

## Моделирование социально-экономических систем

### *Аннотация:*

В статье рассматриваются особенности моделирования социально-экономических процессов, анализируются преимущества и недостатки общепринятых подходов, факторы, способствующие эффективному моделированию процессов. Описываются современные тенденции и программные комплексы, применяемые для анализа и моделирования социально-экономических процессов.

### *Ключевые слова:*

Математическое моделирование, нейронные сети, нечеткая логика, регрессия, стохастические модели, социально-экономические системы, ситуационное моделирование.

Постоянное усложнение объектов социально-экономической сферы повлекло необходимость совершенствования механизмов управления ими. В отличие от физических систем, социально-экономические имеют существенное отличие, радикально отличающим эти системы от всех иных. Это человеческий фактор. В целом социально-экономические системы подчиняются тем общим законам, которые существуют для открытых сложных систем. Это дает некоторое право использовать тот обширный материал и опробованные методы, наработанный в материальных отраслях знания. Однако, в виду упомянутого выше человеческого фактора, модели, построенные на базе точных наук, не могут адекватно отражать поведение таких систем в реальном мире.

Большинство математических моделей, описывающих поведение рынка, используют предпосылки, которые не имеют ничего общего с реальным положением дел. Многие из них популярны в силу своей простоты, однако их использование для прогноза поведения реального объекта чревато в лучшем случае несовпадением прогнозного значения и реального результата.

Так например, использование множественной линейной (реже нелинейной) регрессии объясняется простотой получения исходной модели, ее интуитивной ясности и обширным инструментарием позволяющим автоматизировать процесс моделирования. Однако, в основе регрессионного анализа лежат предпосылки, которые должны были бы сдерживать его использование. Так для большинства процессов полагается, что в модели

$$y_i = \beta_0 + \sum \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i,$$

где  $x_{ij}$  – *независимые* и неслучайные факторы, однозначно определяющие поведение зависимой величины  $y_i$ . При этом все остальные факторы считаются *несущественными*, их влияние не учитывается. Несоответствия между расчетными значениями и фактическими называется ошибкой модели, а их совместное влияние на процесс определяется случайной величиной  $\varepsilon_i$ . Предполагается, что ошибка модели  $\varepsilon_i$  подчиняется *нормальному* закону распределения случайной величины, что не является истинным в реальных процессах.

Как видим, использование регрессионной модели налагает на исследователя множество ограничений. Но как часто на них обращают внимание?

Статистические модели не оправдывают себя при прогнозировании поведения социально – экономических систем. Большинство подобных методов и моделей, сформировавшихся в технической сфере были перенесены или адаптированы для решения задач возникающих в социально – экономической сфере. И как следствия, результаты получаемые в при использовании этих моделей в экономике не оправдывают себя. Предпосылки или теория лежащие в основе той или иной модели играют определяющую роль в применимости модели к процессу или явлению.

Рассмотрим вопрос времени. Используя статистические и стохастические модели, описывающие поведение рынков, большинство исследователей не отдают должного внимания временной составляющей процессов. Если быть более точным, то исторической составляющей. Оба подхода игнорируют время как переменная в представлении динамики системы. Стохастическая статистика просто отказывается от времени, соединяя данные ряда времени в гистограммы.<sup>1</sup>

В стохастических системах делается предположение, что поведение процесса носит в общем то случайный характер, при этом временной ряд нормален, стационарен, и переменные независимо распределены.

В частности при прогнозировании цен опционов<sup>2</sup> (уравнение Блэка–Сколса) предполагается, что этот процесс подчиняется процессу Ито и цены распределены логнормально. Так же как и в классической теории Винера, состояние системы в любой момент времени определяется только текущим её состоянием. Однако не будем забывать, что в отличие от физических систем, социально-экономические системы, обладают исторической памятью. Процессы, когда-либо произошедшие в такой системе, оставляют информационную закладку и при возникновении хотя бы только предпосылок к повторению аналогичного состояния, вся система, без явных физических воздействий на нее извне, корректирует свое поведение с целью предотвращения или воспроизведения аналогичной ситуации. Более того, сам факт

<sup>1</sup> Richard B. Hoppe Finance is not physics. Magazine *Risk Professional*, October 1999. (Vol 1, No. 7)

<sup>2</sup> Т.Д. Уотшем, К.Паррамоу «Количественные методы в финансах». Пер. с англ. М.Р.Ефимовой. М. «Финансы» изд-во ЮНИТИ 1999.

