при доверительной вероятности 95%:

$$d_{\text{крит. нижн.}} = 0 - 1,96 * 7788,08 = - 15264,65;$$

$$d_{\text{крит. верх.}} = 0 + 1,96 * 7788,08 = 15264,65.$$

Значение 1,96 соответствует квантилю нормального стандартного распределения, соответствующего доверительной вероятности 95% (или, что эквивалентно, аргумент функции стандартного нормального распределения при вероятности 0,975).

Из МНК-оценки d , отраженной в записи уравнения регрессии инвестиций, представленной на рис. 1, следует, что выборочное значение отрицательное и составило -14 843,32. Это значение включено в интервал ($d_{\text{крит. нижн.}}$; $d_{\text{крит. верх.}}$), что означает невозможность отклонения гипотезы H_0 при доверительной вероятности 95% (при уровне значимости 5%).

Аналогичная гипотеза в отношении значения свободного члена отвергается на уровне значимости 5%. Не отклонение гипотезы H_0 о нулевом значении d в терминах макроэкономики идентифицирует инвестиционную ловушку, которая выражена в низкой чувствительности инвестиций (и выпуска) к изменению процентной ставки (ситуация рассмотрена, например, в разделе 14.2 учебника [2]).

Ниже на рис. 3 и рис. 4, рис. 5 и рис. 6, рис. 7 и рис. 8 показаны графики, оцененные по данным 8-ми и 9-ти летних выборок за периоды 2001-2008 гг., 2009 – 2016 гг. и 2017 – 2025 гг. соответственно.

