Проблемы согласования экономических моделей и возможные решения с позиций экономики сложности

Пильник Николай Петрович

к.э.н., доцент, с.н.с. НИУ ВШЭ

Сложность экономики

Основная трудность моделирования современной экономики и отдельных экономических процессов состоит в том, что вследствие ее эволюции **каждую следующую модель приходится фактически создавать заново**, начиная с подробного анализа изменившихся экономических отношений.

- Субъекты экономики постоянно пытаются найти или позаимствовать друг у друга новые средства достижения своих интересов – новые технологии, новые торговые связи, новые финансовые инструменты, новые способы организации.
- Непрерывно возникающие экономические отношения описываются другими параметрами, новыми соотношениями, часто требуют использования новых математических методов.

Из-за этого преодолеть несопоставимость моделей, по-видимому, невозможно на современном уровне развития науки.

В этом смысле экономика не только сложна, но и способна к **необратимому качественному развитию**.

Моделирование сложных систем (1)

Аналогичная картина наблюдается во всех областях, где мы сталкиваемся со **сложными саморазвивающимися системами**, такие как человеческое общество и его подсистемы (технология, экономика, язык).

Особенности моделирования сложных систем:

- В мире создано много разных моделей, и они не выводятся как частные случаи из общей «супермодели».
- По сути, такие модели описывают разные ракурсы сложной системы, в них используются разные наборы понятий, и за рамками модели остаются целые пласты важных явлений.
- Исследование сложных систем выводит за пределы применимости эмпирического метода, который обеспечил триумф естественных наук в последние несколько сотен лет.

В значительной степени по этой причине успехи в описании экономических процессов скромнее, чем в естественных науках.

Моделирование сложных систем (2)

Тем не менее, что с помощью моделей можно достаточно много сказать о сложной системе.

- Хорошая модель не только описывает поведение системы при сложившейся структуре отношений, но содержит **описание границ собственной применимости** и границ стабильности описываемой структуры.
- Такие модели не только могут воспроизводить эмпирические данные, но и заменяют научные, контролируемые, эксперименты со сложными системами, но нужно учитывать:

1. из разных моделей сложной системы нельзя сложить полную адекватную модель, например, такую как компьютерные имитаторы технических систем;
2. на текущем этапе мы не можем предсказать, какая структура возникнет в сложной системе, после того как предыдущая потеряет стабильность.

Описание экономики: концепция равновесия

Большая часть существующих в настоящее время экономических моделей статична или квази статична.

Динамические модели в процессе использования, как правило, подвергаются существенным упрощениям, позволяющими использовать их для решения прикладных задач.

Все это приводит к достаточно своеобразному пониманию термина «экономическое равновесие», которое, вообще говоря, требует уточнения для каждого конкретного класса моделей

Механическое равновесие	= баланс сил
Статистическое равновесие	= баланс вероятностей перехода
Игровое равновесие	= баланс интересов

Равновесие в физических моделях

- В основе теоретической механики лежит использование **принципа наименьшего действия**, выделяющего те и только те траектории, которые доставляют стационарные (чаще минимальные) значения функционалу Лагранжа. Никакого другого поведения механическая система демонстрировать не может.
- Равновесием в этом случае называется состояние механической системы, удовлетворяющее некоторым специальным требованием.
- Решение оптимизационной задачи в этом смысле не является равновесием по умолчанию: это **траектория, а не состояние**!
- Равновесием называется только частный случай решения задачи наименьшего действия, обладающее рядом специальных свойств (определяемых в том числе начальными условиями).

Основное несоответствие:

- Равновесие в одной оптимизационной задачи против равновесия между оптимизационными задачами

Равновесие в экономических моделях (1)

Основная идея динамических моделей общего равновесия:

Описание развития экономики как результата **взаимодействия** экономических агентов.

Поведение агента описывается:

- набором правил и сценариев,
- как решение некоторой задачи оптимизации или как еще говорят, принципом оптимальности.

