

## **Аналитика центральных банков: обзор эконометрических моделей**

Опубликовано “Финансы и кредит” 11, 2000, с.119-124.

Для проведения эффективной денежно-кредитной политики любому центральному банку приходится анализировать большие объемы информации, как по реальному, так и по финансовому сектору экономики. Данные собираются из различных источников; в некоторых случаях, центральный банк использует статистику, скомпонованную другими агентствами, например, ЦБ РФ прибегает к помощи Российского Статистического Агентства; в других случаях, он сам выступает первичным источником информации, в частности, по коммерческим банкам. Экономисты центрального банка анализируют полученную информацию и стремятся определить, что в настоящее время происходит в экономике. В связи с тем, что денежно-кредитная политика оказывает влияние на экономику только через какой-то временной промежуток (лаг), центральному банку необходимо немного заглядывать в будущее и составлять прогнозы развития ситуации. Регулирующему органу также может понадобиться просчитать несколько альтернативных вариантов денежно-кредитной политики с тем, чтобы определить, какой из них является наиболее эффективным. Для того, чтобы проделать всю эту аналитическую работу, центральные банки нуждаются в экономических моделях и эконометрических технологиях, позволяющих найти структуру и параметры используемых моделей. Разработка моделей, в первую очередь, необходима для изучения текущей ситуации, прогнозирования и выработки решений. Эту необходимость можно обозначить как «внутреннюю». «Внешняя» же причина использования моделей связана с транспарентностью. Обнародование моделей позволяет точно донести до рынка причины принятия тех или иных решений денежными властями.

Центральные банки ведущих западных стран начали применять макроэкономические модели с конца 1960-х гг. В то время суперкомпьютеры стали достаточно мощными, чтобы обрабатывать модели, состоящие из нескольких сот уравнений. С тех пор информационные технологии, а с ними и эконометрические методы значительно улучшились, что позволяет сейчас моделировать экономические процессы на персональном компьютере. Однако многие центральные банки преуменьшают роль макроэкономических моделей. Они полагают, что польза от масштабного моделирования слишком мала, и следует использовать либо меньшие модели различных типов, либо проводить анализ без количественных методов. Для того чтобы акцентировать внимание на ключевых проблемах экономики и избежать чрезмерной детализации, большинство центральных банков предпочитает эксплуатировать небольшие эконометрические модели, которые служат главным рабочим инструментом среднесрочного прогнозирования. Вместе с тем центральные банки все чаще опираются не на одну, как раньше, а на несколько типов моделей. Например, модель с большой детализацией может дать высокоточный краткосрочный прогноз инфляции, а более простая модель полезнее в анализе долгосрочной связи между инструментами и целями денежно-кредитной политики, такими как экономический рост и инфляция. Частично это отражает наличие множества задач, для решения которых используются модели. Например, помимо анализа альтернативных вариантов денежно-кредитной политики модели могут служить также для анализа процесса формирования инфляционных ожиданий.

### **Подходы к моделированию**

Эконометрика базируется на **стохастической теории** (теории вероятностей) и может использоваться в двух направлениях. Во-первых, ее применяют для тестирования достоверности экономических теорий. Во-вторых, для обнаружения экономических взаимосвязей, не предсказанных теорией и не имеющих (пока) разумного обоснования. Последнее направление носит название «**атеоретическое моделирование**» (atheoretic modelling). Из-за того, что экономика в отличие от естественных наук не предполагает проведения экспериментальной проверки, центральные банки часто прибегают к атеоретическому подходу, т.е. разрабатывают модели без необходимой теоретической основы. Многие эксперты полагают, что моделировать процесс следует даже тогда, когда отсутствует удовлетворительная экономическая теория. При условии, что используемые данные поступили из надежного источника, аналитики центральных банков нередко считают лучшим использовать эконометрическую технику для обнаружения и подтверждения связи между экономическими переменными, нежели просто полагаться на "визуальный контроль" диаграмм и убеждаться в существовании предсказанной теорией связи.

На прикладном уровне модели могут помочь центральному банку проделать в макроэкономической области следующий анализ.

- Определить процесс, происходящий в экономике, его количественные параметры, а также механизм влияния на него денежно-кредитной политики.
- Мониторинг текущей экономической ситуации и создание краткосрочных прогнозов.
- Составление прогнозов на длительный срок при альтернативных вариантах денежно-кредитной политики.