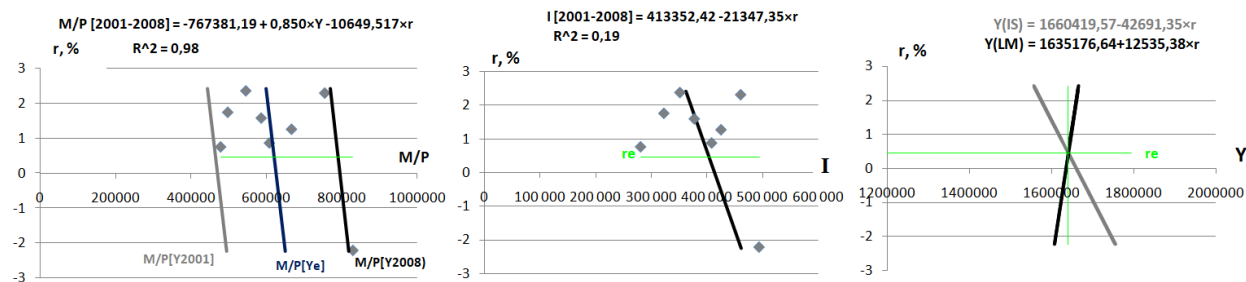


Рисунок 3 - Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

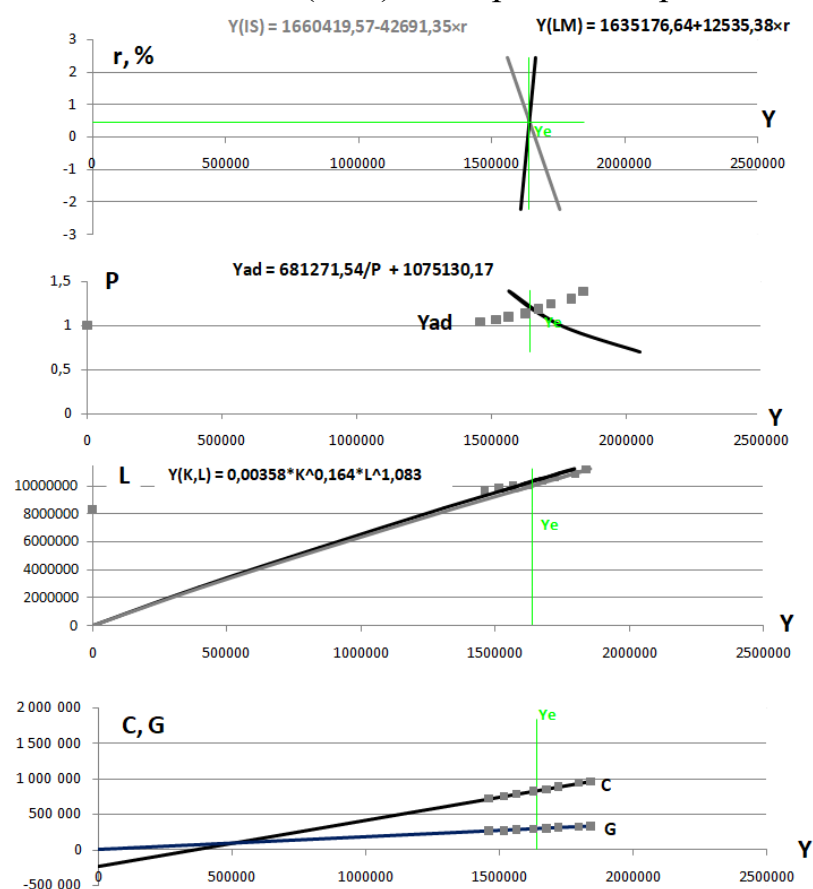


Рисунок 4 – Графики функций IS и LM, совокупного спроса, сечения производственной функции, функций государственных и потребительских расходов, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

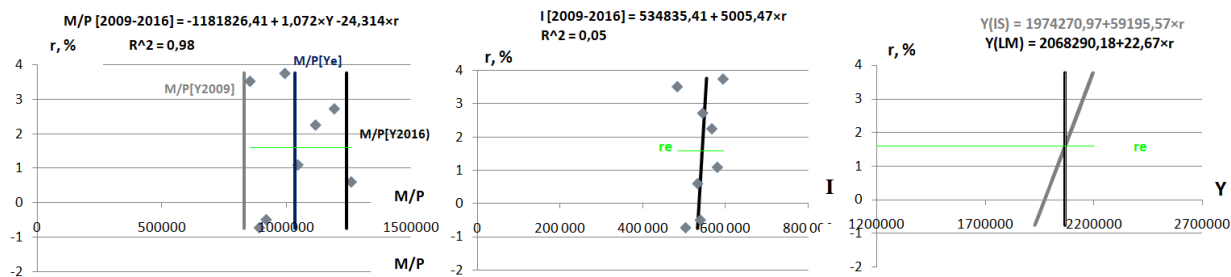


Рисунок 5 - Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2009 – 2016 гг.)

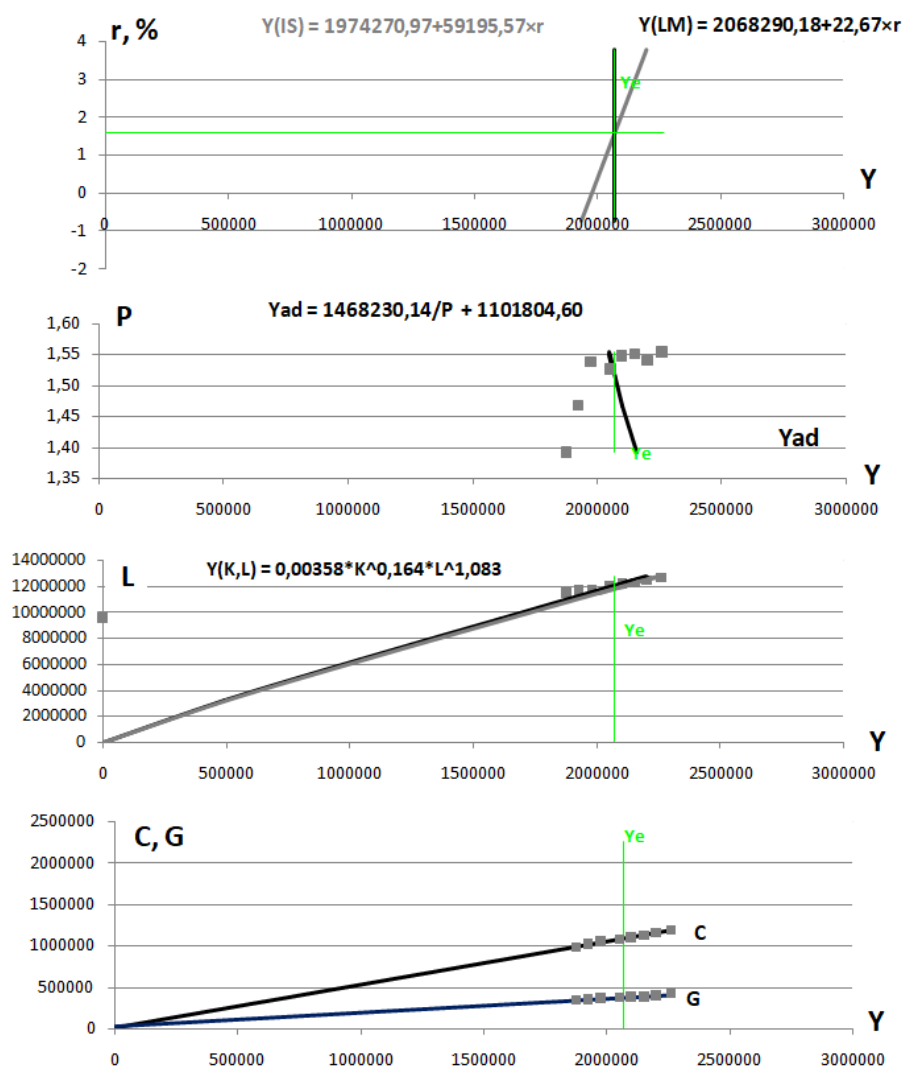


Рисунок 6 – Графики функций IS и LM, совокупного спроса, сечения производственной функции, функций государственных и потребительских расходов, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2009 – 2016 гг.)

