



Моделирование и прогнозирование российской экономики

Алексей Девятов

Российская Экономическая Школа

15 мая, 2006

Abstract

Целью настоящего проекта является построение полномасштабной модели российской экономики. Основное предназначение модели состоит в анализе различных сценариев проведения экономических реформ, краткосрочного и среднесрочного воздействия внешних факторов, а также прогнозировании тенденций развития российской экономики на краткосрочную и среднесрочную перспективу. Подобного рода модели были построены в разное время для разных стран, включая Россию. Тем не менее, существующие на данное время модели российской экономики не дают полного и адекватного представления о развитии российской экономики в силу различного рода функциональной ограниченности. Настоящая модель призвана устранить недостатки прошлых моделей и стать первой моделью российской экономики, соответствующей современным мировым стандартам макроэкономического моделирования.

1 Введение: структурное и неструктурное моделирование

История макроэкономического моделирования насчитывает более пятидесяти лет. За это время произошло чёткое разделение моделей на два класса, развитие которых происходило параллельно друг другу. К первому классу относятся структурные макроэкономические модели. Их особенность заключается в жесткой привязке к макроэкономической теории. Эти модели воспроизводят структуру экономики, включая описание предпочтений экономических агентов, технологии, рынки и структурные связи между отдельными блоками каждой конкретной модели. Поскольку очень часто эти связи проблематично оценить при помощи статистических методов, большинство структурных моделей калибруются, т.е. параметры модели подбираются так, чтобы модель наиболее точно воспроизводила динамику различных макроэкономических показателей и реакцию экономики на внешние шоки. К часто применяемым критериям калибровки относятся генерируемые моделью моменты ряда ключевых индикаторов, такие как средние значения и дисперсии ВВП, потребления, инвестиций и пр., а также функции импульсной отдачи ключевых переменных. Модель считается хорошей, если она генерирует значения критериев близкие к эмпирическим. Оценка отдельных структурных параметров может проводиться эконометрически, хотя как правило, значения структурных параметров подбираются исходя из теоретических представлений, результатов независимых исследований и других соображений.

Во втором классе моделей, которые принято называть неструктурными, превалирует использование статистических методов. Суть метода заключается в поиске статистических закономерностей, объясняющих поведение переменных модели. Взаимосвязи между параметрами устанавливаются исходя из того, какие факторы оказываются наиболее информативными при предсказании поведения экономических показателей. При этом, исследователи не слишком углубляются в теорию, объясняющую найденные зависимости (хотя теоретические предпосылки всегда играют определенную роль в выборе спецификации оцениваемых уравнений).

Оба этих подхода широко используются на практике: у каждого есть свои преимущества и недостатки. Неструктурные модели демонстрируют хорошие результаты при прогнозировании, особенно краткосрочном. Они всегда широко применялись, и постоянно совершенствовались за счёт развития статистических методов и роста мощности вычислительной техники. Структурные модели позволяют лучше оценивать долгосрочные перспективы развития экономики и приспособлены для оценки результатов различных вариантов экономической политики. Взлёты и падения структурного моделирования связаны с успехами и провалами экономической теории, лежащей в его основе. Наблюдаемый в последние годы всплеск интереса к структурному моделированию связан в первую очередь с развитием теорий, в основе которых лежит понятие динамического общего равновесия.

2 История макроэкономического моделирования

Многие ситуации требуют составления прогнозов при условии проведения той или иной политики, например для сравнения различных вариантов налоговой, пенсионной

и других реформ. Первые макроэкономические модели, позволяющие анализировать результаты подобных реформ, возникли в пятидесятых годах двадцатого века и были основаны на популярной тогда Кейнсианской теории. Эти модели были выдержаны в духе стандартных IS–LM моделей, которые сегодня преподаются студентам начальных курсов для иллюстрации основных взаимосвязей между макроэкономическими показателями. В частности, эти модели предполагали наличие устойчивых Кейнсианских соотношений, таких как функция потребления, функция инвестиций, функция спроса на деньги и др. (см., например, (14), (16)).

