

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

На правах рукописи

Станкевич Иван Павлович

**МЕТОДЫ ПРЕДОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В
ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ОБЩЕГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО
РАВНОВЕСИЯ**

РЕЗЮМЕ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
д.ф.-м.н., профессор
Поспелов Игорь Гермогенович
JEL: C01, C02, C6, C8, E37

Москва – 2022

Актуальность

Одним из основных этапов в процессе разработки прикладных экономических моделей является их адаптация к наблюдаемой статистике, заключающаяся, например, в калибровке или оценке параметров. Результаты и качество этого этапа во многом зависят от подаваемых на вход данных, прошедших предварительную процедуру подготовки и предобработки. Неудачный выбор методов и подходов к предобработке данных может оказывать значительное влияние на дальнейшие выводы, что мотивирует необходимость разработки набора требований к такого рода процедурам в свете специфичных особенностей, характерных для моделей общего равновесия. Это касается и этапа сезонной корректировки данных (известно, что методики сезонной корректировки могут значительно менять свойства данных в точки зрения тестов на единичные корни, сдвигов точек перелома тренда и других характеристик), и последующих этапов.

Не менее серьёзной, особенно для анализа ситуации в экономике в кризисные периоды, может оказаться и проблема задержек в публикации данных, которые могут достигать нескольких месяцев (и даже года для специфичных показателей), которая нередко игнорируется при переходе к оценке или калибровке моделей на реальных данных.

Более того, при анализе многопродуктовых моделей общего равновесия оказывается, что не удастся найти достаточно приемлемого и универсального варианта описания поведения агентов в моделях такого рода. Хорошо изученные теоретические многопродуктовые модели часто сталкиваются с фатальной проблемой при перенесении их на существующие статистические данные, а многопродуктовые прикладные модели, используемые ещё несколько десятилетий назад, перестают работать в условиях существенно усложнившейся современной экономики. В этой связи используемые способы описания взаимодействия потребителей и производителей в условиях многопродуктовой экономики приобретают не только теоретическую, но и практическую значимость.

Степень разработки проблемы в литературе

Динамические модели общего равновесия – один из основных инструментов анализа экономики в современной литературе, при этом вопросы подготовки данных для использования в моделях такого класса зачастую оказываются за пределами основного фокуса внимания исследователей. При этом можно выделить две группы задач на этапе предобработки и подготовки данных: это работа непосредственно с исходными данными – подразумевающая в том числе их подготовку в свете требований используемых классов моделей, – и этап предварительного моделирования, необходимый для окончательного приведения данных в необходимый формат.

На первом этапе подготовки данных изучаются вопросы сезонной корректировки. Существует большой пласт работ, посвященных исследованию проблем, к которым приводит сезонная корректировка. В целом, их можно разделить на две большие группы: одна концентрируется на проблемах с рядом как таковым ([Бессонов, Петроневи́ч, 2013] – ложная сезонность при сезонной корректировке рядов, сезонности не содержащих, [Hood, 2002] – неустойчивость скорректированных рядов при добавлении новых данных, [Matas-Mir, Osborn, Lombardi, 2008] – сезонная корректировка уменьшает величину и увеличивает продолжительность шоков, в [Bruse, Jurke, 1996] демонстрируется неустойчивость X-12-ARIMA к выбросам и структурным сдвигам), другая – на нарушении статистических свойств ряда после сезонной корректировки. Последняя группа работ представляет для нас особый интерес, потому что именно изучение статистических свойств рядов (стационарности и коинтеграции), как правило, является первым шагом на пути построения динамических макроэкономических моделей. В этом направлении стоит выделить, прежде всего, [Ghysels, Perron, 1993], где аналитически демонстрируется наличие сдвига в распределении тестовой статистики в тестах на единичные корни при использовании сезонной корректировки: корректировка стационарного ряда может привести к тому, что тесты будут принимать его за нестационарный. Эти рассуждения

применимы не ко всем классам процедур сезонной корректировки и не ко всем тестам на единичные корни, однако результат породил целый пласт близких по духу работ: сезонные единичные корни исследуются в [Ghysels, Lee, Hoh, 1994], связь сезонных и обычных единичных корней в [Granger, Syklos, 1995]. В [del Barrio Castro, Osborn, 2014] показывается, что сезонная корректировка нестационарного ряда может привести к появлению в ряде необратимой MA-части, [Franses, Segers, 2010] изучает вопрос сохранения сезонности при пересмотре данных в официальной статистике и указывает на высокую нестабильность получаемых по таким данным показателей типа «год к году».