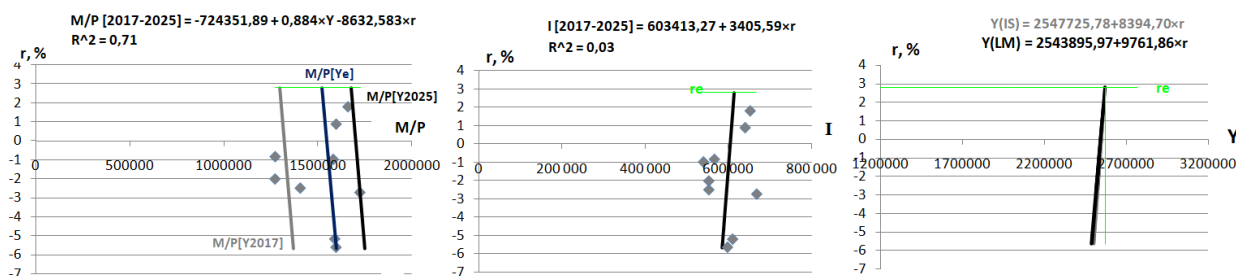


Рисунок 7 - Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2017 – 2025 гг.)

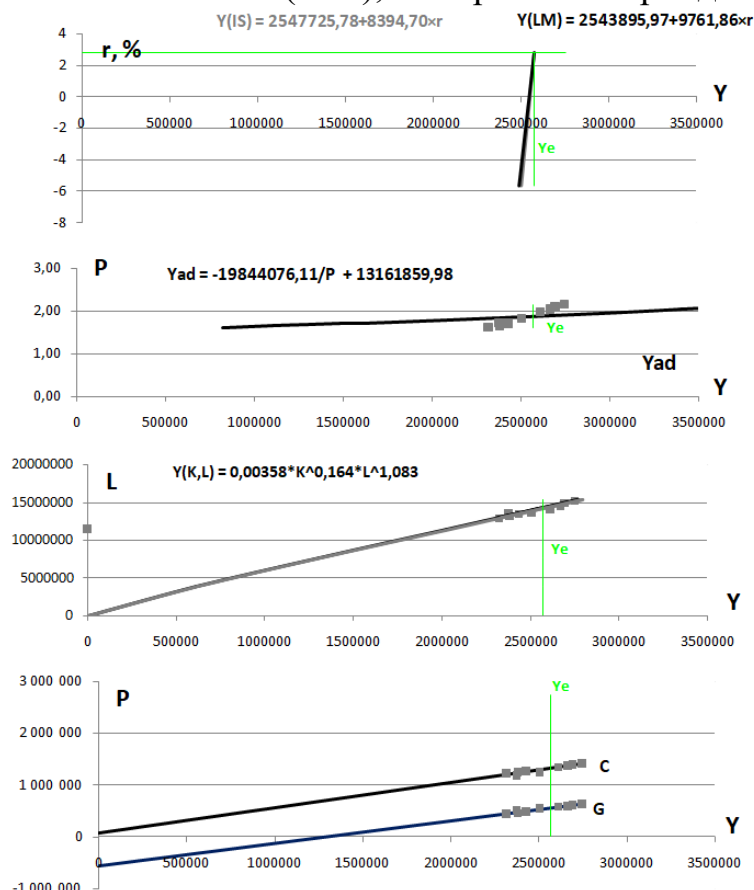


Рисунок 8 – Графики функций IS и LM, совокупного спроса, сечения производственной функции, функций государственных и потребительских расходов, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2017 – 2025 гг.)

Из анализа данных, представленных на рис. 3 – рис. 8, можно сделать ряд выводов:

1) Единственное отклонение графиков, представленных на рис. 3 и рис. 4 и построенных на основе данных за период 2001 – 2008 гг., от канонических состоит в отрицательной величине автономных потребительских расходов. Однако гипотеза о нулевом значении d не отклоняется при уровне значимости 5%. Равновесная реальная ставка положительна и составляет 0,45% / год, равновесное значение реального ВВП при экзогенно заданной денежной

массе, равной среднему значению за период – 1 640 906 млн. AUD (австралийских долларов) в год.

