

МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ

УДК 339.138

©Миски-Оглу А.Г.¹, Шлапак Н.С.², Горошко О.В.³

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА В ЗАДАЧАХ МАРКЕТИНГА

Рассмотрены современные проблемы нелинейной экономической динамики. Описаны и проанализированы процессы, происходящие в маркетинге под влиянием объективных экономических условий и субъективных решений участников рынка. Обсуждаются проблемы прогнозирования рыночной конъюнктуры и изменчивости рынков. Подход к решению экономических проблем основан на применении методов и моделей нелинейной динамики, теории клеточных автоматов, нечеткой логики, нейронных сетей, а также других новейших математических теорий.

Ключевые слова: теория хаоса, динамическая система, принятие решений, самоорганизованная критичность.

Міскі-Оглу О.Г., Шлапак Н.С., Горошко О.В. Нелінійна динаміка у задачах маркетингу. Розглянуто сучасні проблеми нелінійної економічної динаміки. Описані і проаналізовані процеси, які відбуваються у маркетингу під впливом об'єктивних економічних умов і суб'єктивних рішень учасників ринку. Обговорюються проблеми прогнозування ринкової кон'юнктури і мінливості ринків. Підхід до вирішення економічних проблем заснований на застосуванні методів і моделей нелінійної динаміки, теорії клітинних автоматів, нечіткої логіки, нейронних мереж, а також інших новітніх математичних теорій.

Ключові слова: теорія хаосу, динамічна система, прийняття рішень, самоорганізована критичність.

O.G. Miski-Oglu, N.S. Slapak, O.V. Goroshko. Non-linear dynamics in the problems of marketing. Modern problems of non-linear economic dynamics. Described and analyzed are the processes taking place in marketing under the influence of objective economic conditions and the subjective decisions of market participants. The problems of forecasting market conditions and volatility of markets are considered. The approach to solving economic problems is based on application of methods and models of non-linear dynamics, theory of cellular automata, fuzzy logic, neural networks, as well as other advanced mathematical theories.

Keywords: chaos theory, dynamical system, decision making, self-organized criticality.

Постановка проблемы. В современных условиях рыночной экономики актуальным является анализ процессов, протекающих под влиянием объективных экономических условий и субъективных решений участников рынка. В связи с этим актуальным является выбор наиболее приемлемых методов и моделей к решению экономических

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² канд. экон. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

проблем. Современная экономическая наука включает свой арсенал наиболее современных математических теорий, такие как нелинейная динамика, теория клеточных автоматов, нечеткая логика, нейронные сети и ряд других. Выбор той или иной теории в решении задач маркетинга будет предопределять тактику и стратегию того или иного предприятия на рынке готовой продукции.

Анализ последних исследований и публикаций. В последние годы проблемам нелинейной экономической динамики и ее применению в задачах маркетинга посвящено много зарубежных и отечественных публикаций. Весомый вклад в решение этих проблем внесли такие ученые, как Э. Петерс [1], Г. Данеке [2], Г. Малинецкий [3], М. Кричевский [4] и ряд других.

Работы приведенных авторов посвящены в основном фундаментальным проблемам теории хаоса и нелинейной динамики, в то время как прикладные вопросы использования современных теорий требуют дальнейшего переосмысления и совершенствования.

Целью статьи является всесторонний анализ современных методов и моделей, изложенных в работе [1], и выбор наиболее приемлемых из них с точки зрения принятия решений в условиях современной рыночной экономики.

Изложение основного материала. Современная экономическая теория вступила в новую фазу своего развития, что обусловлено несколькими факторами:

- усложнением и глобализацией мировой экономики;
- внедрением в науку математических методов нелинейной динамики;
- появлением новейших компьютерных технологий, сделавших возможным исследование самых сложных явлений и процессов с адекватным их отображением на экране дисплея.

Современную математическую теорию нелинейных динамических систем обычно именуют теорией хаоса. Данная теория берет свое начало от работ Анри Пуанкаре, опубликованных в конце XIX века. Экономическая теория и инвестиционный анализ лишь недавно обратили внимание на теорию хаоса, применение которой приводит в определенной степени к парадоксальным результатам. В сущности хаотические системы могут порождать неслучайные результаты, которые выглядят как случайные. При этом долговременное предсказание в данном случае невозможно. Теория хаоса говорит нам, что рынки неэффективны и непредсказуемы.