Построенные модели были первыми моделями, которые позволяли хотя бы в первом приближении анализировать задачи макроэкономического прогнозирования. Кроме того, в рамках консенсусного взгляда 1960-х (фискалисты против монетаристов) появилось представление о долгосрочной кривой Филипса — соотношении связывающем инфляцию и ВВП. Кривая Филипса дополнила собой системы уравнений IS–LM. В 1960-е годы системы эконометрических уравнений активно использовались для прогнозирования и анализа последствий проведения монетарной и фискальной политики.

В конце 1960-х – начале 1970-х, Кейнсианская теория, стоявшая в основе IS–LM моделей пришла в упадок. Прежде всего, это было связано с развившимся пониманием важности роли ожиданий агентов для макроэкономической динамики в результате так называемой «революции рациональных ожиданий». Революция ожиданий во многом была спровоцирована наблюдавшимся в США в начале 1970-х одновременным ростом безработицы и инфляции, поставившим крест на существовании долгосрочной кривой Филипса.

Главным стержнем новой теории стал постулат о рациональности экономических агентов. В теоретических работах агенты стали осведомлены о характере взаимосвязей в экономике, о характере неопределенности и о проводимой экономической политике. Кульминацией этого подхода стала так называемая критика Лукаса — постулат о невозможности использования оцениваемых эконометрических моделей для целей экономической политики. Эконометрические оценки параметров модели, полученные на основании статистических данных прошлых лет зависят от проводившейся тогда политики. Соответственно, в силу рациональности агентов, изменение политики приведет к изменению коэффициентов уже оцененных уравнений и результат попытки использования старых оценок для анализа новой политики будет, по крайней мере, сомнителен.

В частности, критика Лукаса приводит к выводу о том, что прогнозы, сделанные на основании эконометрических моделей, могут быть верны только в условиях постоянства проводимой экономической политики. Предположение о постоянстве экономической политики работает, как правило, только в краткосрочной перспективе. Для построения среднесрочных и долгосрочных прогнозов необходимо применение других (отличных от эконометрических) методов. Одним из таких методов явилось построение структурных моделей — моделей, обладающих иммунитетом по отношению к критике Лукаса.

Тем не менее, неструктурные методы довольно широко применяются и сегодня. Эти методы стали более утонченными, позволяющими в определенной мере учитывать критику Лукаса. Их главное достоинство — относительная простота исполнения и хорошее качество краткосрочных прогнозов.

2.1 Неструктурные методы

В случае применения неструктурного подхода предполагается, что экономическая (прежде всего монетарная и фискальная) политика не меняется, и изучается наиболее вероятное развитие экономики в краткосрочной перспективе. В этом случае критика Лукаса неприменима (в силу неизменности политики), и, соответственно, нет нужды в структурной модели. Суть подхода заключается в отказе от полноценного теоретического обоснования модели в пользу поиска статистических взаимосвязей, позволяющих объяснять поведение интересующих переменных.

К началу 1970-х математики разработали мощный аппарат, который позволил применение регрессионного анализа для изучения взаимосвязей между переменными, а также моделирование отдельных экономических временных рядов в виде авторегрессий и процессов скользящего среднего. В частности, в создании этой теории принимали участие Колмогоров, Вальд, Слуцкий и Кальман. Решающим шагом для развития неструктурного подхода стал выход книги Бокса и Дженкинса в 1970-м. Основным вкладом авторов явилось развитие ARMA-моделей¹, позволяющих эффективно моделировать данные и строить прогнозы. В то время как Бокс и Дженкинс использовали свой подход только для скалярных переменных, дальнейшее развитие статистических методов позволило рассматривать векторные авторегрессии, то есть одновременные авторегрессионные связи нескольких переменных. Использование векторной авторегрессии позволяет проследить взаимосвязи между всеми участвующими переменными, улучшить эффективность и устойчивость модели, а также облегчить ее оценивание.

Неструктурное моделирование постоянно совершенствовалось и всегда широко использовалось на практике. По сути, единственным ограничением данного подхода является невозможность предсказания последствий реформ или других экономических шоков, меняющих сложившееся экономическое равновесие.