2) На рис. 5 и рис. 6, описывающих период 2009 – 2016 гг., обнаруживаются нестандартные положительные наклоны кривых инвестиций и IS. Равновесная реальная ставка положительна и составляет 1,59%/год. Гипотеза о нулевом значении d не отклоняется при уровне значимости 5%.

3) На рис. 7 и рис. 8, описывающих период 2017 – 2025 гг., обнаруживается нестандартный положительный наклон функции инвестиций и совокупного спроса, а также геометрическая близость LM и IS. Равновесная ставка положительна и составляет 1,8%/год. Гипотеза о нулевом значении d не отклоняется на уровне значимости 5%.

4) Из выводов 1 – 3, представленных выше, можно установить, что в сравнении с периодом 2001 – 2008 гг., в периодах 2009 – 2016 гг. и 2017 – 2025 гг. наблюдались менее надежные результаты оценки параметров равновесия.

Результаты оценки параметров уравнений спроса на деньги и инвестиций методом, выраженным в системе уравнений (12), представлены ниже (табл. 6 и табл. 7).

Таблица 6 – результаты оценки параметров уравнения спроса на деньги (4) методом, выраженным в системе (12)

Год	M2 / P, млн. AUD	Y_real, млн. AUD / год	r_key_ rate_real, %/год	w (коэф фициент при Y)	v (коэф фициент при r)	M/Pa
2001	479 626	1 457 520	0,76	-	-	-
2002	498 454	1 515 804	1,76	-	-	-
2003	546 356	1 563 067	2,37	3,25	-171 748	-4 128 966
2004	587 256	1 624 918	1,59	-1,51	13 724	-4 423 400
2005	609 015	1 674 368	0,88	-2,05	119 776	-4 685 431
2006	667 503	1 719 679	1,27	2,78	36 735	-4 706 742
2007	755 649	1 794 970	2,31	3,54	-23 398	-4 684 831
2008	830 491	1 840 494	-2,21	-15,41	-4 185	-5 534 215
2009	855 159	1 877 285	3,52	27,42	-3 817	-4 645 054
2010	892 911	1 923 867	-0,72	-14,84	-567	-5 487 670
2011	920 415	1 975 137	-0,49	1,32	-2 865	-5 586 886
2012	995 511	2 054 426	3,75	10,13	8 390	-5 041 192
2013	1 047 953	2 099 520	1,09	-8,95	-1 921	-5 591 402
2014	1 118 881	2 152 658	2,25	5,08	2 130	-5 494 496
2015	1 194 463	2 202 208	2,72	3,16	-15 507	-5 499 285
2016	1 262 761	2 261 509	0,60	-4,99	8 262	-5 987 813
2017	1 275 065	2 316 687	-2,01	-7,92	79 523	-6 604 297
2018	1 275 611	2 382 291	-0,83	3,11	-3 280	-6 613 845
2019	1 409 251	2 428 803	-2,49	-3,27	-53 253	-6 917 118
2020	1 584 844	2 377 729	-0,97	-8,55	-1 048 397	-6 314 564
2021	1 599 466	2 505 836	-5,62	-6,12	-541 587	-7 515 178
2022	1 592 910	2 611 234	-5,18	0,65	-4 357	-7 788 970
2023	1 600 213	2 665 196	0,89	19,47	1 822	-6 913 617
2024	1 663 129	2 693 609	1,81	7,75	-25 878	-6 785 689
2025	1 726 838	2 746 290	-2,73	-13,57	8 495	-7 671 891

Медиана	0,65	- 2 864,6	-5 586 886
Неканонические значения			
Процент отрицательных w	47,83%		
Процент положительных v	39,13%		
Процент отрицательных M/Pa	100,00%		

Таблица 7 – результаты оценки параметров уравнения инвестиций (2) методом, выраженным в системе (12)

Год	I	r_key_rate_real	Ia	d
2000	290 658		-	-
2001	280 947	0,76	-	-
2002	322 796	1,76	-	-
2003	351 520	2,37	247 491	43 837
2004	377 418	1,59	902 976	-330 190
2005	408 447	0,88	441 734	-38 015
2006	425 335	1,27	613 698	-148 446
2007	460 523	2,31	376 631	36 336
2008	493 517	-2,21	450 200	-19 596
2009	482 712	3,52	418 211	18 327
2010	502 922	-0,72	507 506	6 328
2011	538 689	-0,49	531 830	-13 956
2012	594 086	3,75	517 682	20 375
2013	580 232	1,09	551 561	26 191
2014	566 801	2,25	525 774	18 217
2015	544 510	2,72	604 259	-21 948
2016	532 429	0,60	519 861	20 843
2017	551 648	-2,01	548 613	-1 507
2018	565 209	-0,83	546 223	-22 875
2019	551 853	-2,49	550 788	-427
2020	538 879	-0,97	716 630	182 436
2021	596 861	-5,62	516 015	-14 374
2022	609 205	-5,18	522 605	-16 703
2023	639 611	0,89	633 764	6 561
2024	651 599	1,81	640 640	6 063
2025	667 458	-2,73	646 472	-7 699
Медиана			531 830	-427
Неканонические значения				
Процент отрицательных Ia				0,00%
Процент положительных d				47,83%

