

ПРАКТИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕНАБЛЮДАЕМЫХ КОМПОНЕНТ В ТРАЕКТОРИИ ВВП: ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ И КРАТКОСРОЧНЫЕ РАЗРЫВЫ*

Л.А. Китрар,
Т.М. Липкинд,
Г.В. Остапкович,
Д.С. Чусовлянов

В статье систематизированы наиболее известные концепции и определения потенциального выпуска и его разрывов согласно исследованиям различных экономических школ, а также рассмотрена типология основных эконометрических методов оценивания потенциального уровня и разрыва выпуска в динамике ВВП.

Авторы дают краткую характеристику механизма действия и возможностей использования различных эконометрических методов, позволяющих проводить статистическую декомпозицию динамики валовой добавленной стоимости с разложением на долгосрочный потенциальный уровень и краткосрочные отклонения – от простой статистической фильтрации до сложных динамических стохастических моделей общего равновесия. В частности, описаны свойства одномерных статистических фильтров, в основе которых лежит статистическое оценивание взаимосвязи только в динамике ВВП, в которой вероятностным отбором декомпозируется долгосрочный уровень без учета каких-либо установок экономической теории. Также анализируются достоинства и недостатки многомерных и структурных методов оценивания потенциального уровня и разрыва ВВП, позволяющих учитывать экономические взаимосвязи посредством включения релевантных дополнительных переменных. В их числе особое внимание уделяется многомерному фильтру Ходрика-Прескотта, а также многомерным моделям с ненаблюдаемыми компонентами, структурным векторным авторегрессионным моделям, производственным функциям, стохастическим динамическим моделям общего равновесия.

Проведенный анализ методов декомпозиции и посвященных этой проблеме многочисленных исследований позволяет сделать вывод о том, что процесс декомпозиции ряда на долгосрочную и циклическую компоненты не является тривиальной задачей, имеющей однозначное решение. Многие методы чувствительны к входным данным, в том числе к наличию дополнительных параметров в модели, поэтому более сложные с экономической точки зрения алгоритмы могут показывать худшие результаты, чем алгоритмы на базе статистического анализа, не учитывающие экономическую природу исследуемых рядов.

Результаты исследования подтвердили предположение о том, что поиск оптимального метода декомпозиции в различных странах возможен только опытным путем в ходе эмпирических исследований.

Ключевые слова: конъюнктурный мониторинг, бизнес-циклы, потенциальный выпуск, разрыв ВВП.

JEL: E32, C81, C82.

Китрар Людмила Анатольевна (lkitrar@gmail.com) – канд. экон. наук, заместитель директора Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ.

Липкинд Тамара Михайловна (tlipinkind@hse.ru) – старший научный сотрудник Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ.

Остапкович Георгий Владимирович (gostapkovich@hse.ru) – директор Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ.

Чусовлянов Дмитрий Сергеевич (dchusovlyanov@hse.ru) – аналитик Центра конъюнктурных исследований Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ.

* Статья подготовлена в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) с использованием средств субсидии на государственную поддержку ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров, выделенной НИУ ВШЭ.

В периоды затяжных рецессий для анализа соотношения совокупного спроса и предложения в экономической активности, глубины спадов в деловом цикле, факторов экономического роста особую значимость приобретает информация о том, насколько текущий валовой объем производства отличается от его долгосрочного потенциального уровня. Недостаточно знать только направления и масштабы расширения или сокращения ВВП. Существенным индикатором анализа является оценка амплитуды и вектора его отклонений от потенциального уровня использования производственных мощностей. В данной статье мы систематизировали как наиболее известные концепции и определения потенциального выпуска и его разрывов согласно исследованиям тех экономических школ, в рамках которых они были сформулированы, так и основные методы декомпозиции в динамике валовой добавленной стоимости таких ненаблюдаемых компонент.

Концепция потенциального уровня и разрыва ВВП в контексте прикладных возможностей

Рассмотрим, как были сформулированы основные предпосылки понятия разрыва выпуска.

В базовой классической макроэкономической теории существует феномен равновесного уровня занятости. Графически данный индикатор можно представить как пересечение кривой совокупного спроса (AD) и кривой совокупного предложения (AS) в определенной фиксированной точке. Такое равновесие, которое достигается после корректировки заработной платы и цен, определяют уровнем полной занятости $\bar{N}$. Если совместно использовать равновесие на рынке труда и производственную функцию, то можно зафиксировать объем выпуска, который потенциально способны произвести все экономические агенты. Объем такого производства при полном уровне занятости $\bar{Y} = Y(\bar{N})$ называется потенциальным объемом выпуска, совокупно предлагаемым в экономике при равновесно установившихся ставках заработной платы и цен. С использованием производственной функции объем производства при полной занятости формализованно можно представить как

$$\bar{Y} = AF(k, \bar{N}). \quad (1)$$

Согласно формуле (1), при постоянных запасах капитала k объем производства при полной занятости зависит от двух факторов: уровня полной занятости ($\bar{N}$) и выраженной производственной функцией связи объема производства с занятостью. Следовательно, все те факторы, которые воздействуют на уровень полной занятости ($\bar{N}$) и производственную функцию, способны сдвигать потенциальный объем производства ($\bar{Y}$). Наглядным примером является как простое, так и опосредованное воздействие на $\bar{Y}$ неблагоприятных шоков предложения. Давление различных шоков предложения способно непосредственно вызвать сокращение производительности [A в формуле (1)] и, соответственно, того выпуска продукции, который мог быть осуществлен при любых постоянных значениях капитала и труда¹. В то же время, если неблагоприятные шоки предложения провоцируют снижение величины спроса на труд, то полная занятость ($\bar{N}$) сократится, что и вызовет опосредованно уменьшение потенциального выпуска согласно формуле (1).

Продemonстрируем на рисунке изложенное выше положение общей теории, названной базовой моделью совокупного спроса (AD) и совокупного предложения (AS) (AD-AS).