2.2 Структурные методы

Развитие макроэкономической теории в 1970 – 1980-е гг. позволило вернуться к структурному подходу, но уже в сильно изменённом виде. Новый подход был связан с использованием динамических моделей общего равновесия. Основное отличие динамических моделей общего равновесия от предыдущих структурных моделей, таких как модели Кляйна, заключается в том, что они основываются на полностью определенной задаче динамической оптимизации, в то время как модели Кейнсианского типа были статическими. В динамических моделях общего равновесия связи между основными макроэкономическими переменными не постулируются (как например, в Кейнсианской теории постулируются функции потребления, инвестиций, спроса на деньги и другие взаимосвязи), а описываются как результат решения оптимизационных задач рациональных экономических агентов. Поскольку агенты являются рациональными и своевременно реагируют на изменение экономической политики, критика Лукаса не является препятствием для структурного моделирования.

В структурных моделях описываются целевые функции экономических агентов (потребители максимизируют полезность потребления, фирмы максимизируют

¹ARMA — модель авторегрессии и скользящего среднего

прибыль и т.п.) и ограничения на располагаемые ресурсы (бюджетные ограничения потребителей, технологические ограничения производителей и т.п.). Соответственно, структурные модели зависят от спецификаций функций полезности потребителей, производственных функций и других теоретических концепций, не имеющих непосредственного отражения в данных. Поэтому эконометрическая оценка структурных моделей часто является невозможной (в том числе как ввиду отсутствия данных, так и из-за аргументов Лукаса). Поэтому для подбора параметров структурных моделей используется калибровка — подбор параметров, при котором модель наиболее точно воспроизводит ряд предварительно заданных критериев (моменты основных временных рядов и функции импульсной отдачи) и соответствует заложенным теоретическим предпосылкам.

Структурные модели дают худшее качество прогнозов по сравнению с неструктурными в краткосрочной перспективе. Однако, в отличие от неструктурных моделей, структурные модели позволяют прогнозировать эффекты реализации различных сценариев экономической политики и динамики внешних факторов (например, изменение цен на нефть) и т.д.

3 Задачи и методы макроэкономического моделирования

Наиболее современные макроэкономические модели предназначены для одновременного решения целого ряда задач, включающего комплексную оценку последствий различных мер экономической политики (налоговой, денежно-кредитной, таможенной), динамики внешнеэкономических факторов и построение долгосрочных и краткосрочных прогнозов широкого круга макроэкономических показателей. Для проведения комплексной оценки мер экономической политики требуются использование теоретически строго обоснованных структурных динамических моделей общего равновесия (ДМОР). Фундаментом таких моделей служит согласованное описание поведения экономических агентов с учетом механизма формирования рациональных ожиданий. Как правило, ядро модели представляет собой систему динамических уравнений Эйлера (которые и описывают оптимальное поведение агентов), ряд необходимых балансовых соотношений (условий равновесия на рынках товаров, финансовых рынках, баланса бюджетов) и ряд небалансовых соотношений между эндогенными переменными (например, соотношение между номинальными процентными ставками, реальными процентными ставками и инфляцией). Полученная динамическая система решается при помощи численных методов и ее решение и задает как траекторию развития экономики в целом, так и динамику отдельных показателей.

Тем не менее, у динамических моделей общего равновесия существуют свои недостатки, которые в первую очередь относятся к ограниченным возможностям разработки краткосрочных прогнозов. В силу того, что в ДМОР присутствуют рациональные экономические агенты, модели общего равновесия обычно не воспроизводят в достаточной мере инерцию основных макроэкономических переменных, которая в действительности им присуща. В реальности экономические агенты не являются полностью рациональными. В этой связи, хорошая способность ДМОР воспроизводить динамику макроэкономических показателей в среднесрочной и

долгосрочной перспективе свидетельствует о том, что предположение о рациональности агентов в большей мере оправдано на более длинных временных горизонтах. В конце концов, даже ограниченно рациональные агенты осознают суть экономической политики с течением времени и изменяют свое поведение в соответствии с новыми реалиями. В краткосрочной перспективе ограниченно рациональные агенты не успевают осознать наличие изменений в экономической политике и внешних шоков и продолжают действовать «по старинке». Это приводит к инерции в данных — инерции, которую ДМОП с полностью рациональными агентами просто не в состоянии уловить.