Таким образом, неправильно подобранная процедура сезонной корректировки может оказать значительное негативное влияние на свойства итоговых данных, а те, в свою очередь – на качество результирующих моделей, что вызывает необходимость формулировки требований, специфичных для задач оценки динамических моделей общего равновесия, и выбора или разработки подходящей с точки зрения этих требований процедуры сезонной корректировки.

Непосредственно перед переходом к этапу моделирования нередко возникает проблема, связанная с задержками публикации данных, прежде всего – статистики ВВП и его компонент, которая играет ключевую роль в большинстве макроэкономических моделей. Эти задержки мотивируют использование наукастинга – методов оценки текущих уровней публикуемых с задержкой показателей с использованием более оперативных данных – для восполнения недостающих данных. Основные инструменты в этой области – это связующие уравнения, представленные в (Ingenito et al., 1996); MIDAS-модели (Ghysels et al., 2006) и (Ghysels et al., 2007); и векторные авторегрессии смешанной частоты (Kuzin et al., 2011) и (Schorfheide, Song, 2015) в приложении к наукастингу, у которых также существуют и байесовские обобщения, см. (McCracken et al., 2015).

Наконец, очень важным для отдельного класса моделей – многопродуктовых моделей, является вопрос учёта и моделирования множественности продуктов в рамках моделей общего равновесия. Использование нескольких продуктов в рамках одной модели необходимо для учёта различий в ценах разных продуктов, без которого точность и качество работы моделей естественным образом ограничивается, к примеру, различиями в дефляторах компонент ВВП.

В современной экономической литературе можно выделить два крупных направления, ключевую роль в которых играет многопродуктовая структура производства. Условно первую группу работ можно связать с парадигмой динамического стохастического общего равновесия (DSGE) моделирования экономики, вторую – с парадигмой вычислимого общего равновесия (CGE). Напомним, что одним из ключевых отличий этих подходов является то, что в рамках концепции DSGE модели, как правило, строятся, начиная с микрооснований (в частности, отдельных фирм, выпуск которых затем с помощью нелинейной свертки агрегируется в выпуск какой-либо отрасли или экономики в целом), в то время как модели CGE обычно основываются на более крупных конгломератах, взаимодействующих друг с другом в духе таблиц «затраты-выпуск».

Можно выделить несколько основных подходов к учёту многопродуктовости в DSGE-моделях. В [Pytlarczyk, 2005] и [Cuiche-Curti et al., 2009] вводят фирмы-производители «промежуточного» продукта, выпуск которых затем преобразуется в «финальный» продукт, соответственно, фирмами-производителями «финального» продукта. Иногда отдельно вводятся также фирмы-экспортеры и фирмы-импортеры, причем импортеры обычно считаются частью отрасли, производящей «промежуточные» продукты (финальные продукты при этом, как правило, агрегируются из отечественных и импортных промежуточных, как в [Born et al., 2013]), а экспортеры – «финальные». В большинстве моделей государство не производит никакого продукта (см., среди прочих, [Forni et al., 2009], [Cavallo, 2005]), но иногда

модели также содержат отдельную отрасль, производящую монопольным образом государственный продукт, который явно учитывается в полезности всех домохозяйств в экономике, как это делается в [Parageorgiou, 2014] и [Leeper et al., 2017]. Примером работы, которая содержит все вышеперечисленные механизмы, является [Mucka, Horvath, 2016].

Другое большое направление – это введение нескольких отраслей, имеющих одинаковую природу и различающихся только отдельными параметрами, как, к примеру, в [Lee, 2010; Carvalho, Lee, 2011; Иващенко, 2016]. В [Chatterjee, Cooper, 2014] рассматриваются отдельно рынки потребительских и инвестиционных товаров, в [Minniti, Turino, 2013] же рассматриваются многопродуктовые фирмы: в отличие от более стандартного подхода, когда каждая фирма производит один продукт (продукты разные), здесь каждая фирма получает возможность производить сразу набор продуктов, что работает как механизм для усиления шоков в экономике.

Общим свойством моделей такого рода является введение дополнительных ограничений на природу и структуру модельных продуктов – они, как правило, оказываются привязанными к какому-то наблюдаемому в статистике показателю. Из-за этого возможны ситуации, особенно в кризисные периоды времени, когда наблюдаемые в данных процессы входят в противоречие с введёнными в модели предположениями (к примеру, при разбиении на импортный и внутренний продукт неявно вводится предпосылка о том, что дефлятор импорта во все моменты времени является минимальным или максимальным из всех дефляторов компонент ВВП), что мотивирует изучение способов учёта многопродуктовости без привязки к наблюдаемым показателям.