Рассмотрим основы теории нелинейных динамических систем. Изучение этих систем есть не что иное, как изучение турбулентности. Если быть точнее, это изучение перехода устойчивости к турбулентности. Такие переходы мы наблюдаем повсюду вокруг нас. Например, мы видим их в струйке сигаретного дыма, которая дробится на вихри и рассеивается. Другие примеры – добавление сливок в кофе или кипячение воды для макарон.

Переходы такого рода – от устойчивости к турбулентному состоянию – не поддаются моделированию с помощью стандартной ньютоновской физики. Последняя может предсказать, где будет находиться Марс через триста лет, но не способна спрогнозировать погоду на послезавтра. В чем же причина?

Дело в том, что ньютоновская физика основана на линейных соотношениях. Это предполагает, что

- каждая причина имеет прямое следствие;
- все системы стремятся к равновесию;
- природа упорядочена.

Следует подчеркнуть, что динамическим системам присуща непредсказуемость в долговременной перспективе. По своей сути это нелинейные системы с обратной связью. Основные характеристики динамических систем включают в себя чувствительную зависимость от начальных условий, критические уровни и фрактальные размерности.

Важным моментом в понимании нелинейных динамических систем является их зрительное восприятие. Необходимо отметить, что в исследовании хаоса визуальный анализ приобретает исключительное значение.

Рассмотрим более подробно динамический анализ рынков капитала. При количественном анализе этих рынков мы всегда используем прибыли; это значит, что мы используем процент изменения в ценах вместо самих цен. Цены не подходят для линейной регрессии, поскольку они последовательно коррелированы. Каждая цена соотносится с ценой предшествующей – в нарушение предположений, необходимых для использования гауссовского линейного анализа. Мы пытаемся предсказывать прибыли, но при этом необходимо помнить, что объективно это есть предсказание поведения цен. Прибыли просто-напросто делают данные подходящими для линейного анализа и сопутствующих требований о независимости этих данных.

Процентное изменение не может быть пригодным временным рядом для нелинейного динамического анализа системы. Финансы и экономическая теория имеют давнюю традицию использования прибылей. В изучении рынков как нелинейных динамических систем необходимы уже новые стандарты. Прибыли не являются подходящей трансформацией цен при исследовании нелинейных динамических систем. Предшествующее изучение рынка обыкновенных акций как нелинейной динамической системы было сосредоточено на прибылях.

Использование цен влечет за собой разнообразные проблемы. Величина активов растет вместе с экономикой и подвержена инфляции. Цены растут просто по причине одной лишь инфляции, даже если нет реальных перспектив их роста. Они могут расти бесконечно. Фазовое пространство номинальных цен (т.е. цен без поправок на инфляцию) будет представлять собой взлетающую спираль и анализировать такой временной ряд было бы бесполезным занятием. Поэтому мы должны детрендить (т.е. удалить тренды) цены к экономическому росту, поскольку нас интересует именно движение цен, а не их инфляционный рост.

Рынки – это сложные развивающиеся системы. Они существуют в такой форме с одной целью – выживание. Подобно другим адаптивным сложным системам, рынок развивается для обеспечения собственного выживания, которое достигается тем, что никто не может скупить мировое богатство. Если бы это было возможным, рынки прекратили бы свое существование. Назначение рынков – обеспечить ликвидность в торговом процессе, а не для того, чтобы устанавливать справедливые цены и определенно не для того, чтобы сделать какую-либо торговую систему работающей постоянно.

Нелинейная технология в значительной степени касается искусственного интеллекта (ИИ). Ученые-когнитивисты (т.е. изучающие связи между сознанием и окружающей действительностью) первыми поняли, что понимание и принятие решений человеком являются нелинейными процессами. Таким образом, ИИ есть попытка создания моделей, которые имитируют человеческий мозг.

Ученый-исследователь Веге в 1991 г. разработал уникальный метод. Его гипотеза когерентного рынка (Coherent Market Hypothesis – СМН) представляет собой нелинейную статистическую модель – в противоположность нелинейным детерминистическим моделям. Данная модель – это статистическая динамическая модель, основная предпосылка которой состоит в том, что вероятностное распределение изменений рынка во времени базируется на следующих факторах:

- фундаментальных (экономических) окружающих условиях;
- определенных настроениях («групповом сознании» рынка).