Взаимодействие агентов: выполнение балансовых ограничений

Основные термины:

- Стационарное состояние
- Сбалансированный рост
- Динамическое равновесие

Равновесие в экономических моделях (2)

Равновесие в модели может описываться процессами **детерминированного хаоса** при достаточном количестве степеней свободы и специфическими параметрами.

В этом случае равновесная траектория оказывается сильно зависимой от начальных условий, что может быть критично при анализе линейных аналогов исходной модели.

Даже хаотические движения (в частности, генераторы псевдослучайных чисел) просты с точки зрения **критерия сложности Колмогорова** потому, что они описываются простыми формулами.

А.Н. Колмогоров назвал сложной последовательность из 0 и 1, у которой длина оптимальной кодировки начального отрезка растет так же, как длина этого отрезка.

А.Н. Колмогоров и его ученик П. Мартин-Леф доказали удивительную теорему: ни один конструктивный тест **не сможет отличить сложную по Колмогорову последовательность от случайной**.

Сложное время в экономике

Большинство результатов теоретической физики, за исключением нескольких точных теорем и нескольких масштабных численных экспериментов, получено **разложением по характерным временам**.

Основная идея такого разложения состоит в том, что можно выделить **группы процессов, протекающих с разной скоростью** и рассматривать их «при прочих равных».

В итоге поведение системы расслаивается на несколько групп условий, которые формально описывают синхронизацию на разных уровнях.

Текущая специфика: изменение характерных времен.

- Медленный труд
- Быстрый капитал

Выбор уровня модельного описания

Отдельного внимания заслуживает вопрос о том, кого именно мы описываем, когда речь идет об экономических агентах.

Поведение группы индивидов может быть гораздо более рационально, чем поведение каждого отдельного индивида этой группы

Аналог из термодинамики: описать состояние газа как совокупность положения и импульсов молекул практически невозможно, но переход к терминам температуры, объема и давления

Это приводит к следующим вопросам:

- выбор уровня агрегирования,
- выбор содержательных переменных, адекватных уровню.

Схожая проблема: **энтропия** – чисто модельная величина, которая напрямую не измеряется.

Выбор переменных для описания

- Опыт науки показывает, что количественные методы описания какой-то группы явлений окружающего мира достигают успеха тогда, когда удается найти **адекватную аддитивную характеристику**.
- Аддитивные величины: длина, угол, площадь, вероятность масса, заряд, импульс, момент импульса, все виды энергии, энтропия, массовые концентрации веществ.
- Изменение аддитивных величин описывается балансовыми уравнениями. Балансы аддитивных величин в физике называют уравнениями переноса или уравнениями реакции-диффузии.
- В экономике базовыми аддитивными величинами служат запасы материальных благ и запасы (остатки) финансовых инструментов.

Но в физике движение экстенсивных величин происходит в пространстве, а в экономике — **на множестве экономических агентов**.

Описание экономики в терминах равновесия (1)

Вариационный принцип в физике «руководит» всей системой, а в модели экономики у каждого агента свой вариационный принцип.

Применение вариационного принципа всегда приводит к гамильтоновой системе уравнений движения, и это движение происходит по поверхностям постоянства функции Гамильтона.

- Но в физике функции Гамильтона обычно имеет минимумы, соответствующие устойчивым состояниям динамического равновесия, и типичные движения сводятся к вращениям или колебаниям около этих равновесий.
- При изменении начальных условий эти движения демонстрируют в общем нейтральную устойчивость — сдвигаются в целом на величину порядка изменения начальных условий.
- В экономических моделях функция Гамильтона оказывается обычно выпукло-вогнутой, а все ее **критические точки имеют характер седла**.

Описание экономики в терминах равновесия (2)

В результате экономически осмысленные движения системы оказываются близкими к устойчивым сепаратрисам седел и **слабо зависят** от начальных условий на наблюдаемые переменные.