Из табл.6 и табл.7 можно сделать вывод о том, что прямое оценивание параметров по данным за 2 – 3 года зачастую приводит к оценкам, знаки которых отличаются от канонических. Медианные значения наклонов совпадают по знакам с каноническими.

Важно отметить, что при переходе от реальных ставок к номинальным, проблема незначимой отрицательной зависимости (или положительной

зависимости) между инвестициями и процентными ставками сохраняется (табл. 8 и табл. 9).

Таблица 8 - Коэффициенты корреляции номинальных процентных ставок Австралии (формула Ч. Спирмена) с 2001 по 2008 гг.

	r5_r	r_sr	r6_r	r_loan	r_key_rate	I
r5_r	1,000					
r_sr	0,833	1,000				
r6_r	0,286	0,595	1,000			
r_loan	0,976	0,738	0,167	1,000		
r_key_rate	0,269	0,381	-0,134	0,291	1,000	
I	0,905	0,786	0,143	0,929	0,403	1,000

Таблица 9 - Линейные коэффициенты корреляции номинальных процентных ставок Австралии (формула Ч. Спирмена) с 2009 по 2016 гг.

	r5_r	r_sr	r6_r	r_loan	r_key_rate	I
r5_r	1,000					
r_sr	0,905	1,000				
r6_r	0,714	0,905	1,000			
r_loan	1,000	0,905	0,714	1,000		
r_key_rate	0,874	0,990	0,874	0,874	1,000	
I	0,048	-0,310	-0,452	0,048	-0,361	1,000

В качестве решения можно предложить модифицировать алгоритм построения графиков путем проведения предварительного корреляционного анализа реальных ставок процента (данные о которых доступны) и выбора из них тех, которые значимо и отрицательно коррелируют с денежной массой и инвестициями. Далее подходящие ставки целесообразно использовать для построения линейных регрессий.

Таблица 10 - Линейные коэффициенты корреляции реальных ставок (формула Ч. Спирмена) с 2001 по 2008 гг. (Австралия)

	r5	r_sr	r6	r_loan	r_key_rate	M2	I
r5	1,000						
r_sr	0,881	1,000					
r6	1,000	0,881	1,000				
r_loan	0,643	0,810	0,643	1,000			
r_key_rate	0,595	0,857	0,595	0,857	1,000		
M2	- 0,857	-0,548	- 0,857	-0,286	-0,190	1,000	
I	- 0,857	-0,548	- 0,857	-0,286	-0,190	1,000	1,000

Таблица 11 - Линейные коэффициенты корреляции реальных ставок (формула Ч. Спирмена) с 2009 по 2016 гг. (Австралия)

	r5	r_sr	r6	r_loan	r_key_rate	M2	I
r5	1,000						
r_sr	0,929	1,000					

r6	0,929	1,000	1,000				
r_loan	1,000	0,929	0,929	1,000			
r_key_rate	0,976	0,976	0,976	0,976	1,000		
M2	0,167	-0,048	-0,048	0,167	0,024	1,000	
I	0,476	0,214	0,214	0,476	0,381	0,405	1,000

Согласно табл. 10 наиболее значимо от нуля в меньшую сторону отличаются ставки r_5 и r_6 в период с 2001 по 2008 гг. Однако табл. 11 показывает, что по данным выборки за период с 2009 по 2016 гг. гипотезы о нулевом значении корреляции всех ставок с I и $M2$ не отклоняются на уровне значимости 5% (не превышают по модулю 0,643). Для периода 2017 – 2025 гг. смысл в построении матрицы ранговых корреляций теряется, так как (согласно табл. 3) данные о значениях всех ставок, за исключением ключевой (r_{key_rate}), отсутствуют.

На рис. 9 показаны графики функций, оцененных по выборочным данным Австралии за период 2001-2008 гг. с выбранной ставкой – r_5 (ставка по депозитам, Deposit Rate). Равновесная процентная реальная депозитная ставка отрицательная и составляет -0,45%/ год, доля объясненной регрессией дисперсии инвестиций выросла до 57% (согласно рисунку 3, при построении которого применялась ключевая ставка, доля составляла 19%).