Ввиду того, что комбинации этих двух факторов изменчивы, изменяется и состояние рынка. Происходящие при этом фазовые переходы представляют собой изменения формы функции плотности вероятности.

Рынок может пребывать в четырех различных фазах:

1. Случайные блуждания. Согласно Веге, истинное случайное блуждание действительно существует: инвесторы действуют независимо друг от друга и информация быстро отражается в ценах.

2. Переходные рынки. По мере возрастания уровня «группового сознания» смещение в настроениях инвесторов может быть причиной действия информации на длительных периодах времени.

3. Хаотические рынки. Настроения инвесторов быстро распространяются в групповом сознании, но фундаментальные условия нейтральны или неопределенны. В результате могут происходить широкие колебания в групповых настроениях.

4. Когерентные рынки. Сильные позитивные (негативные) фундаментальные факторы в комбинации с сильными инвесторскими настроениями могут порождать когерентные рынки, где тренд становится положительным (отрицательным) и риск низким (высоким).

Когерентный рынок представляет собой чрезвычайно привлекательную модель ввиду того, что описывается нелинейной статистической теорией. Как известно, рынки хаотичны и обладают чувствительной зависимостью от начальных условий. Они трудны для предсказаний и поэтому статистическое описание становится в большинстве случаев вынужденным. Такое описание не может основываться на гауссовском распределении и случайных блужданиях. Гипотеза когерентного рынка предлагает богатую теоретическую схему для оценки рыночного риска и того, как он изменяется во времени в зависимости от фундаментальных и технических факторов.

Как известно, рынки отличаются между собой, но если мы знаем их общие характеристики, то можем принять решение: покупать или продавать. Большая часть исследований по проблемам принятия решений выполнена в двух разных областях:

- нечеткой логике;
- поведенческой психологии.

В психологии поведения (и ее подмножестве – поведенческих финансах) мы имеем богатые эмпирические данные относительно того, как люди принимают решения, основываясь на правилах большого пальца, именуемых эвристиками. Однако бихевиористы не имеют математической модели, которая позволила бы использовать это знание. К тому же они утверждают, что индивиды принимают субоптимальные решения, сравнивая при этом то, что люди действительно делают, с тем, что они должны были бы делать, основываясь на байесовском анализе.

В лице нечеткой логики мы имеем ответвление строгой математики, которое может качественно формулировать правила принятия решений, но одновременно при этом мы имеем полное отсутствие эмпирических данных, подтверждающих ее пригодность как когнитивной модели. В настоящее время имеются отдельные работы, проводящие различие между оптимальными решениями нечеткой логики и оптимальными вероятностными решениями. Эти две группы выглядят не связанными друг с другом. Каждая из них также имеет свой подход к понятию рациональности.

Нечеткая логика исходит из того, что люди классифицируют предметы в определенном порядке с целью их познания. Подобным образом они классифицируют ситуации в соответствии со своим прошлым опытом с целью принятия решений. Начиная с XIX века, предполагалось, что люди должны принимать рациональные решения. Это означает, что для каждого возможного исхода мы должны оценивать его вероятность. К сожалению, возможности нашего мозга слишком ограничены для достижения идеальной рациональности мышления. После появления компьютеров появилась возможность рассчитывать «рациональную» оценку ситуации при наличии достаточного количества информации.

Вначале компьютеры были применены для игры в шахматы. Однако ни один компьютер, использующий все свои вычислительные возможности, не смог достигнуть уровня гроссмейстера. Живые гроссмейстеры всегда побеждали. Они используют опыт прошлого, чтобы принять решение. Однако при этом они не копируют прошлое. Вместо того они используют свои знания для классификации ситуации. Затем они формулируют точную стратегию собственной игры. В этом процессе классификации и установления подобия содержится то, что составляет сердцевину нечеткой логики.

Нечеткая логика обозначает широкий диапазон приложений теории нечетких множеств [5]. Нечеткая логика обозначает широкий диапазон приложений теории нечетких множеств. Нечеткие множества и есть то, о чем в большинстве думают о нечеткой логике. Они имеют дело с проблемами классификации.

Понятие нечетких множеств было введено Лотфи Заде (1965) с целью приспособить теорию множеств для сложных ситуаций. Надобность нечетких множеств была установлена в его законе несовместимости, который был предсказан Мак Нейлом и Фрейбергом (1994) следующим образом:

«С возрастанием сложности точные утверждения становятся менее осмысленными, а осмысленные утверждения теряют точность».