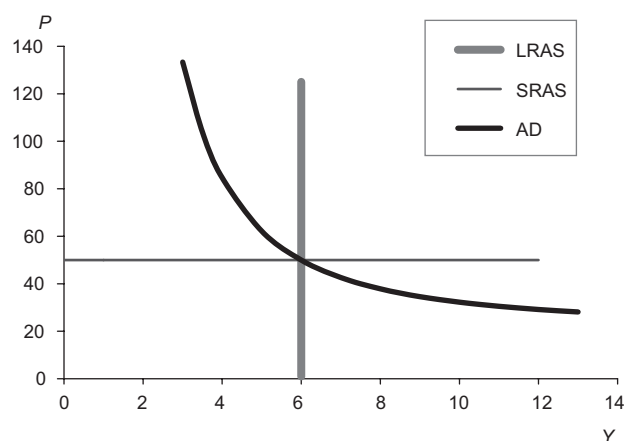


Рисунок. Модель AD-AS

На рисунке представлены все основные элементы модели AD-AS: кривая совокупного спроса (AD), кривая совокупного предложения в краткосрочном периоде (SRAS) и кривая совокупного

¹ Например, в [1] если растут цены на топливно-энергетические ресурсы, то хозяйствующие субъекты снизят их использование и произойдет сокращение масштабов производства даже при любых фиксированных уровнях капитала и труда.

предложения в долгосрочном периоде (LRAS). Все кривые отражают взаимосвязь общего уровня цен и валового объема производства. Общее количество востребованных товаров и услуг для любого уровня цен P представлено кривой AD, отрицательный наклон которой свидетельствует о заметном снижении спроса на произведенные товары и услуги при росте общего уровня цен. Кривая совокупного предложения в краткосрочном периоде (SRAS) горизонтальна в соответствии с предпосылкой, что на коротких интервалах времени цены зафиксированы на одном и том же уровне, а продукции производится ровно столько, сколько востребовано рынком.

Что же касается долгосрочного периода, то производство соответствует своему нормальному уровню. Отсюда кривая совокупного предложения выражена вертикальной линией (LRAS) для объема производства при полной занятости $\bar{Y}$. Идеально экономическое равновесие достигается в краткосрочном периоде в точке пересечения кривых AD и SRAS, а в долговременной траектории - при пересечении AD и LRAS. Таким образом, в долгосрочном периоде экономические агенты стремятся корректировать свои цены до уровня, позволяющего функционировать при потенциально возможном выпуске $\bar{Y}$. Тем не менее рисунок демонстрирует идеальную экономику в состоянии одновременного равновесия на любых интервалах времени, когда кривые AD, SRAS, AD и LRAS пересекаются в одной точке. И когда в экономике происходят какие-либо изменения, точка равновесия в краткосрочном периоде смещает свое положение относительно точки равновесия в долгосрочном периоде.

Таким образом, в долгосрочном периоде, согласно классическим основам макроэкономики, шоки совокупного спроса не оказывают влияния на величину выпуска, а уровень производства не зависит от темпа инфляции [2].

В терминах и понятиях неоклассической экономической теории потенциальный объем производства определяется таким выпуском, который соответствовал бы довольно гибким ценам и заработной плате, как максимально возможный совокупный выпуск в отсутствие инфляционного роста цен [3].

Одновременно существует мнение², что потенциальный уровень является показателем такого

устойчивого объема производства, при котором степень использования ресурсов не оказывает влияния на масштабы инфляционного давления. Тогда разрыв выпуска (output gap), при котором фактический ВВП превышает потенциальный уровень, ведет к сдерживанию дальнейшего роста и накоплению инфляции, так как агрегированный спрос превышает потенциальный выпуск и под давлением спроса цены растут. Вместе с тем отрицательный разрыв ВВП подразумевает недоиспользование потенциала экономики и, следовательно, уменьшение инфляционного давления, потому что цены начинают снижаться соответственно слабому спросу. Отсюда потенциальный уровень, величина и направление движения разрыва ВВП являются важными индикаторами для оценки оперативной информации для формирования монетарной политики.

Ни положительное, ни отрицательное направление разрыва объема производства не свидетельствуют об оптимальном режиме функционирования экономики. Так, положительный разрыв указывает на такое увеличение спроса, для удовлетворения которого экономические агенты могут чрезмерно увеличить объемы производства, что приведет к перегреву экономики. Отрицательный разрыв свидетельствует о заметном недоиспользовании производственных мощностей из-за слабого спроса. Следовательно, при любом факте разрыва экономика функционирует неэффективно, либо чрезмерно расходуя свои ресурсы, либо недостаточно интенсивно используя их³.

Традиционно данные характеристики динамики ВВП используются директивными органами в монетарной политике. Как правило, считается, что потенциальному уровню ВВП соответствует такой уровень производства, при котором отсутствует давление на цены в любом направлении. Теоретически такой сводный индикатор компонент относительного спроса и предложения в экономике может быть определен как максимально возможный уровень экономической активности без увеличения инфляции [4]. В этом контексте потенциальный выпуск будет обусловлен теми факторами производства и таким технологическим и инновационным уровнем, при которых существует в целом потен-

² Бюджетное управление Конгресса США (Congressional Budget Office, CBO).

³ Подробно концепция потенциального выпуска и разрыва, а также дискуссия по этому вопросу приводятся в работе [4].

циальная возможность для любой национальной экономики обеспечивать выпуск продукции и услуг.

Еще одной важной концепцией, которую всегда связывают с разрывом объема производства, является разрыв безработицы. Обе эти концепции имеют важное прикладное значение в реальной экономике, когда формируется денежно-кредитная и налоговая политика. В контексте теории разрыва безработицы принимается за основу тот уровень безработицы, который не приводит к росту инфляции, то есть соответствующий постоянной инфляции (УБНРИ). И тогда возникающие отклонения реального уровня безработицы от УБНРИ можно связать с отклонениями объема производства от его потенциального уровня. Соответственно, если фактический реальный уровень безработицы привести в соответствие с УБНРИ, то теоретически возможен максимальный выпуск, при котором отсутствует чрезмерный расход ресурсов, когда не наблюдаются разрывы объема производства и одновременно отсутствует инфляционное воздействие на экономику.