Одним из способов смягчения данного недостатка ДМОП является моделирование жесткости цен и зарплат, что является своего рода отступлением от модели полной рациональности. Подобного рода жесткость является центральным постулатом так называемой "новой Кейнсианской теории", получившей широкое распространение в 1980х после ряда фундаментальных работ (см., например Кальво, (8)). Приверженцы теории считают, что для адекватного описания краткосрочной динамики необходимо признать, что номинальные цены (и/или зарплаты) не являются полностью гибкими в краткосрочной перспективе. По сути, жесткость цен Кальво приводит к появлению некейнсианской версии кривой Филиппа, представляющей собой соотношение между инфляцией и ВВП в краткосрочной перспективе (20). Различные варианты кривой Филиппа используются практически во всех макромоделях (см., например, QPM, JEM, MULTIMOD, и др.).

В настоящее время некейнсианская теория является одной из основных теорий циклов деловой активности. Ее сильная сторона заключается в том, что теория предлагает адекватное объяснение стимулирующему влиянию денежной политики на производство (в отличие, например, от теории реальных бизнес-циклов). Ее слабая сторона состоит в том, что теория не предлагает объяснения причин жесткости цен (зарплат): жесткость цен просто постулируется, например так, как было предложено Кальво (8). Примером использования такого подхода в макроэкономическом моделировании является ядро Модели Банка Великобритании (BEQM). Тем не менее, важно отметить, что пока более приемлемой альтернативой для построения краткосрочных прогнозов является использование неструктурных методов.

Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к современным моделям, является их способность наиболее точно воспроизводить историческую динамику макроэкономических показателей. Для построения краткосрочных прогнозов широко применяются эконометрические модели векторной авторегрессии (VAR) и векторные модели коррекции ошибки (ВМКО). Модели векторной авторегрессии используются для изучения динамического взаимодействия между экономическими показателями на основе статистического анализа временных рядов. Все переменные, входящие в VAR, являются эндогенными (хотя возможно добавление и экзогенных переменных). В общем случае каждая переменная динамически зависит от всех остальных переменных системы.

ВМКО представляет собой модель сходную с VAR, но в ВМКО явным образом учитываются стохастические свойства временных рядов, используемых в модели. ВМКО зачастую оказывается более приемлемой моделью поскольку динамика большинства макроэкономических показателей описывается нестационарными временными рядами. В этом случае для получения статистически обоснованных зависимостей между переменными модели проверяется и используется предположение

о наличии коинтеграционных соотношений между переменными (12). Использование коинтеграционных соотношений позволяет оценить как краткосрочные, так и долгосрочные зависимости между макроэкономическими переменными. В целом, VAR используется в моделях без коинтеграционных связей между переменными, в то время как ВМКО используется в моделях в коинтегрированными временными рядами.

В идеале, современные макроэкономические модели должны быть динамическими моделями общего равновесия, но при этом должны содержать блок краткосрочной динамики опирающийся на VAR-ВМКО методологию. В этой связи стоит отметить, что векторная авторегрессия зачастую трактуется как линеаризованная (вокруг долгосрочного динамического равновесия) модель ДМОР. Таким образом, одним из способов построения блока краткосрочной динамики является линеаризация уравнений Эйлера и других балансовых соотношений модели ДМОР. Такой подход построения VAR является интегрированным, поскольку основой для построения модели краткосрочной динамики служит основная структурная модель. Тем не менее, линеаризация больших систем сопряжена с вычислительными трудностями и зачастую не дает существенного увеличения качества прогнозов. Поэтому возможно грамотное использование неинтегрированных моделей VAR с тем, чтобы упростить динамику, «поймав» только наиболее важные взаимосвязи.

Также необходимо отметить, что использование VAR предполагает наличие достаточно длинных рядов статистических данных. В том, что касается моделирования российской экономики, то целесообразным является использование данных начиная с 2000 года вследствие наличия очевидного структурного сдвига, последовавшего за кризисом 1998 года. Таким образом, присутствует проблема нехватки данных и оценки VAR, полученные на основании недостаточно длинных рядов, могут оказаться смещенными. В этой связи, полученные прогнозы необходимо сравнивать с результатами использования ДМОР с жесткими ценами и/или зарплатами (как было описано выше).