Л. Заде развил теорию множеств путем обобщения понятия множества. В четких множествах объект находится или внутри множества, или вне его. В бинарном представлении такой объект равен нулю или единице. Л. Заде ввел частичную принадлежность множеству, описываемую функцией принадлежности. Данная функция определяет, насколько объект подобен данному множеству. В четких множествах эта функция равна или нулю, или единице. Это или полное подобие множеству, или полное отличие от него. В нечетком множестве функция принадлежности может находиться в диапазоне между нулем и единицей и включать все дробные величины этого промежутка.

Итак, нечеткое множество является способом описания сложных понятий. Чем больше становится их сложность, тем более нечеткими становятся сами понятия. При создании различных моделей на основе нечетких множеств их адекватность будет зависеть от того, насколько хорошо создатель модели понимает проблему. Хорошее понимание проблемы даст в результате хорошую нечеткую модель. Однако модель, разработанная при ошибочном понимании проблемы, даст результаты со всеми теми ограничениями и ошибками, которые может сделать моделирующий.

Существуют различные определения для дополнения, объединения и пересечения нечетких множеств. Приведем основные определения:

$$A - \text{принадлежность множеству } A, 0 \leq A \leq 1; \quad (1)$$

$$1 - A - \text{дополнение множества } A; \quad (2)$$

$$\text{Min}(A, B) - \text{пересечение множеств } A \text{ и } B; \quad (3)$$

$$\text{Max}(A, B) - \text{объединение множеств } A \text{ и } B. \quad (4)$$

Как можно видеть, дополнение нечеткого множества есть единица минус функция принадлежности. Так, если 4 на 0.67 принадлежит множеству около 6, оно также на 0.33 не принадлежит множеству около 6. Закон исключенного третьего был одним из первых среди причин перехода к теории нечетких множеств. В нечетких множествах объект может принадлежать как множеству, так и его дополнению.

Теорию нечетких множеств часто путают с теорией вероятностей. Ее критики заявляли, что теория нечетких множеств не способна решать задачи, которые не сформулированы в терминах теории вероятностей. Это непонимание является следствием схожести функции принадлежности, которая изменяется от 0 до 1, с вероятностями, которые также изменяются от 0 до 1. За исключением этих величин, две данные меры совершенно различны, хотя обе могут быть описаны как меры неопределенности. Из них каждая измеряет отличный аспект неопределенности.

Нечеткая функция принадлежности является описателем сложного состояния. Дополнительные данные или выборки не изменяют этой величины. С другой стороны, вероятности зависят от частоты и случайности. Будущие выборки данных могут изменить вероятность. Тот факт, что нечеткие множества не зависят от частоты, оказывается важным при рассмотрении поведенческих финансов.

Нечеткая логика является системой, где дробные величины увеличивают способность теории множеств моделировать реальность. Применение этой теории обусловило успехи ИИ. В Японии система движения поездов метро основана на нечетких понятиях [5]. Повсюду работающие нечеткие контроллеры, начиная от электробритв до автоматических передач, так же как и промышленное оборудование, обнаруживают высокую эффективность и приспособляемость. В искусственном интеллекте гибриды нечетких правил и нейронных сетей дают в результате системы с высокой способностью к обучению и адаптации.

В статистическом анализе меньше выразительности, в то время как в области распознавания образов нечеткие множества были применены с большим успехом. Для полной принадлежности к нечеткому множеству существуют разные критерии, из которых каждый согласован с определением множества. Однако наряду с этим существует неопределенная область, где объекты только частично принадлежат множеству. Чем дальше мы уходим от сердцевины, тем в меньшей степени объект принадлежит множеству или походит на него.

Функция принадлежности не зависит от частоты. Она есть мера состояния и того, насколько объект сравним или походит на идеального члена нечеткого множества, т.е. на такого, у которого функция принадлежности равна 1.0. Эта степень подобия не изменяется при увеличении выборки.

Поведенческая психология исследует то, как люди в действительности принимают решения. Это отличается от общепринятой «рациональной» модели, которая описывает, как люди должны принимать решения. Такая рациональная модель ведет к гипотезе эффективного рынка.

