**МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ**

Одной из основных тенденций развития современного общества является ускорение темпов компьютеризации и информатизации. Влияние этой тенденции на экономическую науку и на внедрение ее результатов в практику функционирования экономических объектов не ограничивается лишь увеличением числа компьютеров на рабочих местах и ускорением процесса обработки документов. Это влияние носит глобальный характер – внутри экономической науки сформировались новые направления, суть которых складывается в объединении современной экономической теории с последними достижениями в области компьютеризации и информатизации.

Современная экономика, и в частности экономика Украины, характеризуется трансформационными процессами. Экономические системы эволюционируют во времени, в них происходят структурные изменения, поэтому применение статистических и аналитических методов моделирования затруднено, а в ряде случаев просто не возможно. Важную роль играет также многоагентность экономических систем: при моделировании необходимо учитывать множество различных факторов, отражающих как свойства элементов системы, так и взаимоотношения между ними. Под экономическими системами в настоящей работе подразумеваются сложные целенаправленные управляемые динамические системы, осущест-вляющие производство, распределение и потребление материальных благ [1]. Сложность экономических систем обусловлена наличием в них активных элементов, каждый из которых обладает способностью к целеполаганию и рефлексии [2].

До сих пор экономика рассматривается как достаточно инертная отрасль, в которой эксперименты могут проводиться в очень ограниченных масштабах, так как существенно влияют на состояние экономических систем, ухудшая на начальных этапах показатели их функционирования. Альтернативой экспериментам с реальными экономическими системами является проведение экспериментов с моделью системы. Теория проведения таких экспериментов разрабатывается в рамках нового направления математического моделирования в экономике - **экспериментальной экономики.**

В начале 90-х годов 20 столетия появились работы [3,4], в которых обосновывались методические основы этого нового направления в математическом моделировании экономики. За последние 20 лет это направление прошло путь от отдельных имитационных моделей учебного назначения к серьезному инструменту исследования динамики сложных экономических систем, который позволяет как анализировать их динамику, так и получать прогнозы поведения сложных экономических систем и процессов.

Макаров В.Л. в своем выступлении, посвященном перспективам развития математического моделирования экономики, сказал: «Использование компьютерных технологий привело в сфере экономики к эволюции моделирования. Сегодня можно говорить о триаде моделей. Во-первых, на основании теоретических представлений, гипотез или эмпирических наблюдений строится простая, но способная совершенствоваться и усложняться математическая модель. Она превращается в компьютерную модель, на которой уже можно проводить эксперименты, выявляя какие-то новые или опровергая принятые ранее связи и закономерности. Из этой модели-прототипа вырастает реальная модель, имитирующая действительность» [5].

При этом академик Макаров очень точно подметил замечательную особенность исследований с использованием методов экспериментальной экономики, состоящую в том, что исследователь задает начальное состояние, правила порождения и эволюции объектов, проводит компьютерный эксперимент, результаты которого позволяют получать новую информацию о системе. То есть компьютерные модели не только отражают основные свойства экономических систем и объектов, но и служат инструментом их познания. Высокая оценка этой роли экспериментальной экономики отразилась в решении Нобелевского комитета: премия в области экономики за 2002 год была присуждена американскому экономисту В. Смиту за «превращение исследовательских лабораторных экспериментов в инструмент эмпирического экономического анализа, особенно в изучении альтернативных рыночных механизмов»[6].

Для успешного внедрения методов экспериментальной экономики в практику экономических исследований необходимо дать ответы на следующие вопросы:

- в каких ситуациях возникает необходимость применения методов экспериментальной экономики,

- каковы основные этапы экономического эксперимента, и какие задачи решаются на каждом этапе,

- как методы экспериментальной экономики связаны с остальными методами математического моделирования, например, аналитическими или статистическими.