Объект и предмет исследования

Объектом диссертационного исследования являются модели общего экономического равновесия, содержащие развернутое описание реального сектора экономики.

Предметом исследования выступают методы анализа и подготовки статистических данных для использования в моделях общего равновесия и связанная с этим специфика описания взаимодействия экономических агентов.

Цели и задачи исследования

Цель исследования состоит в разработке методов предобработки статистических данных для их использования в динамических моделях общего экономического равновесия, содержащих описание многопродуктовой структуры, и его тестирование на примере модели экономики России.

Задачи исследования:

1. Разработка процедур подготовки данных к использованию в моделях общего равновесия, включающих унификацию длинных рядов данных и исключение сезонной компоненты.
2. Исследование возможности использования методов наукастинга для формирования статистической базы моделей общего равновесия.
3. Исследование возможности использования в моделях общего равновесия системы торговцев модельными продуктами, основанной на декомпозиции компонент использования ВВП
4. Формулировка многопродуктовой модели экономики России, включающей описание потребителя, производителя и торговцев и использующей предложенные ранее методы.

Методология исследования

Аналитически доказывается, что предлагаемая процедура сезонной корректировки соответствует введённым требованиям, обусловленным спецификой динамических моделей общего равновесия. Проверка свойств предложенной процедура осуществляется методом Монте-Карло, для оценки

смещения в тестах на единичные корни используется стандартный набор тестов: расширенный тест Дикки-Фуллера, тест Филипса-Перрона и KPSS-тест.

В работе рассматривается набор эконометрических моделей для наукастинга. MIDAS модели оцениваются МНК, модели с использованием LASSO и адаптивного LASSO оцениваются численными алгоритмами оптимизации, апостериорные оценки коэффициентов байесовских векторных авторегрессий с данными смешанной частоты оцениваются с использованием MCMC. Точность моделей оценивается при помощи вневыборочного прогноза на последние 10 и 20 кварталов, при этом для корректной репликации процедуры использования наукастинга из обучающей выборки исключается значение ВВП в текущий квартал, но не значения объясняющих переменных.

Основные уравнения, используемые при оценке многопродуктовой декомпозиции, выводятся аналитически. На этапе оценки по данным, параметры, включая ряды ненаблюдаемых в статистике цен модельных продуктов, оцениваются численно модификацией стохастического градиентного спуска, оптимизирующей по последовательным блокам данных (для сохранения структуры временной зависимости). Для ускорения сходимости процедуры на первом этапе оптимизации к целевой функции добавляется штраф на негладкость цен модельных продуктов, который затем удаляется и параметры оптимизируются повторно (с полученными на первом этапе значениями в качестве начальных условий) без этого штрафа.

Решение задач агентов в предложенной многопродуктовой модели находится аналитически, полученные соотношения оцениваются по данным численными методами.

Результаты

Диссертация организована следующим образом: в первой главе приводится обзор литературы. Во второй обсуждаются вопросы подготовки и сезонной

корректировки данных, в третьей главе – многопродуктовая модельная декомпозиция компонент ВВП (от постановки задачи до оценки на данных), в четвёртой предлагается многопродуктовая модель экономики с производителем и потребителем, основанная на изложенных в третьей главе принципах. Результаты работы представлены ниже в порядке глав диссертации.

Сезонная корректировка и подготовка данных

В работе выделяется ряд требований к процедуре сезонной корректировки, специфичных для моделей общего равновесия – прежде всего, сохранение мультипликативных соотношений между показателями (рядами в постоянных и текущих ценах и их дефляторами, к примеру), и предлагается методика сезонной корректировки, разработанная с учётом этих требований. Предлагаемая процедура основана на использовании набора фиктивных переменных, описывающих сезонную компоненту. Характерными особенностями процедуры являются использование детектора выбросов для получения более устойчивых результатов и использование фиктивных переменных в мультипликативной форме.

В работе проводится тестирование предложенной процедуры по ряду стандартных для алгоритмов сезонной корректировки проблем:

- 1) Устойчивость на рядах с выбросами, включающая проверку точности воспроизведения оригинального (без сезонности) ряда на симулированных данных
- 2) Смещение в тестах на единичные корни
- 3) Смещение в тестах на коинтеграцию

Процедура успешно проходит проверки, демонстрируя устойчивость к обозначенным проблемам на уровне стандартных методов.