существования в прошлом некоторой ситуации оказывает на поведение системы постоянное давление.

Подобные явления не учитываются ни в статистических, ни в стохастических системах. Обычно эти значения существенно отличаются от средних данных процесса и носят локальный, краткосрочный характер. Как известно, перед обработкой данных обычно проводится операция «подавления шума» в таблицах исходных данных. Эта операция призвана сократить число данных, не несущих существенной информации и облегчить выявление основных тенденций. Однако, если мы имеем дело с нестабильной экономикой, то в ее поведении зачастую наблюдаются резкие всплески. Они носят кратковременный характер, но их последствия сказываются на длительном промежутке времени. При использовании регрессионного анализа, с несоответствующей моделью и неверным временем дискретизации, этот всплеск будет отсеян и его влияние в лучшем случае отразится в значении дисперсии.

Аналогичной точки зрения придерживается в статье *Markets, Models, and Mathematics* Р Хопп, в частности он отмечает: «Люди, составляющие социальные системы, объединены в группу и имеют индивидуальные хронологии, и они выборочно сохраняют и используют блоки памяти хронологий. Свойства и поведения личностей изменяются как функция их хронологий.»

Существенным фактором, влияющим на модель, является *технология моделирования*, которая может непреднамеренно вводить в модель процесса или объекта не присущие ему свойства.

Таким образом, язык, которым мы описываем те или иные явления, существенно влияет на качество модели. Описание процесса на различных языках позволит точнее передать его суть в модели. Следовательно, для создания полноценной модели процесса не достаточно описать интересующие исследователя свойства с применением какой-то одной теории или методики. Необходимостью становится создание совокупности моделей базирующихся на различных математических, экономических и социологических теориях и методах, которые позволят максимально приблизиться к поведению процесса в реальных условиях.

Описание объекта или процесса в рамках какого-либо теоретического подхода накладывают на модель определенные свойства. В работе «*Markets, Models, and Mathematics*» говорится: «Язык – не нейтральный инструмент. Это мощное и выборочное средство прикладного представления. Метод, с помощью которого описана проблема, помещает в набор вариантов решения неявные границы, внутри которых будут определяться решения».<sup>1</sup> В подтверждение этих слов приведем пример моделирования тенденции с использованием регрессионных методов. Один и тот же набор данных может быть представлен как с помощью линейной, так и нелинейной модели. При этом велика вероятность, что обе модели будут адекватно отражать динамику временного ряда, с примерно одинаковыми коэффициентами детерминации. Различия проявят себя только при

использовании данных моделей для прогнозирования, где в полной мере проявят себя последствия неверного выбора типа и формы модели.

Часто, бездумное применение методов моделирования к числовым рядам, характеризующим поведение объекта, приносит больше ущерба, чем пользы. Без надлежащей теоретической базы, полученные значения потеряют свой смысл. В работе «*Finance is not physics*» Ричард Хопп отмечает: «Технология моделирования, используемая для представления предметной области, должна управляться соответствующей независимой теорией данной области. Математика не может быть бездумно применена к исходным данным в отсутствие теоретического оправдания..., независимая теория позволяет нам различать между уместными свойствами и теми, которые являются несоответствующими.»<sup>2</sup>

Таким образом мы видим насущную необходимость в теории описывающего поведение субъекта на рынке и «реального рынка» как такового. На сегодняшний день разработано большое число различных моделей, описывающих те или иные стороны функционирования рыночной системы. Большинство из них являются адаптацией существующих математических, физических, реже биологических теорий и методов к описанию рыночных взаимодействий. Каждый из этих методов имеет свои предпосылки и допущения, не соответствующие реальному состоянию или поведению системы, но существенно упрощающих сам процесс моделирования и интерпретацию результатов моделирования. Насколько это оправдано? По этому вопросу существует несколько мнений. Обобщенно можно сказать, что все модели можно разделить по академической значимости и по практической пригодности.