Таким образом, наиболее перспективным направлением макро моделирования являются модели, комбинирующие структурный и неструктурный подходы, что позволяет использовать их и для комплексной оценки различных мер экономической политики, и для получения прогнозов на различных временных горизонтах. В рамках такого подхода краткосрочная динамика макроэкономических показателей описывается моделью VAR-ВМКО, которая в свою очередь сходится к среднесрочной динамике, определяемой динамической моделью общего равновесия. Примерами подобных моделей являются Модель Японии (JEM), Модель Национального института экономических и социальных исследований (NiGEM), Модель Банка Великобритании (BEQM) и многие другие.

4 What's to be done: макроэкономическая модель российской экономики

Задачи построения макроэкономических моделей разных стран схожи между собой. Для их решения часто используются похожие методы, активно перенимается опыт соседних стран. Мы остановили свой выбор на одной из наиболее современных макроэкономических моделей, которая избавлена от многих недостатков, свойственных

моделям предшествующих поколений. Модели, схожие с предложенной нами, были построены в Канаде (3), Новой Зеландии (4), Японии (10) и ряде других стран. Они построены по единому принципу, но несколько отличаются друг от друга в своей реализации с учетом специфических особенностей экономик каждой конкретной страны.

Ядро модели составляет модель общего динамического равновесия. В этой части моделируются все основные структурные взаимосвязи, определяющие долгосрочную динамику и равновесное состояние экономики, определяются значения экзогенных переменных, воздействующие на равновесие. На основе этой модели строятся долгосрочные прогнозы и моделируется экономическая политика, оказывающая влияние на структуру и поведение экономики. Для краткосрочного прогнозирования и анализа шоков, не оказывающих влияния в долгосрочной перспективе, используется модель краткосрочной экономической динамики. Эта модель описывает как текущие параметры экономики сходятся к своим долгосрочным значениям и определяет скорость их сходимости к равновесным значениям. Таким образом, при анализе экономической политики (например, снижения налогов) анализируются не только последствия для всей экономики в долгосрочной перспективе, но и динамика экономических показателей (роста производства, доходов бюджета и т.д.) в течение всего периода перехода экономики в новое равновесие.

Модель общего динамического равновесия содержит следующие основные блоки:

- Блок доходов, расходов и сбережений населения
- Блок производства
- Блок расчета ВВП и дефляторов
- Бюджетный блок
- Валютный рынок и денежная политика
- Банковская система
- Блок краткосрочной динамики

В первом блоке описывается поведение населения как совокупности экономических агентов. Задача отдельного потребителя заключается в максимизации ожидаемой полезности при наличии бюджетных ограничений. Полезность зависит от потребления отечественных и импортных товаров и услуг, а также времени, которое потребитель может потратить на досуг. Доходы каждого потребителя формируются за счёт трудовых доходов, трансфертов от государства и доходов, полученных на финансовых рынках (кредиты, сбережения). Модель предполагает использование теории эндогенного роста и основывается на моделях, предложенных (22) и (17). В таком варианте модели потребители обладают человеческим капиталом, часть которого они напрямую предлагают на рынке труда, в то время как другая часть направляется ими на воспроизводство и накопление самого человеческого капитала. Технология накопления человеческого капитала предполагается линейной. Параметр, определяющий отдачу от вложений в человеческий капитал, характеризует качество образовательной системы страны, здравоохранения, культуры.

В блоке производства рассчитывается выпуск в отдельных отраслях экономики. Мы предполагаем, что фирмы максимизируют прибыль при заданных ценах на факторы производства. В экономике присутствует континуум фирм, производящих различные товары, являющиеся несовершенными заменителями друг друга. Для моделирования взаимодействия фирм используется модель монополистической конкуренции. Учитывая важность отраслевой структуры для моделирования российской экономики, мы выделяем в отдельные отрасли сектор платных услуг, нефтяной сектор, сектор сырьевых ресурсов (исключая нефть) и сектор экспортных товаров (исключая сырье). Потенциально, возможно более мелкое деление экономики на отрасли, включая добывающую, обрабатывающую промышленности, сельское хозяйство и др. Каждый из секторов характеризуется своей производственной функцией. Производственная функция в каждой отрасли является функцией Кобба-Дугласа, но при этом различие между отраслями состоит в разных уровнях технологий и в разных пропорциях труда и капитала, используемых в производстве. Эти параметры подбираются (калибруются) на основе исторических статистических данных о производстве в вышеуказанных отраслях.