Основной проблемой моделирования сложных экономических систем является получение достоверной исходной информации о процессе ее функционирования, так как высок уровень неопределенности, связанной с моделируемой системой. В таких ситуациях особенно привлекательны методы экспериментальной экономики. При этом для преодоления неопределенности выдвигаются гипотезы о свойствах элементов системы или о параметрах связей между ними, которые затем проверяются в ходе компьютерных экспериментов. Дополнительная информация, полученная в ходе эксперимента, позволяет уточнить первоначальные гипотезы. Таким образом, последовательное проведение компьютерных экспериментов представляет собой итерационный процесс, на каждом шаге которого происходит уменьшение неопределенности, связанной с процессом функционирования системы.

Рассмотрим основные этапы проведения эксперимента, предлагаемые экспериментальной экономикой для исследования динамики сложных экономических систем [7, 8].

***Этап 1.*** Содержательный анализ той системы или процесса, динамика которого будет исследоваться путем проведения компьютерного эксперимента, позволяет выбрать соответствующий раздел экономической теории, на основе положений которого строится спецификация модели. При этом для макроэкономических систем, как правило, модель строится в виде системы итерационных уравнений, а для микроэкономических систем, характерной особенностью которых является многоагентность, применяются модели в форме клеточных автоматов или клеточных сетей. Для спецификации модели в форме клеточной сети необходимо задать множество объектов с присущими им свойствами, множество состояний, в которых могут находиться объекты и множество правил перехода из одного состояния в другое.

***Этап 2.*** Для исследуемой экономической системы разрабатывается имитационная модель, реализующая модель, построенную на этапе 1. Эта модель представляет собой интерактивную программу, своеобразный экономический "тренажер". Имитационная модель включает в себя описание множества объектов – элементов экономической системы, множества их возможных состояний и правил перехода из одного состояния в другое, реализующих взаимодействие объектов между собой и со средой, внешней по отношению к экономической системе. При этом если для некоторых объектов экономической системы правила поведения неизвестны, то в имитационную модель может включаться лицо, принимающее решения (ЛПР), которое в режиме диалога с имитационной моделью будет вводить значения переменных, характеризующих состояние объекта, и которые определены либо экспертным путем, либо на основании собственного опыта (собственной интуиции). Таким образом, происходит объединение формальных возможностей компьютерной системы: быстро и точно считать, с неформальными возможностями ЛПР: ассоциативностью, рефлективностью, интуицией и т.п. [9].

Эксперимент с участием ЛПР называется активным, в отличие от чисто имитационного эксперимента. Особенностью активного эксперимента для многоагентных экономических систем является необходимость создания сетевого тренажера, что обеспечит одновременное участие в эксперименте группы ЛПР (аналог производственных совещаний или переговоров).

***Этап 3.*** На этом этапе проводится эксперимент с участием ЛПР, во время которого ему предъявляется ситуация, в которой должно быть принято решение. Результаты этого решения приводят к изменению состояния модельной системы. Качество решения оценивается, и оценка доводится до ЛПР, его цель - как можно быстрее научиться управлять системой оптимально. При многократном проведении таких экспериментов появляется возможность собрать данные для построения системы решающих правил ЛПР.

***Этап 4.*** На этом этапе происходит спецификация решающих правил и оценка их параметров. Построенные решающие правила включаются в модель, и она становится автономной от ЛПР.

***Этап 5.*** Проводится компьютерный эксперимент с автономной моделью, позволяющий получить временные ряды поведения экономической системы при различных начальных состояниях. Далее эти временные ряды исследуются различными методами: статистическими либо методами нелинейной динамики (теории хаоса) с целью выявления основных закономерностей зависимости поведения экономической системы от параметров модели. В процессе исследования выясняется, существуют ли интервалы значений параметров модели, при которых она проявляет устойчивое равновесное поведение, либо порождает хаотический динамический процесс. Результатом анализа является заключение о том, существует ли интервал значений параметров, при которых поведение исследуемой экономической системы хаотично, и если да, то насколько близок этот интервал к тем значениям параметров, которые реализуются в действительности. Основной целью такого анализа является подготовка информации для поддержки принятия решений: если известны интервалы значений параметров, при которых система проявляет равновесное или хаотическое поведение, то эту информацию можно использовать при принятии решений для управления системой.