В первом случае мы безболезненно можем отбрасывать несущественные для нас факторы, достаточно произвольно изменять размерность и содержание модели. Будет достаточно, если полученная модель будет отражать основные тенденции в поведении модели. В работе Э. Гутенберга «*К спору о методах*» сказано, что «научная ценность экономического исследования не зависит от практической значимости объекта исследования; главное, чтобы оно проводилось методически чисто и логически правильно».

Во втором случае важно уже не только как объект себя ведет, но и каким образом он попадает в ту или иную точку своей траектории. В этом случае, мы не можем игнорировать факторы влияния или заменять их поведение некоторыми приближенными распределениями.

Помимо вышеперечисленного, ряд авторов (Г.Шмален, Н.Н.Моисеев, В.Н.Ашихмин, Г.Г.Малинецкий, И.Э.Келлер...) выдвигает еще одну задачу моделирования – дидактическую. Профессор Г.Шмален отмечает: «Разработчики совершенствуют свой образ мышления, так как модели позволяют знакомиться со структурой и логикой решаемых проблем и оттачивают аналитические мыслительные способности. Таким образом, интуитивная

<sup>1</sup> Richard B. Hoppe *Markets, Models, and Mathematics: A Reply to Beilis*. Magazine *Risk Professional*, Dec/Jan 1999.

<sup>2</sup> Richard B. Hoppe *Finance is not physics*. Magazine *Risk Professional*, October 1999. (Vol 1, No. 7).

умозрительная модель получает твердую основу».<sup>1</sup>

При всей сложности вопроса моделирования адекватных моделей поведения субъектов на конкурентных рынках, в последние годы все более широкое применение находят относительно новые методы математического моделирования. В частности, на базе теории нечетких множеств и нейронных сетей разработаны мощные программные комплексы анализа и прогнозирования. К наиболее распространенным можно отнести «Ithink», «CubiCalc», «FuziCalc», «MetaStock». Первый «Ithink», является бесспорным лидером среди программ ситуационного моделирования. Он позволяет строить модели систем «среднего» уровня не допускающих упрощений и решать традиционные для системного анализа задачи. Данная система стала стандартом структурного моделирования.

Теории нечетких множеств нашла свое применение во многих отраслях. Ее использование позволило значительно упростить решения большого числа слабоструктурированных задач. В данном классе программ наиболее мощным пакетом является «CubiCalc». Он применяется для ситуационного моделирования в сфере политики, экономики, финансах при неполной или неточной информации. Пакет позволяет решать задачи динамического моделирования в сложных предметных областях.

Для прогнозирования и анализа с неустановленными причинноследственными связями успешно применяются программы базирующиеся на теории нейронных сетей. Они могут самостоятельно «обнаруживать» взаимосвязи в процессе и поэтому они могут применяться для прогнозирования без теоретического обоснования. Для обучения ин необходима динамика процесса в прошлом.

Таким образом можно сказать, что математические модели представляют собой посредника между теорией и практикой.

#### Примечания:

1. Richard B. Hoppe «Modeling Market Systems». Magazine *Risk Professional*, Dec/Jan 1999.
2. Richard B. Hoppe Finance is not physics. Magazine *Risk Professional*, October 1999. (Vol 1, No. 7).
3. Richard B. Hoppe Markets, Models, and Mathematics: A Reply to Beilis. Magazine *Risk Professional*, Dec/Jan 1999.
4. Г.Г. Малинецкий, С.П. Курдюмов Нелинейная динамика и проблемы прогноза. Вестник российской академии наук том 71, № 3, с. 210-232, 2001 г
5. Gutenberg E. Zum «Methodenstreit» // Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung. – 1953, 5. Jg. – S.327-355.
6. Гельмут Шмален «Математические модели в экономических исследованиях на предприятии». Журнал «Управление предприятием» №3 1998г.
7. Т.Д.Уотшем, К.Паррамоу «Количественные методы в финансах». Пер. с англ. М.Р.Ефимовой. М. «Финансы» изд-во ЮНИТИ 1999.

---

<sup>1</sup> Гельмут Шмален «Математические модели в экономических исследованиях на предприятии». Журнал «Управление предприятием» №3 1998г.