С точки зрения формирования денежно-кредитной политики, любое направление разрыва ВВП имеет важное значение. Так, усиление отрицательного разрыва выпуска является очевидным свидетельством нарастания рецессии, при которой фактический выпуск опускается все ниже и ниже потенциального уровня. В такой ситуации целесообразным становится принятие денежно-кредитной политики, направленной на стимулирование экономического роста. Тогда для усиления спроса становится закономерным такое снижение процентных ставок, которое также не приведет к сокращению инфляции ниже целевых ориентиров, устанавливаемых центральным банком. Если же выпуск заметно превышает потенциальный уровень и соответственно возникает положительный разрыв, то можно говорить об экономическом буме, при котором возрастает давление на инфляцию. Тогда в период экономического «перегрева» экономика регулируется посредством повышения процентных ставок.

Что же касается рычагов воздействия налогово-бюджетной политики на возникающие разрывы объемов производства, то традиционными мерами, направленными на устранение отрицательного разрыва рецессионного характера, являются увеличение государственных расходов

или снижение налогов с целью повышения совокупного спроса. При положительном разрыве целесообразно ведение ограничительно-жесткой налогово-бюджетной политики, направленной прежде всего на сокращение расходов и повышение налогов, что позволит сократить спрос и инфляционное давление в экономике.

Очевидно, что оценивание потенциального уровня ВВП и такого индикатора, как его разрыв, имеет важное прикладное значение. Основная проблема в этой связи состоит в том, что данные характеристики динамики ВВП, равно как и другие экономические переменные, способные идентифицировать равновесное состояние экономики, не наблюдаются напрямую, а могут быть получены лишь в ходе опосредованного оценивания или декомпозиции динамики релевантных индикаторов.

Обзор методов декомпозиции потенциального уровня и разрывов в динамике ВВП

Краткая характеристика и возможности использования. Расчет прямо не наблюдаемых переменных является нетривиальной задачей. В практике подобных измерений используется широкий спектр различных методов: от декомпозиции динамики статистической фильтрацией до сложных динамических стохастических моделей общего равновесия. Существуют методики, основным предположением которых является возможность распределения объема производства на трендовую и циклическую компоненты. При этом выделение тренда рассматривается как оценка потенциального объема производства в экономике, а оценка циклического профиля определяется как индикация разрывов ВВП. В таких методах для оценки потенциального уровня динамика «очищается» от краткосрочных циклических разрывов. Известным способом является измерение потенциального уровня посредством различного рода статистических фильтраций, позволяющих отделять краткосрочные колебания с их поворотными точками спада и подъема от долгосрочного тренда.

Другие процедуры основаны на оценивании производственных функций, рассчитывающих объемы производства посредством ввода ресурсных параметров экономики: рабочей силы и капитала. Исключение из динамики выпуска циклических флуктуаций введенных ресурсов

позволяет получать трендовые оценки, принимаемые за потенциальный выпуск. Среди одномерных статистических фильтров для решения поставленной задачи наибольшей популярностью в эконометрических пакетах пользуются следующие методы: разложение Бевеиджа-Нельсона (Beveridge-Nelson) [5], фильтры Бакстера-Кинга (Baxter-King) [6], Кристиано-Фицджеральда (Cristiano-Fitzgerald) [7] и Ходрика-Прескотта (Hodrick-Prescott) [8].

Основой приведенных методов является статистическое оценивание взаимосвязи в одной динамике выпуска, в которой вероятностным отбором декомпозируется долгосрочный уровень без учета каких-либо установок экономической теории. Напротив, многомерные и структурные методы оценивания потенциального уровня и разрыва выпуска позволяют учитывать экономические взаимосвязи посредством включения релевантных дополнительных переменных. Среди них своими результатами однозначно выделяется многомерный фильтр Ходрика-Прескотта, многомерные модели с ненаблюдаемыми компонентами, структурные векторные авторегрессионные модели (SVAR-модели), производственные функции, стохастические динамические модели общего равновесия (DSGE-модели)⁴.

Следует отметить, что широкое распространение в последние годы DSGE-моделей позволяет определять понятие потенциального выпуска не только концептуально, но и эмпирически. В контексте таких модельных построений были выявлены [10] значительные расхождения при сравнении результатов, полученных на основе традиционных методов и на основе DSGE-моделей. При этом сложно однозначно оценить приоритетность выбора того или иного метода. Элемент случайного отбора, присущий одномерным и многомерным фильтрациям, неопределенность оценок на концах выборки, то есть последних периодов в динамике, представляют наибольший практический интерес. Вместе с тем оценкам, полученным на основе DSGE-моделирования, также присуща явно выраженная неопределенность, проявляющаяся как в режиме реального времени, так и в

выборе параметров, допущений и идентификации структурных экономических шоков и т. д. При этом не существует убедительных доказательств, что те эмпирические оценки инфляционного давления, которые получаются при применении весьма реалистичных DSGE-моделей, лучше, чем аналоги традиционных статистических измерений. Хотя несомненным достоинством с точки зрения практического применения таких моделей является определение взаимосвязи между степенью и направлением влияния разрыва выпуска на инфляцию и типа шоков различных структурных особенностей, проявляющихся в экономике в конкретные анализируемые периоды.

С целью получения прямых оценок потенциального уровня ВВП от экономических агентов широко используются обследования производителей, позволяющие определять уровни избыточного спроса и предложения в экономике⁵. Однако в таком оценивании также заложена доля неопределенности, во многом обусловленная субъективностью ответов респондентов, ограниченностью их базы, разным концептуальным пониманием того уровня выпуска и загрузки производственных мощностей, которые можно было бы принять за потенциальные значения характеристики, опережающие давление спроса. Особенно этот эффект усиливается в периоды, близкие к циклическим разворотам, так как именно тогда возможны такие изменения базовых структурных связей в экономике, которые сложно охватить при проведении опроса в режиме реального времени.

Что же касается использования такого подхода к измерению искомым характеристик совокупного объема производства, как структурная векторная авторегрессионная модель, то основной идеей простой двухфакторной SVAR является возможность разложения реального объема производства на три компоненты. Это детерминистический тренд; компонента, вызванная шоками с перманентным характером воздействия на экономику со стороны предложения, а также компонента, которая обусловлена шоками, влияющими на краткосрочные изменения спроса. При такой постановке оценивание потенциального уровня и разрывов выпуска осуществляется одновременно,

⁴ В работе [9] приводится подробное обсуждение использования таких методов и получаемых оценок при формировании экономической политики.