В первую очередь эксперты должны провести тестирование гипотез, касающихся того или иного поведения экономики. Например, центральный банк может захотеть изучить и измерить эффекты, которые оказывают изменения процентной ставки на сбережения и инвестиции или влияние колебаний валютного курса на экспорт и импорт. Исследования взаимосвязей выделяются в отдельные научно-исследовательские проекты, которые затем объединяются. Результаты отдельных исследований ложатся в основу модели, с помощью которой определяется процесс, происходящий в экономике и его количественные параметры.

Модели, имеющие полное теоретическое обоснование, носят название **структурные модели** (structural models). Они представляют собой систему уравнений, в которой причинные связи между эндогенными переменными и их дефинициями выражены в явном виде. Различаются три типа структурных моделей:

- все неизвестные выражаются в виде явных функций от внешних условий и внутренних параметров объекта;
- неизвестные определяются совместно из системы известных соотношений (уравнений, неравенств);
- неизвестные находятся из системы соотношений, известных лишь в общей форме (т.е. параметризация не завершена).

Таким образом, структурные модели состоят из уравнений, характеризующих основные взаимосвязи, определяющие экономическое поведение агентов. Например, личное потребление может зависеть от личного дохода и процентной ставки, поэтому ожидается, что индивидуумы будут реагировать на изменение этих переменных. Данные за прошлые периоды помогут оценить коэффициенты при ключевых переменных. Структурные модели обычно используются центральными банками для прогнозирования совокупного макроэкономического спроса. Модели определяют ВВП как сумму основных компонентов расходов: частное потребление, инвестиции, государственные расходы и торговый баланс. Они включают небольшую или не детализированную функцию производства или занятости.

Классическая структурная модель, используемая центральным банком, ограничивается небольшим количеством уравнений. Например, она может включать три

уравнения, определяющих эндогенные переменные, - реального ВВП, уровня цен и процентной ставки, - которые зависят от одной экзогенной переменной, - денежного предложения. Однако сложность моделирования современной экономики приводит к неимоверному разрастанию моделей. К примеру, посмотрим на основную модель, использовавшуюся Банком Англии до 1994 г.<sup>1</sup> Она является одной из канонических эконометрических моделей созданных Лондонской Школой Экономики в начале 1970-х гг. В течение 1980-х гг., модель широко использовалась Экономическим Департаментом Банка Англии для исследования самых разных проблем. На пике своей популярности модель содержала около 600 переменных. В начале 1990-х гг. количество переменных сократили до 350. Из них около сотни были внешними (мировой ВВП, цены и процентная ставка), а оставшиеся 250 переменных - внутренними. Только 170 переменных определялись в пределах модели, остальные 80 являлись статистическими тождествами. В настоящее время модель уменьшена до минимальных размеров: 22 поведенческих уравнения и 130 переменных.

Противоположное атеоретическое моделирование не пытается объяснить все, исходя из экономического поведения агентов. В атеоретическом подходе используется **приведенная форма модели** (reduced-form of model). В ней каждая из текущих эндогенных переменных непосредственно выражена как функция предопределенных переменных. Иными словами, каждое уравнение представляет собой решение системы уравнений модели, заданной в структурной форме, относительно каждой текущей эндогенной переменной. Число уравнений модели равно числу текущих эндогенных переменных. Структурная форма модели преобразуется в приведенную путем последовательных подстановок, и все параметры последней представляют собой некоторые функции первоначальных коэффициентов. Например, если структурная модель включает уравнения, объясняющие спрос на деньги и их предложение, то, приведенная форма модели содержит только одно уравнение, показывающее, как переменная денег связана с другими показателями, например, ценами. Структура модели неизвестна, но зато известно поведение объекта, т.е. реакция на воздействие известных факторов (реакция цен на увеличение денежной массы). Такие уравнения часто называют «черными ящиками». Переменная денег является входным параметром «черного ящика», а переменная цен – выходным. Для оценки неизвестной взаимосвязи двух переменных можно использовать различные тесты (например, Granger causality test), которые позволяют обнаружить причинные связи: предшествуют ли статистические изменения денежного предложения колебанию цен или, наоборот, флуктуации цен определяют предложение денег.

### **Комплексное моделирование: пример инфляционного таргетирования**

В качестве примера использования моделей, мы рассмотрим работу с целевыми ориентирами инфляции, которые стали особенно популярными в 1990-х гг.<sup>2</sup> Инфляционное таргетирование основывается на достаточно простой аналитической модели, включающей две компоненты. Первая компонента – это **модель**, описывающая, как **экономика функционирует**, и как **на нее влияет денежно-кредитная политика**. Вторая компонента представляет собой описание конечной цели Центрального банка, которой придается приоритетное значение, т.е. описание **целевой функции**. В модели экономики Центральный банк может влиять на ВВП, который изменяется в каком-то следующем периоде после применения одного из инструментов денежно-кредитной политики, например ставки рефинансирования. В свою очередь изменения ВВП (или отклонение фактического ВВП от своего потенциального значения) оказывают влияние на инфляцию в еще одном периоде. Таким образом, корректировка ставки рефинансирования

<sup>1</sup> Price Lionel. «The use of models in economic analysis». *Handbooks in Central Banking* №3. Centre for Central Banking Studies, Bank of England. London, May 1996.