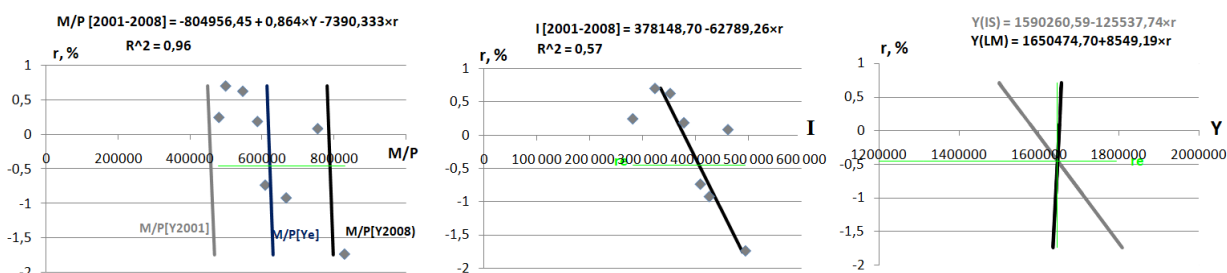


Рисунок 9 - Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Австралии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

Процентная депозитная ставка вида « r_5 » лучшим образом была связана с величиной $M2$ и инвестициями и в Бразилии с 2001 по 2008 гг. (табл. 12).

Таблица 12 - Коэффициенты корреляции реальных ставок (формула Ч. Спирмена) с 2001 по 2008 гг. в Бразилии

	r5	r_sr	r6	r_loan	r_key_rate	M2	I
r5	1,000						
r_sr	-0,214	1,000					
r6	-0,214	1,000	1,000				
r_loan	0,762	-0,714	-0,714	1,000			
r_key_rate	0,643	-0,071	-0,071	0,500	1,000		
M2	-0,762	0,500	0,500	-0,881	-0,571	1,000	
I	-0,667	0,643	0,643	-0,929	-0,286	0,905	1,000

Графики функций M2, инвестиций, IS и LM от процентной ставки r_5 изображены на рис.10. График совокупного спроса представлен на рис. 11.

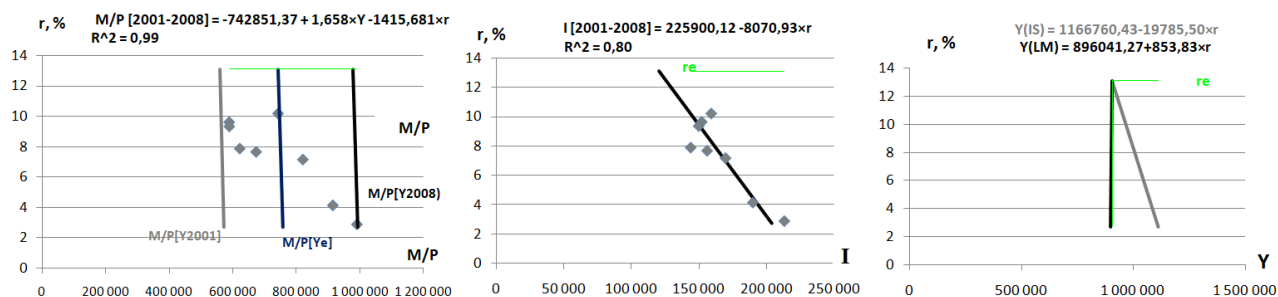


Рисунок 10 - Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным Бразилии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

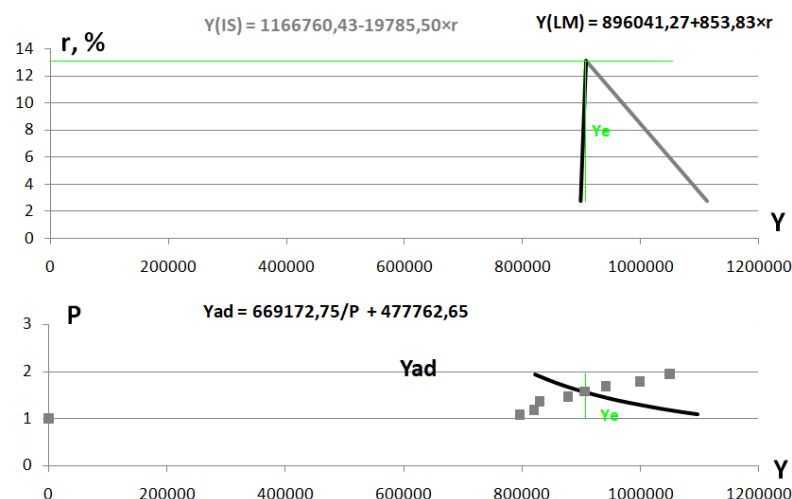


Рисунок 11 – Графики функций IS и LM и совокупного спроса, построенные с применением МНК к статистическим данным Бразилии (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