⁵ В частности, имеются в виду оценки относительно «нормального» уровня в конъюнктурных мониторингах делового климата, проводимых в России Федеральной службой государственной статистики по методологии ЦКИ ИСИЭЗ НИУ ВШЭ и гармонизированных с европейскими аналогами, когда под данным уровнем в анкетах подразумевается уровень, соответствующий стабильным экономическим параметрам функционирования респондентов.

так как первые две компоненты предполагается рассматривать как оценку потенциального уровня, а последняя компонента идентифицируется как разрыв. В [11] макроэкономическая модель имеет две переменные: реальный ВВП и уровень безработицы. При этом допускается, что реальный ВВП испытывает шоки как со стороны предложения, так и со стороны спроса. Причем в модели шоки со стороны спроса способны оказывать влияние на реальный выпуск лишь на коротких промежутках времени в рамках традиционной экономической концепции о естественном уровне безработицы. Шоки со стороны предложения имеют только долгосрочный характер воздействия. По аналогии возможно рассмотрение вместо параметра уровня безработицы параметра уровня инфляции.

Среди измерительных процедур уместными также считаются одномерные и многомерные модели с ненаблюдаемыми переменными. При одномерном измерении сначала оценивается разрыв выпуска посредством модели с ненаблюдаемыми компонентами. Далее полученные оценки встраиваются в одномерную модель с ненаблюдаемыми компонентами, например для инфляции. В многомерных моделях объем производства, его разрывы и инфляция (или безработица) используются одновременно.

Типология основных эконометрических методов оценивания потенциального уровня и разрыва ВВП.

Для начала приведем описание и механизм действия нескольких наиболее используемых эконометрических методов, позволяющих проводить статистическую декомпозицию наблюдаемой динамики совокупного выпуска с его разложением на долгосрочный потенциальный уровень и краткосрочные отклонения.

Среди наиболее простых методов выделяют тренд заданного функционального вида [6]. Долгосрочную компоненту представляют в виде функционала с точно заданным количеством неизвестных параметров $g(t)$, где указанная функция зависит от вектора параметров a . При этом допускается, что краткосрочная компонента s_t будет колебаться близко от нуля. Тогда для выделения долгосрочного тренда в некоротком временном ряду достаточно минимизировать отклонения его уровней от долгосрочной компоненты:

$$\min_a \{[y_t - g_t(a)]^2\}. \quad (2)$$

Оценка вектора параметров будет соответствовать определению долгосрочного тренда, описываемого функцией $g_t(a)$. Однако в данном методе крайне важным является выполнение допущения о близости к краткосрочной компоненте, как и к его среднему значению. При несоблюдении такой гипотезы возможно искажение получаемых оценок, так как часть краткосрочной компоненты остается в долгосрочном тренде. Поэтому полное соответствие данной гипотезе, при которой краткосрочная компонента постоянно колеблется вокруг некоторого среднего уровня, возможно именно при декомпозиции долговременной динамики.

Однако следует иметь в виду, что при допущении явного функционального вида для долгосрочной компоненты $g_t(a)$ возникают ограничения при применении данного метода. Это во многом связано с тем фактом, что далеко не все экономические переменные в реальности способны иметь явно выраженный тренд или имеют разный тренд на кусочно-однородных участках динамики, прежде всего в силу экономических различий структурного характера в разновременных периодах. В таких случаях используется процедура скользящего среднего в виде линейного фильтра:

$$g_t = \sum_{k=-K}^K a_k y_{t-k}. \quad (3)$$

В указанном виде долгосрочная компонента измеряется как средневзвешенная переменная от значений ряда на определенном временном участке. Если параметр k , который характеризует такой участок во времени, является достаточно большим, а крайним значениям ряда придаются заметные веса, то искомым ряд получается весьма гладким. Чтобы такой линейный фильтр не вносил существенных фазовых отклонений, в анализируемый ряд вводятся дополнительные ограничения в виде обязательной симметричности весов относительно среднего, то есть $a_k = a_{-k}$, $\sum a_k = 1$.

В работе [6] приводятся основные преимущества фильтрации подобного типа. Это простое использование, наглядность результатов, отсутствие однозначно заданных критериев к виду долговременной компоненты. Сложность возникает в выборе весов усреднения и длины интервального участка. Так, с расширением интервала возможно увеличение пропадающей информации на концах, что приводит к сокращению долгосрочной

компоненты, однако выбор не слишком большого интервала скольжения может привести к сохранению в получаемом ряду колебаний с высокой частотой выбросов. Одновременно, если центральным значениям придать заметные веса, то ряд может получиться заведомо волатильным, а при незначимых весах возможно слишком большое выравнивание. Поэтому основным недостатком такого метода является наличие существенной неопределенности в основных допущениях, что может привести к слишком разным результатам с совершенно различной степенью сглаженности.

Однако существуют фильтры, способные решать проблему неопределенности при выборе весов в простой фильтрации скользящим средним. Так, band-pass, или полосовой фильтр, [6] также является специальным методом декомпозиции во временном ряду долгосрочной компоненты. Однако он имеет собственную «пропускную» способность для улавливания сигналов с разной частотой и амплитудой колебаний. Суть метода для идеальной конструкции фильтра с бесконечным интервалом фильтрации сводится к тому, что существует возможность такого подбора весов $\{a_k\}$, при котором фильтр пропускает сквозь себя только частоты с заданным диапазоном. И тогда при экзогенно допустимых для долгосрочной компоненты частот определяются такие веса, с которыми осуществляется фильтрация на данных частотах, причем с минимальным шумовым остатком на более высоких частотах.

Среди распространенных методов статистической фильтрации временных рядов для их последовательного разложения на долгосрочную компоненту, разрыв ряда от нее и краткосрочный цикл как разрыв со сглаженной амплитудой исследователи выделяют фильтр Ходрика-Прескотта [8, 12]. Такой фильтр считается усовершенствованной конструкцией методов декомпозиции тренда. Предпосылкой его применения послужила необходимость выделения трендов различной конфигурации на тех кусочно-однородных участках временных рядов, на которых наблюдаются самые нестабильные тренды. Тренду во временном ряду позволяется изменяться, но за это вводится некоторый штрафной параметр, и тогда ряд изменяет свой средний вектор движения, получаясь при этом гладким в соответствии с выбранным значением штрафа. При этом решается следующая оптимизационная задача:

$$\min_{\{g_t\}_{t=1}^T} \left\{ \sum_{t=1}^T C_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\}, \quad (4)$$

где g_t - тренд-составляющая компонента ряда; c_t - циклическая составляющая (при первом проходе фильтра с несглаженной амплитудой [13, 14]); λ - параметр, определяющий степень чувствительности фильтра к тем или иным изменениям тренда.