В рамках подготовки данных рассматривается также вопрос согласования статистики ВВП за разные периоды. На момент исследования, ВВП в текущих ценах в годовой и квартальной разбивке был доступен по

отдельности за два разных временных интервала: с 1995 по 2011 года и с 2011 по 2017 года. ВВП в ценах базового года в годовой и квартальной разбивке доступен за четыре разных временных интервала, причем в качестве базовых используются разные года. В работе описывается процедура, которая позволяет получить длинные ряды ВВП, потребления домашних хозяйств и НКО, потребления государства, валовое накопление основного капитала, экспорта и импорта. После их восстановления, как разность между ВВП и суммой его компонент досчитывалась сумма изменения запасов и статистического расхождения.

Наукастинг модельных показателей

В работе приводится сравнение ряда процедура наукастинга на квартальных данных по российскому ВВП. Рассматриваются следующие модели:

1. MIDAS (как с ограничениями, так и без ограничений)
2. Байесовские векторные авторегрессии смешанной частоты (MFBVAR)
3. Линейные модели с регуляризацией при помощи адаптивного LASSO

В качестве объясняющих переменных используются индексы производства по разным видам деятельности.

Установлено, что самая высокая точность наукастов достигается при использовании MFBVAR-моделей, а самая высокая точность среди MIDAS-моделей и их модификаций: при использовании линейных моделей, аналогичных U-MIDAS с несколькими переменными, и регуляризации адаптивным LASSO.

Модельная декомпозиция компонент ВВП

В диссертации рассматривается процедура разложения ВВП и его компонент на несколько ненаблюдаемых (в общем случае) продуктов, которую мы называем декомпозицией ВВП.

В работе вводится ряд требований к процедуре декомпозиции. Мы будем требовать, чтобы она удовлетворяла следующим свойствам:

- 1) Имела возможность корректно воспроизводить расчеты при смене базового года,
- 2) Не предполагала линейность соотношений, связывающих наблюдаемые показатели в ценах базового года и их ненаблюдаемые в статистике, но описываемые моделью компоненты. Вместо этого будет использоваться CES-функции, описывающие достаточно широкий класс взаимосвязей.
- 3) Иметь возможность масштабироваться на произвольное количество модельных продуктов, поскольку вопрос об их необходимом количестве должен решаться уже на этапе работы со статистическими данными.

Рассмотрим схему декомпозиции на примере двух модельных продуктов. Предполагается, что для каждого элемента использования ВВП $X \in \{C, G, J, E, I\}$, где C - потребление домашних хозяйств, G - государственное потребление, J - валовое накопление основного капитала, E - экспорт, I - импорт, в каждый момент времени справедливо представление

$$X_t = X_0 \left[\alpha \left(\frac{X_t^A}{X_0^A} \right)^\rho + (1 - \alpha) \left(\frac{X_t^B}{X_0^B} \right)^\rho \right]^{\frac{1}{\rho}},$$

где α, ρ - стандартные коэффициенты CES-функции, X_t^A, X_t^B - модельные компоненты (далее мы их будем называть продукт А и продукт В, хотя эта терминология не лучшим образом отражает суть этих переменных), смесь которых и дает рассматриваемый элемент использования ВВП, X_0^A, X_0^B, X_0 - значения соответствующих переменных в момент времени, который считается базовым. Следует отметить, что три последних коэффициента используются в функциях такого рода довольно редко. Тем не менее, их наличие принципиально. Во-первых, именно они позволят далее корректно решать проблему смены базового года, что сводится просто к пересчету этих

коэффициентов, но не затронет, например, коэффициенты α, ρ и все модельные переменные. Во-вторых, наличие в формуле X_0^A, X_0^B, X_0 решает проблему размерности. В данной постановке в степень ρ возводятся не денежные единицы, а безразмерные величины. Более того, мы нигде далее не будем напрямую складывать модельные переменные X_t^A, X_t^B . Важно понимать, что с точки зрения задачи на эти продукты не накладывается никаких содержательных требований, но после численной оценки декомпозиции на данных можно содержательно проинтерпретировать полученные результаты.