Кахнеман и Тверски (1974) интересовались тем, как люди в действительности принимают решения. Результаты показали, что рациональная модель человеческого поведения обычно не реализуется, за исключением определенных, весьма специфических условий. Эти исследователи нашли, что люди обычно решают проблемы не с помощью вероятностей, а используя правила большого пальца, называемые эвристиками. Эвристики являются упрощенными стратегиями решения сложных проблем при ограниченной информации. Иногда такой подход к принятию решений бывает оптимальным, а иногда нет. Кахнеман и Тверски нашли, что люди не могут проводить различие между тем, когда лучше применять эвристики, и тем, когда предпочтительнее использовать вероятность. Это имеет следствием кажущуюся иррациональность поведения.

Существует три основных категории эвристик. Эвристика доступности оценивает вероятности на основании того, как примеры возникают в памяти. Мы используем репрезентативную эвристику для принятия решений, основанных на подобии типическим ситуациям, с которыми мы сталкивались в прошлом. Люди также используют для принятия решений закрепление и приспособление. Это означает, что мы часто выбираем точку отсчета и согласовываем наше решение с текущей информацией.

Каждая из этих эвристик имеет прямое отношение к теории нечетких множеств. Смешение нечетких функций принадлежности с вероятностью было преодолено Кахнеманом, Тверски и их последователями. Многие примеры «иррационального» поведения, найденные бихевиористами, демонстрируют различие между использованием теории вероятностей и теорией нечетких множеств.

В нечетких множествах мы увидели еще один пример того, как дробные величи-

ны могут во много раз увеличить полезность уже хорошо известного понятия. Нечеткие множества могут точно моделировать процессы принятия решений человеком. Их достижения в моделировании поведения, когда точность не является необходимой, почти феноменальны. Поведенческая психология эмпирически показала, что нечеткая модель принятия решения человеком применима к реальному миру. В то же время бихевиористы показали, что бывают случаи, когда такой подход к принятию решений наиболее оптимален. Он может вести к лучшим оценкам, чем могли бы быть получены с помощью других статистических методов.

Исследователи ДеБонд и Тейлер (1986) применили эти бихевиористические концепции к рынкам. Они проверили, действительно ли фондовый рынок сверхчувствителен к информации. Они сделали это посредством создания портфелей акций прибыльных и убыточных фирм, основываясь на прошлых наивысших прибылях фондового рынка, а не на предсказаниях переменных, таких, как например, та же прибыль. Если рынок сверхчувствителен к информации, то тогда убыточный портфель должен быть в будущем выгоднее, чем портфель прибыльный. ДеБонд и Тейлер подтвердили наблюдение Грэхема, состоящее в том, что относительная эффективность проявляется на второй или третий год после создания портфеля. Они выдвигают это как очевидное доказательство действительной сверхреактивности фондового рынка. Это является примером представительности эвристики в действии, где свежая наглядная информация играет большую роль, чем важные, основополагающие для рыночного курса данные.

Эта сверхчувствительность рынка к информации, также как и следование трендам, определяет большинство статистических рыночных характеристик, в том числе и эффект долговременной памяти, неустойчивую волатильность и толстые хвосты функций плотности вероятности. Таким образом, возможно, что результирующая статистическая структура рынков имеет бихевиористические истоки, по крайней мере на коротких интервалах времени.

Теория хаоса используется в большинстве случаев как основа для понимания рынков. Сама же технология, применяемая для рыночных предсказаний, представляет собой сочетание стандартных линейных методов, нечеткой логики, нейронных сетей или генетических алгоритмов.

Нейронные сети – это математические модели, которые имитируют работу мозга. Это означает, что они пытаются подражать параллельным методам вычислений, которые, вероятно, лежат в основе функционирования мозга. Нейронные сети в действительности не имитируют мозг, они лишь являются некоторыми моделями его работы. Подобно любым моделям нейронные сети – это огрубляющее упрощение действительности. Однако нейронные сети обладают умением приспосабливаться. Это значит, что они могут обучаться (или перестраивать свои параметры) при получении новой информации. При наличии достаточной обучающей выборки они становятся способны к распознаванию образов. Однако в итоге нейронные сети – это в основном некоторая новая форма нелинейной параметрической регрессии. Они многообещающи, но требуют большого внимания, поскольку методы их диагностики незрелы и неполны. Оценить эффективность нейросетевых моделей чрезвычайно сложно. Это настоящий черный ящик. Входы трансформируются в выходы. Распутывание того, что происходит внутри нейронной сети, очень трудная задача.