В формуле (4) второе слагаемое, следовательно, представляет собой колебания тренда с заданным штрафом λ за такие изменения. В случае слишком малой величины параметра λ в результате будет выделен тренд, максимально приближенный к исходному ряду.

И соответственно, если параметр λ слишком большой, то большая часть динамики является циклической, и с увеличением λ выделяемая компонента ряда все заметнее будет иметь почти линейный характер. Такая связь представлена в [15] следующим соотношением:

$$\lambda = \frac{1}{4} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{\tau} \right)^{-2}, \quad (5)$$

где τ - число периодов между однотипными поворотными точками.

В случае использования квартальной информации традиционно рекомендуется значение $\lambda = 1600$. При его подстановке в формулу (5) τ соответствует 10-летнему циклу, а при 8-летнем цикле приведенные значения получаются равными 677,1 и 32 соответственно. В статье [8] авторы считают, что выбор λ является хотя и произвольным, но напрямую зависимым от требуемой процедуры и амплитуды сглаживания ряда.

Кроме того, давно известным и широко распространенным статистическим фильтром является фильтр Кальмана [16]. В данном случае выдвигается следующее основное условие: в модели, которая представлена в форме пространства состояний, искомые ненаблюдаемые переменные являются объясняющими факторами, а их оптимальные оценки определяются методом максимального правдоподобия как составной части рекурсивной процедуры. Это позволит составить такую совокупность уравнений измерений в виде пространства состояний, которая даст возможность выразить наблюдаемые переменные как функции от ненаблюдаемых переменных состояния и уравнений перехода, соответствующих их траекториям. Отсюда уравнение измерения в

общем виде может представлять собой следующую формулу:

$$Y_t = zA_{(t)} + dX_{(t)} + e_{(t)}, \quad e_t \sim N(o, H), \quad (6)$$

где Y_t - заданный вектор ненаблюдаемых переменных; $X_{(t)}$ - вектор экзогенных факторов; $A_{(t)}$ - вектор ненаблюдаемых переменных; z, d - искомые параметры уравнения; $e_{(t)}$ - остатки временного ряда после его разложения с матрицей ковариации H .

Следующее уравнение (7) представляет уравнение перехода, когда:

$$A(t) = TA(t-1) + \vartheta(t); \quad \vartheta(t) \sim N(O, Q) \quad (7)$$

с параметром T и остатком ϑ с матрицей ковариации Q .

В последнее время особый интерес представляют модели ненаблюдаемых компонент. В данном подходе предполагается, что временной ряд наблюдаемых переменных включает трендовую $\mu(t)$, циклическую $\Psi(t)$ и нерегулярную $\varepsilon(t)$ компоненты, $t = \overline{1, T}$. При этом μ_t представляет собой локальный линейный тренд, определяемый как интегрированный процесс случайного блуждания:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \xi_t, \quad \beta_t = \beta_{t-1} + \xi_t, \quad t = \overline{1, T}, \quad (8)$$

где β_t - угол наклона тренда; ξ_t, ξ_t - белый шум с нулевым математическим ожиданием и дисперсиями σ_ξ^2 и σ_ξ^2 соответственно.

В уравнении:

$$Y(t) = \mu(t) + \Psi(t) + \varepsilon(t), \quad (9)$$

$\Psi(t)$ представляет собой случайную циклическую компоненту, определяемую следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \Psi_t \\ \Psi_t^* \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \lambda_c & \sin \lambda_c \\ -\sin \lambda_c & \cos \lambda_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi_{t-1} \\ \Psi_{t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_t \\ k_t^* \end{bmatrix}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (10)$$

где λ - частота цикла в радианах; ρ - смягчающий параметр затухания со значениями от 0 до 1; k_t, k_t^* - независимые остатки - белый шум с нулевым средним и общей дисперсией σ_k^2 .

Все нерегулярные остатки во всех компонентах определяются как взаимно некоррелирующие. В таком модельном представлении оценки тренда со сглаженной амплитудой могут рассматриваться как потенциальный уровень, а стохастический цикл - как разрыв выпуска.

Отметим, что и фильтр Кальмана, и НР-фильтр являются частной формой представления модели с ненаблюдаемыми компонентами, с помощью которых возможно выделение сглаженных компонент. Хотя следует отметить, что специфика модели с ненаблюдаемыми компонентами такова, что при их использовании не возникает проблемы конца ряда.

Если рассматривать взаимосвязь между инфляцией и разрывом выпуска, то μ_t в формуле (8), по сути, выражает тренд как базовую инфляцию. Случайная циклическая компонента $\Psi(t)$ также может быть включена в модель инфляции. В рамках одномерной модели, когда тестируется связь между инфляцией и разрывом выпуска, последняя переменная обычно включается с запаздыванием к соответствующим параметрам, подлежащим оцениванию, как компонента уравнения:

$$\varepsilon(t) = a_j x_{t-j}, \quad j = 0, 1, 2, \dots \quad (11)$$

Приведенные методы фильтрации относятся к группе способов, которые используются прежде всего для выделения стационарной компоненты во временном ряду [17]. Вместе с тем существуют методики, предназначенные для модельной аппроксимации исследуемого временного ряда и определения весовой структуры, необходимой для выделения тренда. В данном случае самым важным является правильная спецификация так называемых моделей выделения сигналов, используемых для отражения процесса порождения уровней временного ряда, что не всегда осуществимо на практике и может привести к необъяснимым результатам. Следует также отметить, что статистические фильтры не позволяют отразить структурные сдвиги во временном ряду, заложенные в коэффициентах тренда. В работе [18] предлагается методика сглаживания временных рядов рекурсивной процедурой Монте-Карло, когда выделяются такие компоненты ряда, как детерминистический тренд, стохастический тренд, цикл и нерегулярные остатки, а циклическая компонента представлена как сумма стандартного отклонения остатков и их среднего значения. Для учета структурных сдвигов при этом вводятся dummy-переменные.