Будем считать, что соответствующий переменной $X \in \{C, G, J, E, I\}$ макроэкономический агент (соответственно потребитель, государство, производитель, экспортер, импортер) решает задачу оптимального использования доступных ему модельных продуктов, максимизируя правую часть приведённого выше уравнения по переменным X_t^A, X_t^B в рамках заданного ограничения

$$p_t^X X_t = p_t^A X_t^A + p_t^B X_t^B,$$

Поскольку задача фактически является статической (она решается в каждый момент времени независимо от других), ее решение достаточно просто найти, используя принцип Лагранжа. Решение задачи даёт выражения для объёмов ненаблюдаемых модельных продуктов:

$$X_t^A = X_0^A \frac{p_t^X X_t}{p_t^A X_0^A + p_t^B X_0^B \Omega_t^X},$$

$$X_t^B = X_0^B \frac{p_t^X X_t \Omega_t^X}{p_t^A X_0^A + p_t^B X_0^B \Omega_t^X}.$$

$$\text{Где } \Omega_t^X = \left[\frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{p_t^A X_0^A}{p_t^B X_0^B} \right]^{\frac{1}{\rho-1}}$$

Выше было приведено описание теоретической модели, которая используется в дальнейшем, в достаточно общей форме, с указанием, что она может быть масштабируема на любое количество продуктов. Проведенные эксперименты показывают, что при использовании для декомпозиции двух продуктов точность подгонки наблюдаемых переменных оказывается достаточно низкой. Это связано, в том числе, с проблемами минимального и максимального дефлятора, которая уже упоминалась выше. При использовании трех (и тем более четырех) продуктов начинают в полной мере проявляться проблемы неустойчивости: с добавлением новых точек оценки коэффициентов могут изменяться достаточно сильно. Кроме того, начинаются проблемы с интерпретацией модельных продуктов.

В ситуации, когда двух продуктов оказывается мало (с точки зрения точности), а трех – много (с точки зрения устойчивости решения задачи), предлагается рассматривать трехпродуктовую декомпозицию, но при этом считать, что один из элементов использования ВВП состоит только из одного из продуктов, при этом сам этот продукт может быть использован и в других элементах использования ВВП. В результате анализа выделенным элементом использования ВВП оказалось государственное потребление.

Многопродуктовая модель экономики России

В третьей главе работы рассматривается модель экономики, состоящей из производителя и потребителя, оперирующих в экономике с несколькими продуктами, и торговца товарами, осуществляющего операции сбора наблюдаемых переменных из потоков ненаблюдаемых продуктов и обратной декомпозиции. Потребитель и производитель непосредственно взаимодействуют с одним продуктом, при этом многопродуктовость экономики обеспечивается функционированием системы торговцев, агрегирующих и дезагрегирующих промежуточные продукты в финальные продукты. Такой подход позволяет сохранить простоту описаний однопродуктовой экономики и возможность непосредственной проверки

модельных соотношений на данных в сочетании с возможностью явного учёта многопродуктовой структуры экономики. Более того, агенты-торговцы описываются теми же CES-функциями, которые используются в смеше многопродуктовой декомпозиции, тем самым позволяя оценивать модели такого рода на данных, полученных при помощи предложенной во второй главе многопродуктовой декомпозиции.

В описании производителя есть несколько особенностей, отличающих его от общепринятых в литературе моделей. Во-первых, мы разделяем инвестиции на две части: инвестиции в поддержание основных фондов и инвестиции в наращивание основных фондов. Такой подход позволяет более эффективно объяснить колебания выпуска, при этом позволяет сохранить интерпретируемость полученных соотношений, воспринимая эти инвестиции как операционные издержки и капитальные издержки соответственно. Во-вторых, производственная функция зависит от объёма использованных основных фондов, скорректированного в зависимости от уровня инвестиций в поддержание основных фондов. В-третьих, использована оригинальная схема описания использования производителем труда, в определённом смысле позволяющая интерпретировать его как человеческий капитал.

Формирование капитала производителем описывается уравнением:

$$\frac{d}{dt} M(t) = Jm(t) - \delta_{am} M(t)$$

Где $M(t)$ - основные фонды, $Jm(t)$ - инвестиции в наращивание основных фондов, δ_{am} - коэффициент амортизации. Заметим, что это соотношение позволяет восстановить ряд $Jm(t)$ на основе статистики по уровню основных фондов и амортизации (такая статистика доступна, предоставляется федеральной службой государственной статистики). И использование соотношения на инвестиции $J(t) = Ju(t) + Jm(t)$, где $J(t)$ - общий уровень инвестиций (валового накопления основного капитала), позволяет

восстановить и ряд инвестиций в поддержание основных фондов $Ju(t)$. При этом цены инвестиций обоих видов определяются ценой инвестиций как таковых, однако отличаются на константу, таким образом, расходы на инвестиции $Ju(t)$ можно записать как $p_j(t)Ju(t)u_j$, а на инвестиции $Jm(t)$ как $p_j(t)Jm(t)m_j$.