Генетические алгоритмы имитируют эволюцию. Здесь опять мы используем модель, а не реальный процесс. Генетические алгоритмы могут тестировать правила и находить множество правил, которые оптимизируют конкретную целевую функцию посредством конкуренции. Только наилучшие правила (т.е. «самые приспособленные») выживают при окончательном решении. При этом не только достигается преобладание сильных правил над слабыми, - генетические алгоритмы могут формировать другие

правила посредством кроссовера и мутации. Это означает, что части правил могут изменяться случайным образом и складываться с целью получения смеси потенциальных правил. Два успешных правила могут быть объединены в новое правило. Если эти новые правила выживают, они могут преобладать над родительскими правилами. Кроссовер и мутация предохраняют процесс оптимизации от попадания в «локальный» максимум. Когда мы оптимизируем функцию, мы проверяем, действительно ли мы находимся на вершине горы. Например, максимум двумерной параболы есть ее пик. Однажды достигнув пика, большинство оптимизационных алгоритмов останавливаются, что должно говорить о достижении максимального уровня. В многомерных проблемах мы можем иметь много возвышенностей. Только одна из них является предельным пиком, или глобальным максимумом. Однако большинство оптимизационных алгоритмов останавливаются при достижении пика, даже если он всего лишь локальный максимум. Мы не можем быть уверены в том, что это наивысший пик. Функции кроссовера и мутации выбрасывают процесс с текущей возвышенности в том случае, если не достигнут глобальный максимум. Если же это глобальный максимум, алгоритм просто поддерживается на вершине. Если этого нет, поиски продолжаются. Таким образом, генетический алгоритм становится эффективным методом поиска для максимизационных проблем. Однако это требует существенного количества данных.

На практике названные выше методы используют в комбинации. Это значит, что они создают гибридные системы. Генетические алгоритмы могут быть использованы для оптимизации нечетких правил или параметров нейронных сетей. Нечеткие правила могут определять параметры нейронной сети. Такого рода комбинаций существует множество.

О ходе времени. В ньютоновской физике время полагается инвариантным. Это означает, что время не имеет значения для ее задач. Движение тел в пространстве может быть повернуто вспять простым изменением уравнений. Поскольку экономическая теория и инвестиционный анализ многое заимствовали у ньютоновской физики, мы по традиции считаем время не имеющим значения для наших проблем. Событие может оказать возмущающее воздействие на систему, но по прошествии достаточно короткого промежутка времени система вернется в положение равновесия и это событие будет забыто. Такая короткая память является характеристикой большинства экономических методов, если они вообще как-то учитывают время.

В реальной жизни события воздействуют на нас длительное время. Некоторые события навсегда изменяют нашу жизнь, другие изменяют историю мира. Мы ограничили влияние событий на рынках коротким временным периодом, как если бы рынки были отделены от остального нашего жизненного опыта.

Теория хаоса показывает нам, что в природных системах события могут изменять ход истории, даже если общее количество возможных результатов лежит в ограниченном пространстве. Система может терять память о начальных условиях, даже если их влияние продолжает сохраняться. С социологической точки зрения мы можем сказать, что определенные события должны были изменить ход истории, даже если общество не помнит, когда эти события произошли. Например, мы не знаем, когда было изобретено колесо, но его влияние остается.

События на рынках могут забываться с течением времени, но это не значит, что их влияние не ощущается достаточно долго. В сущности то, где мы находимся, зависит от того, что мы делаем в данный момент. Посредством создания концепции, учитывающей время, мы обогащаем наши аналитические способности и наш потенциал в понимании функционирования рынков.

При использовании эконометрических моделей обычным является анализ по схеме «что если?». Фактически единственная цель, стоящая перед эконометрическими моделями – ограничить взаимное влияние факторов. Мы можем захотеть узнать влияние

инфляции на ставки процента, сохраняя все другие факторы постоянными. Но все факторы в действительности взаимозависимы. Наши попытки «ортогонализировать» или отфильтровать основаны на гауссовском предположении. Мы никогда не сможем узнать влияние одной только инфляции на уровень процентных ставок, потому что характер этого влияния зависит от других переменных и всегда будет зависеть. Предположение об отсутствии зависимости между переменными упрощает проблему, но ведь зависимость – это не внешнее влияние, подобное трению, которое может быть исключено в целях упрощения проблемы. Оно является важной частью самой системы. Предположение о несуществовании зависимости изменяет всю природу проблемы: модель системы и реальная система становятся безотносительными друг к другу.