***Этап 6.*** Построенная имитационная модель может использоваться в целях повышения эффективности управления исследуемой экономической системой путем получения прогноза ее поведения, а также для поддержки принятия решений в режиме реального времени.

Арсенал методов экспериментальной экономики не ограничивается только имитационным моделированием. На этапах 1-6 проведения экономического эксперимента могут привлекаться такие методы, как аналитическое моделирование (этапы 2, 3), статистическая обработка данных (этапы 4 и 6), экспертное оценивание (этапы 1,2 и 3).

Таким образом, имитационная модель по своей сути представляет многоуровневую иерархическую систему, в которой взаимосвязаны как аналитические модели, отражающие поведение хорошо изученных, относительно простых элементов моделируемой экономической системы, так и регрессионные модели, параметры которых определяются либо до проведения компьютерного эксперимента, либо в его процессе. Поведение части элементов экономической системы может описываться алгоритмическими правилами перехода. Эти правила могут быть как детерминированными, так и вероятностными. Для вычисления вероятностей применения тех или иных правил необходимо провести предварительное исследование, основу которого составляет сбор информации о свойствах и поведении элементов экономической системы. Сбор информации может быть проведен путем анкетирования, выборочного опроса, с использованием других экспертных методов.

В работе [10] для построения имитационных моделей многоагентных систем предложен новый класс моделей - «клеточные сети с опосредованным взаимодействием». Отличительной особенностью этих моделей является преобладание взаимодействия агентов со средой над взаимодействием агентов между собой. Правила перехода агентов из одного состояния в другое определяются их текущим состоянием и состоянием внешней среды, причем при изменении состояния агентов меняется и состояние внешней среды. Через это изменение состояния внешней среды взаимодействие передается от одного агента ко всем остальным.

Изложенная методика проведения экспериментов с использованием в качестве имитационной модели клеточных сетей с опосредованным взаимодействием была апробирована при построении модели рыночного взаимодействия производителей однородного товара [11] и при моделировании напряженности в трудовом коллективе [12].

Проиллюстрируем этапы проведения экономического эксперимента на примере моделирования поведения потребителей на рынке однородного товара.

В модели рассматривается множество экономических агентов: потребителей на рынке однородного товара. В качестве внешней среды в модели выступает рынок этого товара. Потребители, зная динамику изменения цены на прошлом и текущем шаге, формируют свой прогноз изменения цены на следующем шаге. Исходя из этого прогноза, они принимают решение о том, сколько товара они купят на данном этапе.

Таким образом, рынок представляет собой сложную интерактивную адаптивную систему.

Для определения параметров правил перехода агентов из одного состояния в другое был проведен опрос населения г. Запорожья. Респондентам предлагалось оценить с точки зрения потребителя изменение цены на какой-либо товар в будущем, имея информацию о том, как вела себя цена в прошлом и настоящем.

В анкету были включены девять вопросов, которые представляют возможные варианты поведения цены на рынке:

а) вчера цена на товар упала на 2 грн., сегодня – еще на 2 грн.;

б) вчера цена на товар упала на 2 грн., а сегодня не изменилась;

в) вчера цена на товар упала на 2 грн., а сегодня – выросла на 2 грн;

г) вчера цена на товар была стабильна, а сегодня упала на 2 грн;

д) вчера цена на товар была стабильна, сегодня она тоже не изменилась;

е) вчера цена на товар была стабильна, а сегодня выросла на 2 грн;

ж) вчера цена на товар выросла на 2 грн., а сегодня упала на 2 грн;

з) вчера цена на товар выросла на 2 грн., а сегодня не изменилась;

и) вчера цена на товар выросла на 2 грн., сегодня – еще на 2.

В анкете предлагались в качестве ответа три различных варианта:

– цена упадет;

– цена не изменится;

– цена вырастет.