Существует общая классификация всех методов, применяемых для выделения потенциально-го ВВП и разрыва выпуска. Приведем ее краткий аналог в таблице 9.

Таблица

Окончание таблицы

Классификация методов, используемых для оценки ненаблюдаемых компонент

Метод	Описание
Выделение тренда (детрендирование)	
Линейный тренд	Если во временном ряду совокупного выпуска компоненты тренда являются линейной функцией от времени, то возможна линейная регрессия между логарифмом выпуска и трендом, а также константой временного ряда
Кусочно-однородный тренд	Если во временном ряду выпуска для каждого кусочно-однородного участка, соответствующего разным периодам между пиками делового цикла, профилем является линейный тренд
Одномерные фильтры	
Фильтр Ходрика-Прескотта	Для выделения трендовой компоненты должен быть разрешен компромисс, позволяющий выбрать между качеством аппроксимации реальных данных и сглаженностью амплитуды колебаний в тренде
Полосовой фильтр	Линейный фильтр, настроенный на исключение как трендовых компонент (медленно меняющихся во времени нерегулярных компонент), так и высокочастотных нерегулярных компонент и позволяющий выбрать промежуточные компоненты как оценки делового цикла
Декомпозиция Бевриджа-Нельсона	Для декомпозиции временного ряда на тренд и циклическую составляющую вводятся некоторые ограничения
Фильтр Кальмана	Основной предпосылкой метода является возможность разложения любого временного ряда на трендовую, циклическую и нерегулярную ненаблюдаемые компоненты, которые можно выделить из реального ряда лишь наложением достаточных ограничений на процессы порождения тренда и цикла
Многомерные фильтры	
Фильтр Ходрика-Прескотта	Потенциальный выпуск определяется как функция, минимизирующая средневзвешенное отклонение выпуска от его потенциального уровня, колебания потенциальных темпов роста и ошибок в таких ограниченных соотношениях, как кривая Филиппа, закон Оукена, а также взаимосвязи между отклонениями производительности и выпуска от потенциальных значений
Декомпозиция Бевриджа-Нельсона	Основная предпосылка заключается в том, что тренд является случайно блуждающим процессом порождения данных временного ряда, а любой случайный шок, способный сдвинуть этот тренд, будет являться линейной комбинацией инноваций в ВВП и других переменных, содержащих любую информацию, значимую для оценки долгосрочной динамики ВВП
Фильтр Кальмана	В одномерный подход добавляются дополнительные уравнения, например кривая Филиппа
Методы на основе производственных функций	
Полная структурная модель	Факторы в производственной функции задаются эндогенно посредством макроэкономической модели
Производственная функция с экзогенными трендами	Факторы в производственной функции задаются посредством одно- или многомерной статистической фильтрации

Метод	Описание
Структурная модель авторегрессии (VAR)	Потенциальный выпуск и разрыв в выпуске оцениваются, исходя из структурных предпосылок о природе экономической флуктуации

Источник: [9].

Авторы [9] утверждают, что официального для каждой страны метода оценки искомых ненаблюдаемых компонент, таких, как потенциальный уровень и разрыв выпуска, до сих пор не существует. Отделения МВФ и ЕЦБ определяют для стран наиболее подходящий им метод расчета. В разных странах методики и результаты оценки потенциального ВВП существенно различаются, что подчеркивает отсутствие единого подхода к подобным измерениям даже в рамках одной страны. В [9] и [19] подробно анализируются такие различия; при этом подчеркивается, что на самом деле межстрановой сопоставительный анализ оценок потенциального выпуска, полученных разными способами, свидетельствует о весьма заметной их корреляции, не менее 0,7. Отсюда следует, что измеренные разрывы выпуска изменяются, во всяком случае почти синхронно, хотя и с несколько разной амплитудой.

В этой связи, однако, следует отметить исследование МакМорроу и Рёгера [20], в котором показаны заметные отличия подобных оценок в разные периоды времени в странах ЕС, осуществленных одновременно посредством фильтра Ходрика-Прескотта и методом производственных функций. В работе Кановы [21] также приводится аргумент, что несмотря на примерную схожесть процесса колебаний в полученных различными способами динамиках разрывов выпуска, размеры таких колебаний и, соответственно, самих разрывов, весьма различны. В [20] рассмотрены подобные различия на примере сравнения результатов после применения метода линейного тренда и фильтра Ходрика-Прескотта, свидетельствующих о более заметных и глубоких разрывах, полученных линейным детрендированием. Одновременно в исследовании показано, что применение фильтра Ходрика-Прескотта приводит к еще большим разрывам выпуска, чем при использовании фильтра Кальмана.

В работе Каттнера [22] отражается, насколько существенно сокращается размер разрыва ВВП США при оценивании одномерным фильтром Кальмана, если включить уравнение, описывающее динамику инфляции, используя при этом

многомерную фильтрацию. Кроме того, исследование Шаньи, Дёпке [19] показывает эффективность метода структурных моделей VAR для Еврозоны. В работе Кичиан [23] делается вывод, что для Канады, например, наиболее уместными являются оценки разрывов в выпуске в терминах анализа инфляционного давления, поэтому в модели многомерного фильтра Кальмана используется уравнение ценовой кривой Филипса. Результаты, описанные Рунстлером [24], однозначно показывают, что разрывы ВВП, оцененные при помощи многомерного фильтра Кальмана, во многом связаны с инфляцией в ЕС.

Вместе с тем оценки разрывов ВВП целесообразно использовать для краткосрочных прогнозов будущей инфляции. Так, например, в исследовании де Браувера [25] продемонстрировано, что включение переменной разрыва ВВП в прогнозную модель инфляции заметно улучшает ее прогностические свойства в зависимости от метода оценивания разрыва в отличие от модели без такого разрыва. Модели, использующие фильтры Кальмана, также дают лучшие прогнозные оценки инфляции.