Наша модель предполагает расчет номинального и реального ВВП, а также ряда дефляторов, таких как дефлятор ВВП, индекс потребительских цен, индекс цен производителей и др. Для подсчета ВВП мы применяем метод издержек. В соответствии с этим подходом ВВП состоит из расходов на потребление, инвестиций (включая государственные инвестиции), государственных расходов (включая трансферты населению и организациям) и баланса внешнеторговых операций (экспорт минус импорт товаров и услуг). Все компоненты ВВП рассчитываются в других блоках модели. Так, расходы на потребление рассчитываются в блоке доходов, расходов и сбережений населения; инвестиции рассчитываются в блоке производства; государственные расходы (включая инвестиции) являются инструментом экономической политики государства. В том, что касается баланса внешнеторговых операций, то импорт товаров и услуг рассчитывается в блоке доходов, расходов и сбережений населения (население потребляет как отечественные, так и импортные товары), а экспорт товаров рассчитывается в блоке производства (часть произведенных товаров экспортируется).

Современные макроэкономические модели в своей массе опираются на достаточно простой способ моделирования государства: политика государства экзогенна и ориентирована на достижение определённых целевых показателей. Инструментами, позволяющими достичь желаемого уровня, выступают налоговые ставки, уровень бюджетных расходов и др. Косвенными рычагами, способствующими достижению поставленной цели, являются внешнеторговая и монетарная политика. Блок доходов бюджета включает в себя основные виды налоговых доходов, к которым относятся налоги на корпоративный сектор, потребителей, внешнюю торговлю. Расходы бюджета представляют собой простое потребление. Балансовое уравнение описывает источники финансирования дефицита бюджета, в роли которых могут выступать внутренние и внешние заимствования, денежная эмиссия. При моделировании российской экономики мы предлагаем наличие Стабилизационного и Инвестиционного фондов, которых нет в моделях других стран. Максимально подробное моделирование бюджетного блока происходит в рамках краткосрочной модели, в то время как в долгосрочной модели моделируются лишь основные, наиболее важные бюджетные показатели.

Мы предполагаем баланс спроса и предложения валюты на валютном рынке

в долгосрочной перспективе. Спрос на иностранную валюту формируется за счет спроса на импортные товары со стороны потребителей, со стороны предприятий, желающих инвестировать в иностранные активы, и со стороны государства в счет платежей по обслуживанию внешней задолженности. Предложение иностранной валюты формируется за счет доходов от экспорта, а также притока иностранного капитала и внешних заимствований. В краткосрочной и среднесрочной перспективе мы полагаем, что совокупный спрос на иностранную валюту не обязательно соответствует совокупному предложению; разница между спросом и предложением покрывается за счет накопления (уменьшения) золотовалютных резервов Центрального Банка. Преимуществом подобного рода уравнения баланса на валютном рынке является то, что оно позволяет анализировать различные стратегии валютной политики государства. В частности, мы можем рассмотреть режим, при котором ЦБ регулирует объем золотовалютных резервов, а обменный курс определяется балансом спроса и предложения на рынке, а можем рассмотреть режим таргетирования обменного курса и оценить влияние этой политики ЦБ на величину резервов и на изменение совокупного предложения денег в экономике.

Мы предполагаем наличие коммерческих банков, которые аккумулируют сбережения населения и кредитуют реальный сектор (производство), а также вкладывают средства в государственные ценные бумаги. Часть средств населения банки обязаны хранить в качестве обязательных резервов в Центральном Банке. Мы предполагаем, что банки не являются оптимизирующими агентами и что конкуренция на рынке приводит к нулевой прибыльности банковского сектора. По сути, роль банков в модели сводится к роли финансовых посредников: банки привлекают депозиты населения и выдают кредиты предприятиям и государству. Банки устанавливают различные ставки по кредитам и депозитам: за счет того, что часть средств банки резервируют в ЦБ и в силу того, что государство имеет возможность таргетирования процентной ставки по государственным ценным бумагам, в равновесии ставка по кредитам превышает ставку по депозитам. Таким образом, банковский сектор характеризуется двумя уравнениями. Первое уравнение — это балансовое уравнение, которое сводится к балансу суммы привлеченных депозитов и суммы выданных кредитов (включая покупку государственных ценных бумаг) плюс резервы. Второе уравнение — это условие нулевой прибыльности банков: выплаты процентов по депозитам равны доходам полученным по предоставленным кредитам (включая доход по государственным ценным бумагам).