В ходе анкетирования было опрошено 168 человек. Результаты опроса представлены в табл. 1.

В результате опроса было установлено, что при симметричных начальных условиях полученные ответы оказались несимметричными: 15,34% респондентов высказали мнение, что цена упадет, 48,68% посчитали, что цена не изменится, 35,98% склоняются к мысли, что цена на следующем шаге вырастет.

В данном случае имеет место *асимметрия восприятия информации*. Люди склонны считать, что цена при прочих равных условиях скорее вырастет, чем понизится. Асимметрия данного вида в принципе неустранима, поэтому она должна быть обязательно учтена при построении модели.

На рынке товара действует некоторое количество потребителей (экономических агентов). Экономические агенты не взаимодействуют друг с другом непосредственно, связь между ними осуществляется через среду – рынок.

Таблица 1. Данные для вычисления вероятностей получения определенного типа прогноза цены .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | вчера цена | | | | | | | | |
| падала | | | **не изме-нилась** | | | **выросла** | | |
| **↓** | **→** | **↑** | **↓** | **→** | **↑** | **↓** | **→** | **↑** |
| **сегодня цена** | **падала** | **29,76%** | **44,05%** | **26,19%** | **4,76%** | **62,50%** | **32,74%** | **16,07%** | **42,86%** | **41,07%** |
| **не изме-нилась** | **28,57%** | **44,64%** | **26,79%** | **5,95%** | **72,02%** | **22,02%** | **13,69%** | **32,14%** | **54,17%** |
| **выросла** | **16,07%** | **54,17%** | **29,76%** | **9,52%** | **57,74%** | **32,74%** | **13,69%** | **27,98%** | **58,33%** |

При построении имитационной модели были выдвинуты следующие предпосылки:

1. Потребителям доступна только информация о состоянии цены на предыдущем и текущем шаге. Информацией о действиях других агентов на рынке они не располагают. Единственным критерием, которым они руководствуются, чтобы принять решение, покупать или не покупать товар, а если покупать, то в каком количестве, является ожидание динамики цены на следующем шаге.

2. Потребитель, действующий на рынке, полностью характеризуется вектором свойств

(1)



где – размер запаса, который может хранить потребитель. Данная величина вводится в модель потому, что в реальных условиях, как правило, потребители ограничены размером своего дохода или, например, местом, где можно хранить товар, приобретенный для собственного потребления.



– количество товара, который потребитель использует на каждом шаге. В нашей модели будем считать, что покупателю необходимо потреблять товар на каждом шаге, он не может отказаться от потребления этого товара даже на небольшой промежуток времени.



Кроме свойств каждому агенту в каждый момент времени ставятся в соответствие следующие переменные состояния:

– остаток товара у потребителя с прошлого шага.



– количество товара, который приобретет потребитель на данном шаге.



– прогноз изменения цены потребителя на следующем шаге.



Таким образом, в каждый момент времени *t* потребитель будет характеризоваться вектором состояния

. (2)



Величина остатка товара у потребителя на текущем шаге определяется как:

(3)



Будем считать, что при покупке товара потребитель руководствуется следующим принципом:

Сначала потребитель оценивает имеющийся у него запас товара с прошлого шага. Если запаса у него меньше, чем количество товара, которое ему необходимо для потребления, то он в любом случае приобретает товар на недостающую разницу: .



Для того чтобы ввести в модель механизм ожиданий цены потребителей, были использованы результаты проведенного опроса. Таким образом, правила перехода агентов из одного состояния в другое являются вероятностными.

Рассмотрим три решающих правила, включенных в модель и зависящих от ожиданий потребителя:

а) потребитель ожидает, что цена на следующем шаге будет падать ().



Он покупает товар только в том случае, если ему не хватает для потребления остатка с предыдущего шага:

(4)



б) потребитель ожидает, что цена на следующем шаге не изменится ().



Он покупает товар в размере разницы между запасом, который он может хранить, и остатком с прошлого периода:



(5)



в) потребитель ожидает, что цена на товар на следующем шаге вырастет ().