Формирование труда описывается сходным с описанием основных фондов образом:

$$\frac{d}{dt}R(t) = fR(t) - \delta_{ar}R(t)$$

Где $R(t)$ - затраты труда (численность занятых), $fR(t) \geq 0$ - наём новых работников, δ_{ar} - норма выбытия работников (смена места работы, выход на пенсию, выход из состава рабочей силы по другим причинам).

При этом производитель как работодатель платит как фиксированную зарплату на единицу труда $w_w(t)$, тем самым затрачивая $w_w(t)R(t)$ на текущий уровень труда, так и несёт расходы на поиск нового персонала или увольнение старого (в зависимости от знака) $w_d(t)$, за счёт чего его общие расходы на рабочую силу изменяются ещё на $w_d(t)fR(t)$.

Предлагаемая в диссертации производственная функция имеет общий вид

$$Y(t) = Ae^{\delta t} (u(t)M(t))^\alpha R(t)^{1-\alpha}$$

где $u(t)$ - уровень загрузки мощностей, $u(t) = \left(\frac{Ju(t)}{M(t)} + u_0\right)^b$. Загрузка единицы мощности требует затрат инвестиций, при этом есть некий уровень мощностей u_0 , способных работать без дополнительных затрат. Нелинейность добавляется при помощи коэффициента $b < 1$, показывающего снижение эффективности инвестиций по мере их роста (сначала осуществляются инвестиции в самые производительные мощности, затем –

во всё менее и менее производительные). Объединение этих двух соображений позволяет получить производственную функцию, описанную ниже.

Потребитель максимизирует полезность потребления в непрерывном времени на временном отрезке $[0, T]$

$$\int_0^T u(C(t), R(t)) \exp\{-\delta t\} dt \rightarrow \max_{C(t), R(t), S(t)},$$

выбирая траектории потребления $C(t)$, занятости $R(t)$, динамики наличных денег $M(t)$, депозитных вкладов $S(t) \geq 0$, в рамках финансового баланса

$$\frac{d}{dt} M(t) = \omega(t)R(t) - p(t)C(t) + r_s S(t) - \frac{d}{dt} S(t) - OC(t),$$

где $OC(t)$ - прочие расходы, при ограничении

$$M(t) \geq 0,$$

и известных на отрезке $[0, T]$ переменных: $R^*(t)$ - численность экономически активного населения $R^*(t) \geq R(t)$, оплата труда $\omega(t)$, дефлятор потребления $p(t)$, процентная ставка по депозитам $r_s(t)$, и прочие денежные остатки $OC(t)$ являются экзогенно заданными. Функцией полезности агрегированного потребителя является

$$u(C(t), R(t)) = \frac{1}{1-\beta} \left(\frac{C(t)}{C^*(t)} \right)^{1-\beta} - \frac{1}{1-\alpha} \left(\frac{R(t)}{R^*(t)} \right)^{1-\alpha},$$

где $C^*(t) = \frac{\omega(t)R^*(t)}{p(t)}$, при значениях параметров $\alpha < 0$, $\beta > 0$.

В работе показано, что получаемых в процессе решения задач агентов и нахождении равновесия соотношений достаточно для идентификации всех эндогенных переменных моделей. Параметры задач обоих агентов оцениваются на реальных данных. Модельные оценки эндогенных переменных демонстрируют хорошую точность, что позволяет сделать вывод об адекватности использованных модельных описаний.

Научная новизна

1. Сформулированы требования к процедуре сезонной корректировки, выполнение которых необходимо для корректной оценки моделей, использующих показатели в текущих и постоянных ценах одновременно. Приведён пример процедуры, отвечающей этим требованиям, и исследованы её свойства.
2. Приводится одно из самых полных с точки зрения набора используемых моделей на момент написания работы исследование точности моделей наукастинга российского ВВП, включая самые современные подходы, такие как байесовские векторные авторегрессии смешанной частоты.
3. Предлагается новая процедура наукастинга, основанная на неограниченных MIDAS-моделях и регуляризации при помощи адаптивного LASSO, что позволяет обеспечить сохранение oracle property. Показано, что на российских данных предложенная процедура демонстрирует более высокую точность, чем стандартные MIDAS-модели
4. Предложена новая схема многопродуктовой декомпозиции, не предполагающая привязки одного из модельных продуктов к наблюдаемым показателям и способная решить ряд проблем (неинвариантность к выбору базового года, неустойчивость оценок, неинтерпретируемость результатов оценок), возникающих при оценке многопродуктовых моделей. Приводится описание и аналитическое

решение задачи и описывается методология оценки этой схемы декомпозиции на реальных данных численными методами. Качество работы предложенной методики оценивается на симулированных данных, производятся расчёты на реальных данных.