Предыдущее изложение представляет собой модель среднесрочной динамики, которая сходится к долгосрочной динамике эндогенного роста. Для адекватного описания краткосрочной динамики необходимо признать наличие дополнительной инерции в динамике ряда ключевых показателей, таких как ВВП, инвестиции, инфляция и др. Подобного рода инерция может быть получена различными способами о которых мы уже говорили выше.

Одним из этих способов является непосредственное моделирование жесткости цен и зарплат в соответствии с неокейнсианской теорией. Данный подход удобен тем, что одна та же структурная модель может быть использована для построения динамики на всех временных горизонтах: краткосрочном (с длиной периода в 1-3 месяца на 1-2 года вперед), среднесрочном (с длиной периода 6-12 месяцев на 2-5 лет вперед) и долгосрочном (с длиной периода в 1 год и на 5-10 лет вперед). Действительно, все,

что требуется для построения различных сценариев, это пропорциональное изменение параметров модели зависящих от длины периода, таких как фактор дисконтирования, мировая процентная ставка и коэффициенты функции издержек освоения (переводу за рубеж) капитала, вероятность выживания, степень ξ жесткости цен.

Наиболее интересной альтернативой моделированию жесткости цен является метод двухступенчатой оптимизации, описанный, в частности, в модели JEM. Суть метода заключается в том, что сначала просчитывается модель среднесрочной динамики с полностью гибкими ценами. После этого, предполагается, что в краткосрочной перспективе экономика может отклоняться от полученного динамического равновесия. Величина отклонения от равновесия закладывается в (как правило, квадратичную) функцию издержек экономических агентов (loss function), которые, таким образом, решают две последовательные задачи оптимизации: сначала задачу среднесрочной оптимизации при гибких ценах и затем задачу минимизации издержек, связанных с отклонением от динамического равновесия, решение которой и дает краткосрочную динамику в модели.

Третьей альтернативой является использование эконометрических моделей основанных на VAR-ВМКО методологии, которые обладают очень неплохим качеством построенных краткосрочных прогнозов. Эти модели могут быть как интегрированными, так и более компактными неинтегрированными моделями (например, сходными с моделью AWM Европейского Центрального Банка). Опять же, использование эконометрических моделей в российских условиях представляется затруднительным в силу недостаточной длины временных рядов данных.

4.1 Программные продукты

На сегодняшний момент имеется довольно большая группа солверов — программ для решения систем уравнений, которые позволяют реализовать самые разные вычислительные модели. Предлагаемая нами модель представляет типичный пример модели с большим количеством нелинейных уравнений. Для решения таких систем существуют разнообразные программные пакеты. Пакет GAMS был специально разработан для моделирования линейных, нелинейных и смешанных целочисленных задач, и представляет собой язык программирования GAMS, компилятор языка, а также множество солверов, предназначенных для решения вышеперечисленных задач. Важной особенностью данного пакета является возможность выбора солвера для решения поставленных задач. Так, выбором нужного солвера достигается компромисс между точностью нахождения решения и скоростью работы. Пакет GAMS разработан непосредственно для экономического моделирования. Программа предоставляет довольно обширную свободу действий в выборе структуры модели, выборе параметров и искомых значений, форм ограничений на параметры, численных методов максимизации и методов упорядочения. К несомненным достоинствам GAMS можно отнести специально разработанные процедуры отладки модели, которые отсутствуют в других рассмотренных нами системах.

Пакет Matlab существенно более универсален по сравнению с GAMS. Если GAMS находит результаты при помощи аппроксимаций, то Matlab способен к поиску аналитических решений, что приводит к более точным результатам. Этот пакет предоставляет возможность применения статистических и вероятностных методов,

а также решения задач максимизации (в частности, задачи потребителей и фирм в макроэкономических моделях). По сравнению с GAMS, Matlab является более гибким, но не содержит блок встроенных экономических моделей. К недостаткам пакета также следует отнести достаточно медленную работу, а также отсутствие встроенных средств по отладке модели. Тем не менее пакет Matlab является одним из наиболее часто используемых программ в макроэкономическом моделировании и решении экстремальных задач.