* *
*

Логичным заключением всего вышесказанного может служить следующий вывод: процесс декомпозиции ряда на долгосрочную и циклическую компоненты не является тривиальной задачей, что подтверждается обилием методов и исследований, рассмотренных в публикуемой статье. Более того, задача осложняется еще и тем, что многие методы чувствительны к входным данным, в том числе к наличию дополнительных параметров в модели. Зачастую применение более сложных с экономической точки зрения алгоритмов дает худшие результаты, чем алгоритмов, основывающихся лишь на статистическом анализе и не учитывающих экономическую природу исследуемых рядов. Таким образом, поиск наилучшего алгоритма для задачи декомпозиции в различных странах приводит к противоположным результатам, получение которых становится возможным лишь опытным путем в ходе эмпирических исследований.

Литература

1. **Brunner K., Meltzer A.H.** Stabilization policies and labor markets // *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*. 1988. Vol. 28. P. 1-8.
2. **Romer D.** *Advanced macroeconomics*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1996.

3. **Razin A.** Aggregate supply and potential output. NBER Working Paper No. 10294. 2004. URL: <http://www.nber.org/papers/w10294.pdf>.
4. **Hauptmeier S., Heipertz M. and Schuknecht L.** Expenditure reform in industrialised countries: A case study approach. *ECB Working Paper No. 634*. 2006.
5. **Beveridge S., Nelson Ch.R.** A new approach to the decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the business cycle // *Journal of Monetary Economics*. 1981. No. 7. P. 151-174. URL: http://www.uh.edu/~cmurray/courses/econ_7395/Beveridge%20Nelson.pdf.
6. **Baxter M., R.G. King.** Measuring business cycles: approximate band-pass filters for economic time series // *Review of Economic and Statistics*. 1999. Vol. 81. No. 4. P. 575-593.
7. **Christiano L.J., Fitzgerald T.J.** The band pass filter. NBER Working Paper No. 7257. 1999.
8. **Hodrick R., Prescott E., Postwar U.S.** Business cycles: an empirical investigation // *Journal of money, credit and banking*. 1997. Vol. 29. No. 1. P. 1-16.
9. **Cotis J.P., Elmeskov J., Mourougane A.** Estimates of potential output: Benefits and pitfalls from a policy perspective / Reichlin L. (ed.). *The Euro area business cycle: stylized facts and measurement issues*. London. 2004. P. 35-60.
10. **Vetlov I., Hledic T., Jonsson M., Kucsera H., Pisani M.** Potential output in DSGE models. *ECB Working Paper No. 1351*. 2011.
11. **Blanchard O.J., Quah D.** The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances // *The American Economic Review*. 1989. Vol. 79. No. 4. P. 655-673. URL: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1827924.pdf>.
12. **Nilsson R., Gyomai G.** Cycle extraction: a comparison of the PAT method, the Hodrick-Prescott and Christiano-Fitzgerald filters. *OECD*. 2011. URL: <http://www.oecd.org/std/leading-indicators/41520591.pdf>.
13. **Китрап Л.А., Остапкович Г.В.** Особенности и направления использования индикаторного подхода в циклическом мониторинге экономической динамики // *Вопросы статистики*. 2013. № 8. С. 42-50.
14. **Китрап Л.А., Остапкович Г.В.** Интегрированный подход к построению композитных индикаторов со встроенным алгоритмом оценки цикличности в динамике результатов конъюнктурного мониторинга // *Вопросы статистики*. 2013. № 12. С. 23-34.
15. **Maravall A., del Rño A.** Temporal aggregation, systematic sampling, and the Hodrick-Prescott filter // *Computational Statistics & Data Analysis*. 2007. Vol. 52. No. 2. P. 975-998.
16. **Kalman R.E.** A new approach to linear filtering and prediction problems // *Transactions of the ASME - Journal of Basic Engineering*. 1960. Vol. 82 (Series D). P. 35-45. URL: www.cs.unc.edu/~welch/kalman/media/pdf/Kalman1960.pdf.

17. **Zhang X., Conn L.** Estimating the cyclical component from annual time series. ABS Research Paper No. 1352.0.55.085. Australian Bureau of Statistics, Canberra. 2007.
18. **Dias M.-H.A., Dias J., Evans Ch.L.** Estimation of the cyclical component of economic time series. National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Brazil and Research Department of the Federal Reserve Bank of Chicago, USA. 2004.
19. **Chagny O., Döpke J.** Measures of the output gap in the Euro-Zone: an empirical assessment of selected methods. Kiel Working Paper No. 1053. 2001.
20. **McMorrow K., Roeger W.** Potential output: measurement methods, «new» economy influences and scenarios for 2001-2010 - a comparison of the EU15 and the US. European Commission Economic Papers No. 150. 2001.
21. **Canova F.** Detrending and business cycles facts // Journal of Monetary Economics. 1998. Vol. 41. Iss. 3. P. 475-512.
22. **Kuttner K.N.** Estimating potential output as a latent variable // Journal of Business and Economic Statistics. 1994. Vol. 12. Iss. 3. P. 361-368.
23. **Kichian M.** Measuring potential output with a state space framework. Bank of Canada Working Paper 99-9. 1999.
24. **Rünstler G.** The information content of real-time output gap estimates: an application to the Euro area. ECB Working Paper No. 182. 2002.
25. **De Brouwer G.** Estimating output gaps. Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper 9809. 1998. URL: <http://www.rba.gov.au/publications/rdp/1998/9809.html>.

IDENTIFICATION OF THE UNOBSERVABLE COMPONENTS IN THE OUTPUT TRAJECTORY: POTENTIAL LEVEL AND GAPS

Ludmila Kitrar

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia). E-mail: liktrar@gmail.com.

Tamara Lipkind

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia). E-mail: tlipkind@hse.ru.

Georgy Ostapkovich

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia). E-mail: gostapkovich@hse.ru.

Dmitry Chusovlyanov

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia). E-mail: Dchusovlyanov@hse.ru.

The authors systematize the most well-known concepts and definitions of potential output and gaps according to the various economic schools approaches. The article also provides a typology of basic econometric methods for estimating potential level and output gap in the national gross product dynamics.