5. Продемонстрирована возможность использования предложенных методов в рамках многопродуктовой модели экономики России, воспроизводящей с высокой точностью элементы использования ВВП и показатели рынка труда. В модели предлагается новый способ учёта многопродуктовости: через систему агентов-торговцев модельными продуктами, которая позволяет разделить задачи агрегации продуктов и задачи основных агентов (потребителя и производителя) и сохранить более компактное описание для последних.

Список публикаций автора по тематике диссертационного исследования

1. Станкевич И.П. Сравнение методов наукастинга макроэкономических индикаторов на примере российского ВВП // Прикладная эконометрика. 2020. Т. 59. С. 113–127.
2. Stankevich I., Ujegov A, Vasilyev S. Estimation of Multiproduct Models in Economics on the Example of Production Sector of Russian Economy (Оценка многопродуктовых моделей в экономике на примере производственного сектора экономики России // Communications in Computer and Information Science. 2019. CCIS 974. P. 470–481¹.
3. Станкевич И.П., Ужегов А.А. Модель оптимального поведения агрегированного домохозяйства // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2018. Т. 68. № 2. С. 59–62.²
4. Васильев С.Б., Станкевич И.П., Ужегов А.А. Модель реального сектора российской экономики с несколькими продуктами и агентами-

¹ Личный вклад автора: разработка и решение задачи системы торговцев модельными продуктами, численное решение задачи декомпозиции

² Личный вклад автора: разработка методики численной оценки модели на данных

- торговцами // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2018. Т. 22. № 3. С. 362–386.³
5. Станкевич И.П. Некоторые результаты, касающиеся эффекта сезонной корректировки данных в динамических моделях // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2018. Т. 68. № 2. С. 55–58.
 6. Пильник Н.П., Радионов С.А., Станкевич И.П. Обобщенная многопродуктовая декомпозиция элементов использования ВВП России // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2018. Т. 22. № 2. С. 251–274.⁴
 7. Станкевич И.П. Исследование вопроса о необходимости сезонной корректировки данных в динамических моделях // В кн.: Моделирование коэволюции природы и общества: проблемы и опыт. К 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева (МОИСЕЕВ-100) / Отв. ред.: И.Г. Поспелов. М. : ФИЦ ИУ РАН, 2017. С. 291–299.
 8. Станкевич И.П., Ужегов А.А. Модельное описание поведения агрегированного домохозяйства в экономике Российской Федерации // В кн.: Моделирование коэволюции природы и общества: проблемы и опыт. К 100-летию со дня рождения академика Н.Н. Моисеева (МОИСЕЕВ-100) / Отв. ред.: И.Г. Поспелов. М. : ФИЦ ИУ РАН, 2017. С. 300–310.⁵
 9. Пильник Н.П., Станкевич И.П. Динамическая модель взаимодействия фирмы и ее собственников // Математическое моделирование. 2015. Т. 27. № 1. С. 65–83.⁶

³ Личный вклад автора: разработка и решение задачи системы торговцев модельными продуктами, интеграция системы торговцев в общую модель

⁴ Личный вклад автора: аналитический вывод и разработка численной процедуры оценки для процедуры декомпозиции

⁵ Личный вклад автора: разработка методики численной оценки модели на данных

⁶ Личный вклад автора: моделирование поведения фирмы

10. Пильник Н.П., Поспелов И.Г., Станкевич И.П. Об использовании фиктивных переменных для решения проблемы сезонности в моделях общего экономического равновесия // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2015. Т. 19. № 2. С. 249–270.⁷
11. Пильник Н.П., Станкевич И.П. Многопродуктовая модельная декомпозиция компонент валового внутреннего продукта России // Труды Московского физико-технического института. 2014. Т. 6. № 4. С. 78–89.⁸

Литература

1. Бессонов В.А., Петроневич А.В. Сезонная корректировка как источник ложных сигналов // Экономический журнал ВШЭ. 2013. Т.17. №4. С. 554–584.
2. Иващенко С.М. Многосекторная модель динамического стохастического общего экономического равновесия российской экономики // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 5. Экономика. 2016. №. 3. С. 176–202.
3. del Barrio Castro T., Osborn D.R. The Distribution of Unit Root Test Statistics after Seasonal Adjustment. 2014.
4. Born B., Juessen F., Müller G.J. Exchange rate regimes and fiscal multipliers // Journal of Economic Dynamics and Control. 2013. Vol. 37. No. 2. P. 446–465.
5. Bruce A. G., Jurke S.R. Non-Gaussian seasonal adjustment: X-12-ARIMA versus robust structural models // Journal of Forecasting. 1996. Vol. 15. No. 4. P. 305–328.
6. Cavallo M. Government consumption expenditures and the current account. 2005.