Список литературы

- [1] Armstrong, J., R. Black, D. Laxton, D. Rose, 1995, The Bank of Canada's new quarterly projection model, part 2, a robust method for simulating forward-looking models. Technical report 73, Bank of Canada.
- [2] Barrell, R., K. Dury, D. Holland, 2001, Macromodels and the medium term: the NIESR experience with NiGEM, presentation at 75th international conference on policy modelling for European and global issues.
- [3] Black, R., D. Laxton, D. Rose, R. Tetlow, 1994, The Bank of Canada's new quarterly projection model, part 1, The steady-state model: SSQPM, Technical report 72, Bank of Canada.
- [4] Black, R., V. Cassino, A. Drew, E. Hansen, B. Hunt, D. Rose, A. Scott, 1997, The forecasting and policy system: the core model, Research Paper 43, Reserve Bank of New Zealand.
- [5] Blanchard, O., N. Kiyotaki, 1987, Monopolistic competition and the effects of aggregate demand, *American Economic Review* 77, 647-666.
- [6] Blinder, A., 1994, On sticky prices: academic theories meet real world, in *Monetary policy*, University of Chicago Press, 117-150.
- [7] Brayton, F., P. Tinsley, 1996, A guide to FRB/US: a macroeconomic model of the United States, Finance and Economics Discussion Series 96-42, Board of Governors of the Federal Reserve.
- [8] Calvo, G., 1983, Staggered prices in a utility maximizing framework, *Journal of Monetary Economics* 12, 343-382.
- [9] Faruqee, H., P. Isard, D. Laxton, E. Prasad, B. Turtelboom, 1998, Multimod Mark III: The core dynamic and steady state model. IMF Occasional papers 164, IMF.
- [10] Fujiwara, I., N. Hara, Y. Hirose, Y. Taranishi, 2005, The Japanese economic model (JEM), *Monetary and Economic Studies*.
- [11] Diebold, F., 1997, The past, present, and future of macroeconomic forecasting, NBER working paper 6290, National Bureau of Economic Research.
- [12] Engle, R., C. Granger, 1987, Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing, *Econometrica* 55, 251-276.
- [13] Fagan, G., J. Henry, R. Mestre, 2001, An area-wide model (AWM) for the euro area, Working paper 42, European Central Bank.

- [14] Klein, L., 1946, Macroeconomics and the theory of rational behavior, *Econometrica* 14, 93-108.
- [15] Klein, L., 1946, *The Keynesian revolution*, MacMillan, New York.
- [16] Klein, L., A. Goldberger, 1955, *An econometric model of the United States: 1929-1952*, North Holland, Amsterdam.
- [17] Lucas, R., 1988, On the mechanics of economic development, *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.
- [18] Murchison, S., 2001, NAOMI: a new quarterly forecasting model, part I: proposed model selection strategy, Working paper 19, Department of Finance of Canada.
- [19] Murchison, S., 2001, NAOMI: a new quarterly forecasting model, part II: a guide to Canadian NAOMI, Working paper 25, Department of Finance of Canada.
- [20] Roberts, J., 1995, New Keynesian economics and the Phillips curve, *Journal of Money, Credit, and Banking* 32, 936-966.
- [21] Werner, R., J. Veld, 1997, QUEST II: a multicountry business cycle and growth model, Economic paper 123, European Commission.
- [22] Uzawa, H., 1965, Optimum technical change in an aggregate model of economic growth, *International Economic Review* 6, 18-31.
- [23] Бахтизин, А., 2003, Вычислимая модель «Россия: Центр — Федеральные округа», Препринт 151, ЦЭМИ РАН.
- [24] Макаров, В.Л., 1999, Вычислимая модель российской экономики, Препринт 99, ЦЭМИ РАН.
- [25] Турдыева, Н., А. Шабалин, Д. Уоллей, 2005, Региональная модель общего равновесия, Препринт, ЦЭФИР.