<sup>2</sup> Детальное обсуждение инфляционного таргетирования см. Моисеев С.Р. Инфляционное таргетирование: международный опыт и российские перспективы // «Вопросы экономики» №9, 2000.

ведет к изменению совокупного спроса и производства, а с некоторым лагом - к изменению инфляции. Этот лаг носит название «контрольный горизонт» или «контрольный лаг» денежно-кредитной политики. В модели обычно контрольный горизонт задается как экзогенная переменная и не может меняться в результате действий Центрального банка. На практике контрольный лаг часто составляет один-два года. Его можно вычислить, обнаружив период времени, через который денежно-кредитная политика оказывает наибольший эффект на экономику.

Вторая составляющая аналитической модели, целевая функция Центрального банка, задействована в двух направлениях. Во-первых, Центральный банк стремится стабилизировать инфляцию около определенного заданного уровня. Во-вторых, Центральный банк может также желать стабилизировать экономический рост на отметке максимального потенциального роста. Стабилизация переменных реального сектора, таких как рост производства или занятость, не всегда входят в список целей Центрального банка. Однако на практике он пытается избежать избыточных колебаний переменных реального сектора. Инфляционное таргетирование может варьироваться от «жесткого», когда Центральный банк не волнуют проблемы реального сектора, до «гибкого», когда он проявляет о нем некоторую заботу.

Основываясь на простой аналитической модели, денежные власти придерживаются определенной манеры поведения. Процентная ставка устанавливается таким образом, чтобы ожидаемое отклонение инфляции от целевого ориентира и ожидаемое отклонение ВВП от своего потенциального значения были как можно меньше. Тем самым, в соответствии с целевой функцией минимизируются потери общества. Поскольку изменения процентной ставки влияют на инфляцию с определенным лагом, Центральный банк должен рассчитывать прогноз инфляции. Он корректирует процентную ставку так, чтобы прогнозируемая инфляция как можно ближе находилась к целевому уровню. То же самое касается и ВВП. Инфляционный прогноз рассматривается как промежуточная цель денежно-кредитной политики, поэтому нередко говорят не об инфляционном таргетировании, а об инфляционно-прогночном таргетировании (*inflation forecast targeting*).

Как видно, денежно-кредитная политика при инфляционном таргетировании может характеризоваться эмпирическим правилом, согласно которому процентная ставка, устанавливаемая Центральным банком, рассчитывается как функция от инфляции и ВВП. Подобное правило установки процентной ставки обычно называют **функцией ответной реакции** Центрального банка. Она показывает, как денежные власти реагируют на ожидаемое изменение наблюдаемых переменных. Коротко характеризуя простую аналитическую модель инфляционного таргетирования, можно заметить, что:

- Центральный банк стремится минимизировать целевую функцию, включающую переменные инфляции и ВВП;
- Целевая функция основывается на модели экономики, учитывающей контрольный горизонт денежно-кредитной политики.
- Сама денежно-кредитная политика может описываться с точки зрения функцией ответной реакции Центрального банка, которая показывает, каким образом он должен оптимально реагировать на изменение наблюдаемых переменных.

### **Классификация моделей**

Эксперты Федеральной Резервной Системы США предлагают использовать пять критериев, с помощью которых определяется практическая применимость любой модели. Модель должна соответствовать следующим требованиям<sup>3</sup>.

- (1) Обладать транспарентностью, достоверно воспроизводить экономический процесс и предусматривать свое дальнейшее усовершенствование.

---

<sup>3</sup> Zha Tao. «Evaluating the Effects of Monetary Policy with Economic Models» // *Economic Review*, Vol. 84, №4. Federal Reserve Bank of Atlanta, 1999.

- (2) Легко учитывать новую информацию для обновления прогноза без перестройки модели.
- (3) Адекватно отражать сложные динамические взаимодействия ключевых макроэкономических переменных, анализируемых при принятии решений.
- (4) Основываться на экономической теории и выдавать обоснованные рекомендации для денежных властей.
- (5) Предлагать несколько альтернативных и экономически последовательных сценариев денежно-кредитной политики.