В динамических моделях равновесия агент планирует свои действия на будущее, и поэтому, казалось бы, оптимальные действия должны сильно зависеть от мотивов агента и его **знаний о будущем**.

Но это может быть не так: для них характерно неизвестное технике и физике **магистральное свойство** (Turnpike Theorem):

- влияние на текущее оптимальное решение будущих целевых установок и внешних воздействий экспоненциально затухает по мере удаления будущего от настоящего.

Иначе говоря, экономическая система обладает «универсально оптимальными» траекториями, дающими приемлемый результат при **разных реализациях отдаленного будущего**.

Интерпретация магистрального свойства

Можно предположить, что в каждый момент времени в экономике отбирается и действует такой комплекс механизмов, который не требует сверх детальных расчетов для разумных решений.

- В такой системе все агенты оптимально, рационально и с полным предвидением могут идти к кризису, как лемминги в реку.
- Просто в сложившееся системе экономических отношений для отдельных агентов, даже предвидящих кризис, попытка заранее застраховаться от него приводит к личному краху еще до кризиса.

Антропный принцип: Вселенная представляется наблюдателю гармоничной и «приспособленной» к нему потому, что во Вселенной с иным устройством наблюдатель не возникнет.

Описание технологического развития (1)

На текущий момент в математических моделях экономических систем наиболее типовым подходом к описанию технологического развития является добавление в модель скалярного показателя, характеризующего уровень развития технологий и эффективности производственных процессов.

- Наиболее известный пример - коэффициент A в производственной функции типа Коба-Дугласа.

Для описания изменения этого коэффициента в моделях обычно используется один из двух подходов:

- описание через не связанное с остальными переменными модели соотношение (в детерминированном случае, как правило, через экспоненту, в стохастическном - через авторегрессионную схему),
- описание в терминах наращивания специфического капитала, аккумулирующего инвестиции в технологическое развитие.

Описание технологического развития (2)

Тем не менее, для более глубокого описания технологического развития на модельном уровне кажется разумным сначала определиться со следующими вопросами:

1. Допускает ли технологический прогресс равномерность, цикличность или является принципиально стохастическим? Возможны ли гиперболические траектории и сингулярности?
2. Обладает ли технологический прогресс магистральным свойством в том смысле, что последовательность фундаментальных научных открытий единственна и универсальна для любых сообществ? Достаточна ли его характеристика в терминах скорости развития или принципиально описание через движение по технологическому графу, предполагающее вариативность в последовательности открытий? Имеет ли этот граф древовидную структуру (только однонаправленные ребра, связность, отсутствие циклов)?

Описание технологического развития (3)

3. Может ли выбор пути технологического развития определяться внешними (например, природными) факторами? Могут ли существовать взаимоисключающие этапы технологического развития? Могут ли существовать тупиковые этапы, достижение которых означает остановку технологического прогресса вплоть до их полного "забывания"?
4. Всегда ли контакт двух сообществ, каждое из которых характеризуется открытием хотя бы одной технологии или теории, неизвестной другому, приводит к продвижению обоих по технологическому дереву (или как минимум сохранению текущего положения на нем)? Что происходит при контакте двух сообществ, находящихся на несовместных этапах технологического развития?

Заключение

Основная трудность моделирования современной экономики и отдельных экономических процессов состоит в том, что вследствие ее эволюции каждую следующую модель приходится фактически создавать заново.

Модели описывают разные ракурсы сложной системы, в них используются разные наборы понятий, и за рамками модели остаются целые пласты важных явлений.

Хорошая модель не только описывает поведение системы при сложившейся структуре отношений, но содержит описание границ собственной применимости и границ стабильности описываемой структуры.

На текущем этапе мы не можем предсказать, какая структура возникнет в сложной системе, после того как предыдущая потеряет стабильность.

Спасибо за внимание!