Реальная процентная ставка = 13,12 %/год, равновесный реальный ВВП = 907 241 млн. BRL / год (бразильских реалов в год). Однако в период 2017 – 2025 гг. корреляции реальных ставок процента и инвестиций, а также ставок процента и M2, снизились по модулю до уровней, не позволяющих отвергнуть гипотезу о нулевом значении коэффициента ранговой корреляции.

Аналогичная проблема характерна и для данных ЮАР. С 2001 по 2008 гг. отрицательные коэффициенты корреляции (табл. 13) значимо не отличались от нуля, но наиболее отрицательные значения были характерны для ставки доходности государственных облигаций «гб» (Government bonds). С 2009 по 2016 гг. отрицательные выборочные коэффициенты корреляции между ставками, M2 и I не наблюдались. С 2017 по 2025 гг. (табл. 14) не наблюдались отрицательные корреляции между ставками и M2, а между инвестициями и ставками зафиксировано лишь одно отрицательное значение (выборочное статистически не значимое значение коэффициента ранговой корреляции зафиксировано между r_6 и I и составило -0,1).

Таблица 13 - Линейные коэффициенты корреляции реальных ставок (формула Ч. Спирмена) с 2001 по 2008 гг. в ЮАР

	r5	r8	r6	r_loan	r_key_rate	M2	I
r5	1,000						
r8	0,690	1,000					
r6	0,286	-0,024	1,000				
r_loan	0,857	0,595	0,619	1,000			
r_key_rate	0,786	0,619	-0,048	0,429	1,000		
M2	0,262	0,667	-0,452	-0,024	0,643	1,000	
I	0,262	0,667	-0,452	-0,024	0,643	1,000	1,000

Таблица 14 - Линейные коэффициенты корреляции реальных ставок (формула Ч. Спирмена) с 2017 по 2025 гг. в ЮАР

	r5	r8	r6	r_loan	r_key_rate	M2	I
r5	1,000						
r8	0,950	1,000					
r6	0,717	0,817	1,000				
r_loan	0,950	1,000	0,817	1,000			
r_key_rate	0,933	0,983	0,883	0,983	1,000		
M2	0,367	0,517	0,783	0,517	0,600	1,000	
I	0,300	0,250	-0,100	0,250	0,183	-0,583	1,000

Из табл. 13 и табл. 14 можно сделать вывод о том, что для периода 2001-2008 в качестве исследуемой ставки следует выбрать ставку по облигациям «гб» (рис. 12 и рис. 13), а для периода 2017 – 2025 гг. не следует выбирать какие-либо ставки, так как выявляются признаки инвестиционной ловушки (по отношению ко всем ставкам). Равновесная ставка «гб», определенная по данным 2001-2008 гг., составляет 2,46% / год, а равновесный выпуск – 3 377 702 ZAR (южноафриканских рэндов) в год.

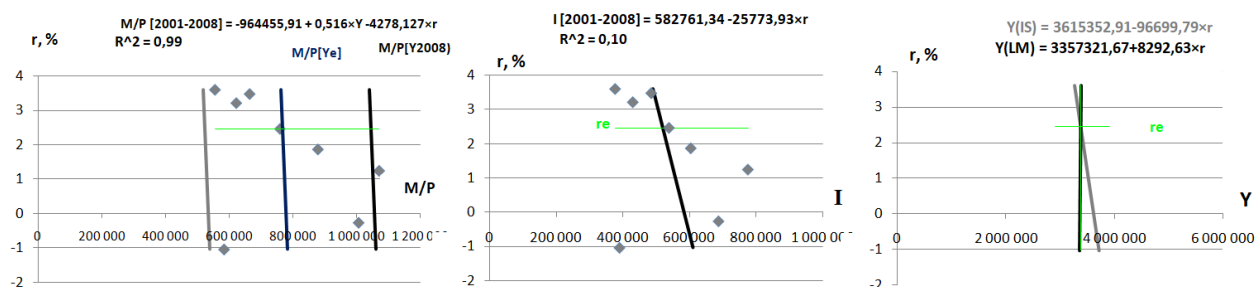


Рисунок 12. Графики функций спроса на деньги, инвестиций, IS и LM, построенные с применением МНК к статистическим данным ЮАР (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