Первые три критерия требуют от модели эффективной работы с данными. Четвертый критерий определяет ответную реакцию центрального банка на изменения во внешней среде и разделяет поведение денежных властей и экономики как двух различных объектов. Выполнение четырех критериев является лишь предварительным требованием для удовлетворения пятого критерия – разработки альтернативных вариантов денежно-кредитной политики.

Специалисты Банка Англии, признанного лидера в области аналитики центральных банков, в соответствии с описанными критериями разделяют все множество моделей на пять групп<sup>4</sup>: модели «ядра»; модели поведения, ориентированного на будущие ожидания; модели векторной авторегрессии; регрессионные модели одного уравнения и модели динамической оптимизации.

**Модель «ядра» экономической системы** ("core" economic system model). Абсолютное большинство центральных банков создает т.н. модели «ядра». Под «ядром» подразумевают такую часть системы, без которой любая выделившаяся подсистема или группа подсистем не может существовать более эффективно или полностью самостоятельно. Модели «ядра» характеризуют ключевые макроэкономические взаимосвязи «ядра» национальной экономики. Они используются для среднесрочного прогнозирования. Их структура состоит из 30-50 стохастических уравнений и 100-200 переменных. В ходе моделирования на долгосрочную перспективу ряд переменных принимается за константу. К постоянным величинам обычно относят занятость, реальный валютный курс и т.д. Затем вводится несколько механизмов, связывающих уравнения кратко- и долгосрочных периодов.

Аналитический департамент шведского Риксбанка для определения ядра инфляционного процесса использует всего четыре уравнения:

- рост цен, вызываемых экономической активностью;
- экзогенная инфляция, передающаяся через цены на экспортные и импортные товары и услуги;
- инфляционные эффекты налогово-бюджетной политики, проявляющиеся через косвенные налоги;
- прямое влияние денежно-кредитной политики и краткосрочной ставки рефинансирования на темп инфляции.

Все четыре компонента инфляции учитываются в уравнении прогнозного экономического роста. Таким образом, из небольшого числа уравнений было получено миниатюрное «ядро» экономической системы. В разрезе международного сравнения модели «ядра» отличаются между собой степенью значимости ожиданий агентов, которые определяют поведение нефинансовых переменных, таких как уровень расходов.

Модели «ядра» нередко не выдают точного прогноза, особенно если речь идет о краткосрочном периоде. Однако когда горизонт прогнозирования удлиняется, трудно найти лучшую замену моделям «ядра». При принятии решений эффективность использования модели «ядра» зависит, главным образом, от характеристик анализируемых сценариев денежно-кредитной политики. Для исследования каких-то специфических вопросов модели «ядра» следует специально преобразовывать. Одним из

---

<sup>4</sup> Robertson John C. «Central Bank Forecasting: An International Comparison» // Economic Review, Vol. 85, №2. Federal Reserve Bank of Atlanta, 2000.

типичных преобразований является статическое решение, используемое для нахождения долгосрочных последствий от принятия решений. Противоположное изменение – включение не входящих в исходную модель переменных, что позволяет прогнозировать в среднесрочной перспективе.

**Модель экономического поведения, ориентированного на будущие ожидания** (Forward-Looking Model). Такие модели часто называют «модели центральных банков». В анализе ключевое место занимает некая переменная, характеризующая ожидания экономических агентов касательно дальнейшего изменения ситуации. Чаще всего центральной переменной выступает ожидаемая будущая инфляция (или ВВП). Исходя из ожидаемого значения будущей инфляции центральный банк в данный момент времени стремится минимизировать ожидаемые потери общества. Таким образом, поведение, как денежных властей, так и частного сектора определяется прогнозом ключевой переменной. Модели содержат IS-кривую, соединяющую рост ВВП с такими переменными как процентная ставка, ожидаемая инфляция, предыдущий и ожидаемый рост производства. В них входит также кривая Филлипса, связывающая текущую инфляцию с прошлой и ожидаемой инфляцией, кроме того, учитываются отклонения ВВП от своего потенциального уровня. Простейшая модель с ориентацией на будущие ожидания состоит из двух уравнений. В первом уравнении текущая инфляция зависит от прошлой и ожидаемой инфляции, текущего ВВП и случайного шока, влияющего на цены. Во втором уравнении текущий ВВП определяется переменными прошлого и ожидаемого ВВП, ожидаемой инфляции, текущей номинальной процентной ставки и случайного шока, сказывающемся на производстве.