⁷ Личный вклад автора: разработка и программная реализация процедуры сезонной корректировки

⁸ Личный вклад автора: аналитический вывод и разработка численной процедуры оценки для процедуры декомпозиции

7. Carvalho C., Lee J.W. Sectoral Price Facts in a Sticky-Price Model // Departmental Working Papers 201133. Rutgers University. 2011.
8. Chatterjee S., Cooper R. Entry and exit, product variety, and the business cycle // *Economic Inquiry*. 2014. Vol. 52. No. 4. P. 1466–1484.
9. Cuche-Curti N. A., Dellas H., Natal J.M. DSGE-CH: A dynamic stochastic general equilibrium model for Switzerland // *Swiss National Bank Economic Studies*. 2009. No. 5.
10. Forni L., Monteforte L., Sessa L. The general equilibrium effects of fiscal policy: Estimates for the euro area // *Journal of Public Economics*. 2009. Vol. 93. No. 3-4. P. 559–585.
11. Franses P.H., Segers R. Seasonality in revisions of macroeconomic data // *Journal of Official Statistics: an international quarterly*. 2010. Vol. 26. No. 2. P. 361–369.
12. Ghysels E., Perron P. The effect of seasonal adjustment filters on tests for a unit root // *Journal of Econometrics*. 1993. Vol. 55. No. 1. P. 57–98.
13. Ghysels E., Lee H.S., Noh J. Testing for unit roots in seasonal time series: Some theoretical extensions and a Monte Carlo investigation // *Journal of Econometrics*. 1994. Vol. 62. No. 2. P. 415–442.
14. Ghysels E., Santa-Clara P., Valkanov R. Predicting volatility: getting the most out of return data sampled at different frequencies // *Journal of Econometrics*. 2006. Vol. 131. No. 1-2. P. 59–95.
15. Ghysels E., Sinko A., Valkanov R. MIDAS regressions: Further results and new directions // *Econometric Reviews*. 2007. Vol. 26. No. 1. P. 53–90.
16. Granger C.W.J., Siklos P.L. Systematic sampling, temporal aggregation, seasonal adjustment, and cointegration theory and evidence // *Journal of Econometrics*. 1995. Vol. 66. No. 1. P. 357–369.
17. Hood C.C. Comparison of time series characteristics for seasonal adjustments from seats and x-12-arima // *ASA proceedings, business and economic statistics section*. 2002. Alexandria, VA: ASA.

18. Ingenito R. et al. Using monthly data to predict quarterly output // *Economic Review-Federal Reserve Bank of San Francisco*. 1996. P. 3–11.
19. Kuzin V., Marcellino M., Schumacher C. MIDAS vs. mixed-frequency VAR: Nowcasting GDP in the euro area // *International Journal of Forecasting*. 2011. Vol. 27. No. 2. P. 529–542.
20. Lee J.W. Aggregate Implications of Heterogeneous Households in a Sticky-Price Model // *Departmental Working Papers 201132*. Rutgers University. 2010.
21. Leeper E.M., Traum N., Walker T.B. Clearing up the fiscal multiplier morass // *American Economic Review*. 2017. Vol. 107. No. 8. P. 2409–2454.
22. Matas-Mir A., Osborn D.R., Lombardi M.J. The effect of seasonal adjustment on the properties of business cycle regimes // *Journal of Applied Econometrics*. 2008. Vol. 23. No. 2. P. 257–278.
23. McCracken M.W., Owyang M., Sekhposyan T. Real-time forecasting with a large, mixed frequency, Bayesian VAR // *FRB St. Louis Working Paper 2015-030A*. 2015.
24. Minniti A., Turino F. Multi-product firms and business cycle dynamics // *European Economic Review*. 2013. Vol. 57. P. 75–97.
25. Mucka Z., Horvath M. Fiscal Policy Matters: A New DSGE Model for Slovakia. Discussion Paper No. 1/20. Council for Budget Responsibility. 2016.
26. Papageorgiou D. et al. BoGGEM: A dynamic stochastic general equilibrium model for policy simulations. 2014. No. 182.
27. Pytlarczyk E. et al. An estimated DSGE model for the German economy within the euro area. Discussion paper Series 1: Economic Studies. 2005. No. 33.
28. Schorfheide F., Song D. Real-time forecasting with a mixed-frequency VAR // *Journal of Business & Economic Statistics*. 2015. Vol. 33. No. 3. P. 366–380.