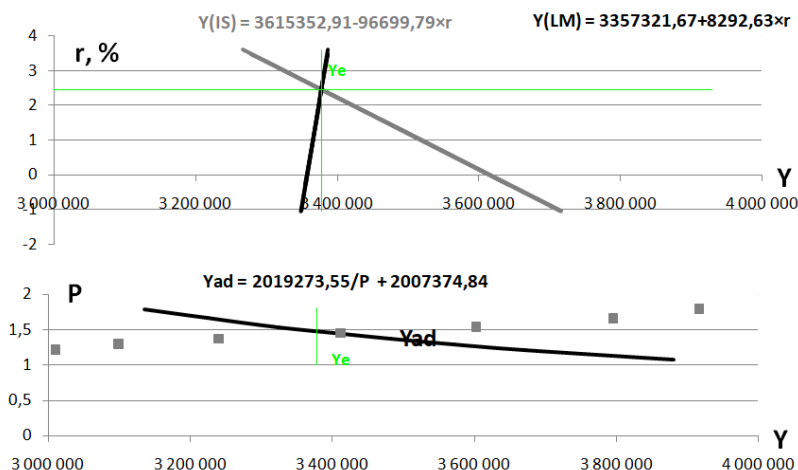


Рисунок 13 – Графики функций IS и LM и совокупного спроса, построенные с применением МНК к статистическим данным ЮАР (источник данных: сайт МВФ (IMF), выборочный период: 2001 – 2008 гг.)

4. Выводы

Показанные примеры нетипичной связи между ставками процента и инвестициями отражают степень управляемости экономик стран через канал процентных ставок. Визуальный и эконометрический анализ графиков, показанных на рисунках выше, может стать стимулом для усовершенствования методов исследования и интерпретации результатов в плоскости макроэкономики. Выявленная на примере трех стран тенденция падения статистической значимости коэффициентов уравнений инвестиций с 2001 до 2025 гг. может указывать на снижение прогнозируемости параметров равновесия с помощью модели IS-LM. Данный вывод, в свою очередь, подтверждает актуальность новых теоретических исследований моделей макроэкономического равновесия.

Библиографический список

1. Абель Э., Бернанке Б. Макроэкономика. СПб.: Питер, 2010. 768 с.
2. Никифоров А.А., Антипина О.Н., Миклашевская Н.А. Макроэкономика: научные школы, концепции, экономическая политика: учебник. М.: издательство «Дело и сервис», 2010. 624 с.
3. Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И. макроэкономика: учебник. 6-е изд. М.: Высшее образование, 2006. 654 с.
4. Li H.M. Wu X. IS-LM Paradigm in Macroeconomics: A Survey and Evaluation // Theoretical Economics Letters. 2015. №5. URL: <http://dx.doi.org/10.4236/tel.2015.52035> (дата обращения 27.08.2026).
5. Arora V. An Evaluation of Macroeconomic Models for Use at EIA Washington.: EIA, 2013. URL: https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/macro_models-vipin-wappendix.pdf (дата обращения 27.08.2026).
6. Hicks J. R., Mr. Keynes and the «Classics»: A Suggested Interpretation // Econometrica. 1937. №2. С. 147-159.

7. Кейнс Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег. М.: ЗАО «Бизнеском», 2013. 408 с.
8. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики М.: Наука, 1983. 416 с.
9. Орлов А.И. Прикладная статистика: учебник. М.: Издательство «Экзамен», 2004. 656 с.
- 10.Тюрин Ю.Н. Непараметрические методы статистики. М.: Знание, 1978. 64 с.
- 11.Магнус Я.Р., Картышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: учеб. М.: Дело, 2004. 576 с.
- 12.Wooldridge J. M. Introductory econometrics: A modern approach. Thomson: South-Western. 2003. 806 с.
- 13.Носко В.П. Эконометрика. Книга 2: учебник. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. 576 с.
- 14.Людвиг Л.П. Прогнозирование экономического роста с помощью системы эконометрических уравнений // Экономические науки. 2022. №6 (211). С. 177-182. URL: https://ecsn.ru/wp-content/uploads/202206_177.pdf (дата обращения: 02.09.2026).
- 15.Будько О.Н., Дорняк А.С. Применение систем эконометрических уравнений для моделирования ВРП // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сборник научных статей. 2020. С. 285-293. URL: https://elib.grsu.by/doc/opened/763288_339096pdf.pdf (дата обращения 03.09.2026)
- 16.Носко В.П. Эконометрика. Книга 1: учебник. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2011. 672 с.
- 17.Орлов А.И. Эконометрика: учебник. М.: Издательство «Экзамен», 2002. 576 с.
- 18.Система национальных счетов 2008. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций, 2012. 788 с.