Он покупает товар в размере разницы между запасом, который он может хранить, и остатком с прошлого периода:

(6)



Схема принятия решения экономическим агентом приведена на рисунке 2.

**Остаток с прошлого периода**

***xit-1***

Динамика изменения цены на прошлом шаге

*Δpt-1*

Динамика изменения цены на текущем шаге

***Δpt***

Прогноз динами-ки цены на сле-дующем шаге

***Δpi t+1***

Принятие решения о том, сколько покупать на текущем шаге

***yit***

**Размер потреб-ления товара на каждом шаге**

***gi***

Рисунок 2. Концептуальная схема имитационной модели поведения потребителей на рынке.

Для проведения экспериментов, основанных на предлагаемой модели, была выполнена программная реализация модели поведения потребителей. В качестве начальных данных в программу вводится значение цены товара на рынке для первых двух шагов. Ожидания экономических агентов динамики цен на следующем шаге имитируются с помощью датчика случайных чисел для каждого агента отдельно с учетом вероятностей, полученных при проведении опроса. Реальная динамика цены на рынке определяется функцией спроса рынка или может задаваться самостоятельно исследователем. Результатом проведенного эксперимента является экономический ряд значений, показывающий, сколько товара в каждый момент времени *t* было куплено на всем рынке, то есть, моделируется динамика совокупного спроса.

Эксперименты проводились для различных начальных данных и при различной динамике цен на рынке. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что модель является адекватной, так как позволяет имитировать различные типы поведения спроса – от стационарных рядов, колеблющихся возле некоторого среднего спроса, до лавинообразных процессов роста спроса, то есть данная модель позволяет объяснять сложные процессы на рынке потребителей однородного товара.

Новизна данной модели состоит в том, что в нее не закладывается предположение о рациональности экономических агентов. Наоборот, учитывается психологические особенности принятия решений, что позволяет более правдоподобно описывать реальную экономическую ситуацию. Также следует отметить, что на принятие решений на текущем шаге оказывают влияние не только лаговые переменные – остаток товара с прошлого периода, но также переменные будущего периода - ожидания экономических агентов : потребительский прогноз динамики цены на следующем шаге.

**Литература**

1. Экономическая кибернетика: Учебное пособие; Донецкий гос. Ун-т.- Донецк: ДонГУ, 1999.-367 с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем. Состояние и перспективы.- М.: СИНТЕГ, 1999.-128 с.
3. Plott C.R. Laboratory experiments in economic: The implication of posted price institution // Science 232, 1986.- P. 732-738
4. Smith V.L. Microeconomic system as an experimental science // American Economic Review 72, 1982.- P. 923-955
5. Количественные методы в теории переходной экономики: материалы круглого стола // Экономика и математические методы, том 38, № 2, 2002.- С.105-110
6. http://www.nobel.se/economics/laureates/2002
7. Sterman J. D. Deterministic chaos in an experimental economic system // Journal of economic behavior and organization, 1989, N 12, Р. 1-28.
8. Сергеева Л.Н. Моделирование поведения экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса).- Запорожье: ЗГУ, 2002.- 227 с.
9. Лысенко Ю.Г. Модели управления хозрасчетным промышленным предприятием.-М.: Финансы и статистика, 1991.-208 с.
10. Сергеева Л.Н. Клеточные сети с опосредованным взаимодействием в микроэкономическом моделировании.// Искусственный интеллект, №2 (специальный выпуск), 1999, С.398-406
11. Сергеева Л.Н.Методы моделирования рыночного взаимодействия// Экономическая кибернетика: Международный научный журнал.-2001.-№ 5-6.-С.36-39
12. Сергєєва Л.Н., Макаренко О.І. Моделювання стану трудового колективу як багатоагентної системи // Новое в экономической кибернетике: Модели экономических процессов трансформационной экономики. Сб. науч. ст. – Донецк: ДонНУ,2001.-№4.-С.35-42