The authors give a brief description of various econometric methods of statistical decomposition of the Gross Value Added dynamics for long-term potential level and short-term deviation - from simple statistical filtering to complex dynamic stochastic general equilibrium models. In particular, they describe properties of one-dimensional filters, which are based on statistical evaluation of interrelations only in the output dynamics, with decomposing long-term level by probabilistic methods without taking into account any settings of economic theory. Also, authors examine advantages and disadvantages of multi-dimensional and structural methods for estimating potential levels and output gaps, which allow considering the economic interrelations through inclusion of additional relevant variables. These include multidimensional Hodrick-Prescott filter, multivariate models with unobserved components, structural vector autoregression models, and stochastic dynamic general equilibrium model.

The analysis of decomposition methods and numerous studies devoted to this problem lead to conclusion that decomposition of time series for long-term and cyclical components is not a trivial task, which may have a unique solution. Many of decomposition methods are sensitive to input data, including presence of additional parameters in the model, therefore more complex algorithms may show poorer results than algorithms based on statistical analysis, without taking into account an economic nature of investigated series.

The results of the research substantiated the assumption that finding the best decomposition method in various countries is possible only through empirical studies.

Keywords: business tendencies monitoring, business cycles, potential output, output gap.

JEL: E32, C81, C82.

References

1. **Brunner K., Meltzer A.H.** Stabilization policies and labor markets. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1988, vol. 28, pp. 1-8.
2. **Romer D.** *Advanced macroeconomics*. The McGraw-Hill Companies, Inc. 1996.
3. **Razin A.** *Aggregate supply and potential output*. NBER Working Paper No. 10294, 2004. Available at: <http://www.nber.org/papers/w10294.pdf>.

4. Hauptmeier S., Heipertz M. and Schuknecht L. *Expenditure reform in industrialised countries: a case study approach*. ECB Working Paper No. 634, 2006.
5. Beveridge S., Nelson Ch.R. A new approach to the decomposition of economic time series into permanent and transitory components with particular attention to measurement of the business cycle. *Journal of Monetary Economics*, 1981, no. 7, pp. 151-174. Available at: http://www.uh.edu/~cmurray/courses/econ_7395/Beveridge%20Nelson.pdf.
6. Baxter M., R.G. King. Measuring business cycles: approximate band-pass filters for economic time series. *Review of Economic and Statistics*, 1999, vol. 81, no. 4, pp. 575-593.
7. Christiano L.J., Fitzgerald T.J. *The band pass filter*. NBER Working Paper No. 7257, 1999.
8. Hodrick R., Prescott E., Postwar U.S. Business cycles: an empirical investigation. *Journal of money, credit and banking*, 1997, vol. 29, no. 1, pp. 1-16.
9. Cotis J.P., Elmeskov J., Mourougane A. Estimates of potential output: Benefits and pitfalls from a policy perspective, in: Reichlin L. (Ed.). *The Euro area business cycle: stylized facts and measurement issues*. London, 2004, pp. 35-60.
10. Vetlov I., Hledic T., Jonsson M., Kucsera H., Pisani M. *Potential output in DSGE models*. ECB Working Paper No. 1351, 2011.
11. Blanchard O.J., Quah D. The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. *The American Economic Review*, 1989, vol. 79, no. 4, pp. 655-673. Available at: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1827924.pdf>.
12. Nilsson R., Gyomai G. *Cycle extraction: a comparison of the PAT method, the Hodrick-Prescott and Christiano-Fitzgerald filters*. OECD, 2011. Available at: <http://www.oecd.org/std/leading-indicators/41520591.pdf>.
13. Kitrar L.A., Ostapkovich G.V. Osobennosti i napravleniya ispol'zovaniya indikatornogo podkhoda v tsiklicheskom monitoringe ekonomicheskoy dinamiki [Special features and implementation directions of the indicator approach in cyclic monitoring of economic dynamics]. *Voprosy statistiki*, 2013, no. 8, pp. 42-50. (In Russ.).
14. Kitrar L.A., Ostapkovich G.V. Integrirovanny podkhod k postroyeniyu kompozitnykh indikatorov so vstroyennym algoritmom otsenki tsiklichnosti v dinamike rezul'tatov kon'yunktturnogo monitoringa [Integrated approach to the construction of compositional indicators with built-in algorithm for cycle evaluation in time series of the market monitoring results]. *Voprosy statistiki*, 2013, no. 12, pp. 23-34. (In Russ.).
15. Maravall A., del Rho A. Temporal aggregation, systematic sampling, and the Hodrick-Prescott filter. *Computational Statistics & Data Analysis*, 2007, vol. 52, no. 2, pp. 975-998.
16. Kalman R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems. *Transactions of the ASME - Journal of Basic Engineering*, 1960, vol. 82 (series D), pp. 35-45. Available at: www.cs.unc.edu/~welch/kalman/media/pdf/Kalman1960.pdf.
17. Zhang X., Conn L. *Estimating the cyclical component from annual time series*. ABS Research Paper No. 1352.0.55.085. Australian Bureau of Statistics, Canberra, 2007.
18. Dias M.-H.A., Dias J., Evans Ch.L. *Estimation of the cyclical component of economic time series*. National Council for Scientific and Technological Development (CNPq), Brazil and Research Department of the Federal Reserve Bank of Chicago, USA, 2004.
19. Chagny O., Döpke J. *Measures of the output gap in the Euro-Zone: an empirical assessment of selected methods*. Kiel Working Paper No. 1053, 2001.
20. McMorro K., Roeger W. *Potential output: measurement methods, «new» economy influences and scenarios for 2001-2010 - a comparison of the EU15 and the US*. European Commission Economic Papers No. 150, 2001.
21. Canova F. Detrending and business cycles facts. *Journal of Monetary Economics*, 1998, vol. 41, iss. 3, pp. 475-512.
22. Kuttner K.N. Estimating potential output as a latent variable. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1994, vol. 12, iss. 3, pp. 361-368.
23. Kichian M. *Measuring potential output with a state space framework*. Bank of Canada Working Paper 99-9, 1999.
24. Rünstler G. *The information content of real-time output gap estimates: an application to the Euro area*. ECB Working Paper No. 182, 2002.
25. De Brouwer G. *Estimating output gaps*. Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper 9809, 1998. Available at: <http://www.rba.gov.au/publications/rdp/1998/9809.html>.