Модель с ориентацией на будущее предусматривает определенный механизм, подсказывающий решения для денежно-кредитной политики. Если центральный банк использует таргетирование денежных агрегатов, то в систему уравнений должна входить функция спроса на деньги. Однако в большинстве случаев разработчики ограничиваются простым правилом установления процентной ставки, таким как «Правило Тейлора». Описываемая модель отличается от модели «ядра» степенью агрегации. В модели с ориентацией на будущее она гораздо выше, модель часто перегружают уравнениями. На практическом уровне модели с перспективными ожиданиями больше подходят для имитации действий денежных властей, а не для прогнозирования. Их удобно применять для анализа альтернативных вариантов денежно-кредитной политики, поэтому они обычно дополняют модели «ядра» и обеспечивают их перекрестный контроль. В то же время из-за высокой степени агрегации и упрощенной динамической структуры, они не могут участвовать в краткосрочном прогнозировании или объяснении колебаний делового цикла.

**Модель Векторной Авторегрессии** (Vector Autoregression, VAR). VAR-модели широко используются приверженцами атеоретического подхода. Первоначально модель использовалась для изучения таких специфических вопросов как роль различных денежных агрегатов в прогнозировании инфляции и экономического роста. Она представляет собой систему уравнений, в которой значение каждой последующей переменной определяется предыдущими значениями не только этой, но и других переменных. Фактически модель описывает математическое ожидание будущего значения переменной как линейную функцию от текущих и прошлых значений ряда переменных. Например, VAR-модель может содержать три переменные: инфляция, производство и денежная масса. В такой модели текущая инфляция зависит от предыдущих значений переменных инфляции, производства и денежной массы; текущее производство и денежная масса определяется теми же самыми переменными прошлого.

В отличие от структурных моделей, VAR-модель не навязывает никаких ограничений, обычно накладываемые экономической теорией в части жесткой зависимости одних переменных от других. В связи с тем, что VAR-модели опираются исключительно на наблюдения прошлого и не учитывают будущие ожидания, их

применяют в краткосрочном прогнозировании. Их также можно использовать для обнаружения статистически значимых макроэкономических индикаторов. Но в отличие от структурных моделей, VAR-модели не объясняют, почему тот или иной показатель является важным с экономической точки зрения.

**Регрессионная модель одного уравнения и модель динамической оптимизации** (Single-Equation Regression Model and Dynamic Optimizing Model). Типичным примером такой модели для открытой экономики является модель Филипса, учитывающая связи между валютным курсом и условиями внешней торговли (или ценами на ключевые товары). По сравнению с другими моделями, регрессионная модель одного уравнения обладает прикладными преимуществами. Во-первых, она имеет простую и понятную структуру. Во-вторых, ее легко использовать в прогнозных расчетах. Нередко регрессионные модели применяют для перекрестного контроля модели «ядра».

Динамические модели – это модели, которые в противоположность статическим моделям (характеризующим состояние системы в определенный момент времени) описывают экономику в развитии. Модель является динамической, если как минимум одна ее переменная относится к периоду времени, отличному от времени, к которому отнесены другие переменные. Иными словами, динамическая модель содержит лагированные эндогенные переменные. Существует два принципиальных подхода к построению таких моделей. Первый подход заключается в исследовании равновесия экономической системы. второй подход – оптимизационный. Он состоит в выборе из числа возможных траекторий экономического развития оптимальной. Центральным банкам часто бывает необходимо выяснить экономические последствия структурных изменений или нетипичного шока. Для этого рассматриваются потенциальные траектории дальнейшего развития системы, из которых выбирается оптимальное.

Главная проблема с регрессионными моделями кроется в коэффициентах при переменных. Коэффициенты выражены через функции, определяемые предпочтениями, технологиями и государственной политикой. На практике далеко не просто предсказывать эффекты, оказываемые этими детерминантами на коэффициенты моделями. По сравнению с моделями регрессии модель динамической оптимизации имеет более прочную структурную основу, по этой причине ее широко используют в академических исследованиях. Ее подвиды варьируются от динамических стохастических моделей общего равновесия до моделей ценообразования на активы. Динамические модели редко применяются в прогнозировании, однако они могут участвовать в составлении прогноза как его компонента.

Подводя итоги, можно выделить четыре группы инструментов, используемых в аналитике центральных банков:

- модели или методы краткосрочного прогнозирования (на текущий квартал или один-два квартала вперед);
- относительно небольшие модели «ядра», служащие для наблюдения за ключевыми макроэкономическими показателями;
- методы дезагрегации сводных прогнозов модели «ядра» и преобразования их в специализированные прогнозы;
- группа вспомогательных моделей, обеспечивающих интерпретацию результатов основных моделей, или предназначенных для изучения специфических проблем, таких как нетипичные шоки.