Теория хаоса обобщает изучение систем, беря в расчет их взаимозависимость. Обобщая проблему, а не ограничивая ее, мы улучшаем наше понимание системы и таким образом получаем новые приложения. Быстрые оптимальные решения могут оказаться невозможными. Однако потенциал для существенно новых приложений с ростом нашего понимания становится неограниченным.

Экономическое равновесие тесно связано с ньютоновской физикой. Ученым давно известно, что ньютоновская физика предлагает только оптимальные решения (или решения в замкнутой форме) для проблемы двух движущихся тел. Но за пределами задачи двух тел единственного решения до сих пор не получено, и ученые со времен Пуанкаре предпринимают попытки его найти.

В экономической теории и инвестиционном анализе мы продолжаем искать решение для проблемы многих тел. Мы должны помнить, что в этой проблеме нелинейности между силами далее не могут предполагаться несуществующими, как это сделано в проблеме двух тел, без радикального изменения природы системы.

В настоящее время мы имеем дело и с другими парадигмами, которые могут оказаться более полезными, чем фракталы или хаос. Эти альтернативные методы тоже тесно связаны с теорией хаоса. Они являются относительно новыми разработками, о которых мы только начинаем узнавать.

Первый из таких подходов носит название теории вейвлетов [6], она явилась обобщением спектрального анализа. Создание вейвлет-теории приписывается Ингрид Добеши (Bell Labs), Григорию Белкину (Schumberger-Doll Research) и Рональду Коифману (Yale University). Спектральный анализ основан на преобразовании Фурье, разлагающем сигнал на ряд синусоидальных волн, которые, будучи сложенными вместе, воссоздают исходный сигнал. Однако применимость спектрального анализа зависит от того, имеет ли система характеристический масштаб; это означает, что каждое меньшее приращение сводится к определенному масштабу в соответствии с некоторым фиксированным числом. Спектральный анализ также ищет периодический цикл. Фрактальные и хаотические временные ряды не имеют характеристического масштаба, поэтому спектральный анализ этих временных рядов дает график, который выглядит как широкополосный шум. Непериодические циклы здесь также вносят свой вклад.

Поскольку вейвлет-теория умеет обращаться с мультимасштабными сигналами, она может быть использована для анализа фрактальных и хаотических временных рядов. Это является основой будущих исследований.

Второй возможностью является концепция «самоорганизованной критичности». Она подробно описана Бэкои и Ченом (1991) и представляет большие возможности в анализе рынков капитала.

Самоорганизованная критичность оказалась полезной при моделировании землетрясений и других естественных явлений, поскольку природные системы имеют тенденцию во все времена прибывать в критических состояниях. Другими словами, они далеки от равновесия.

Самоорганизованная критичность является многообещающим подходом, так как она предлагает физическую модель для воспроизводства фрактальной статистики. По своей сути она является очень плодотворной областью для будущих исследований.

Наконец, не в пример теории хаоса, теория самоорганизованной критичности дает все возможности для предсказаний. Самоорганизованные системы «слабо хаотичны», что означает их нахождение на краю хаоса. Их близкие траектории разбегаются не экспоненциально, а в соответствии со степенным законом. Это означает, что слабо хаотичные системы не имеют временного масштаба, за пределами которого предсказание становилось бы невозможным. Тем самым обеспечивается возможность долгосрочного прогноза.

В заключение – о выборе инструментальных средств для моделирования и анализа рассмотренных в данной статье направлений, а также проведения будущих исследований.

В настоящее время рынок инструментальных средств моделирования включает в себя довольно широкий набор различного рода приложений, как стандартных, так и специализированных.

По нашему мнению, наиболее приемлемым приложением такого рода является система MATLAB (матричная лаборатория). Она была создана специалистами фирмы MathWorks как язык программирования высокого уровня для технических вычислений. Данная система вобрала в себя не только передовой опыт развития и компьютерной реализации численных методов, накопленный за последние десятилетия, но и весь опыт становления математики за всю историю человечества.

Обоснование выбора именно этой системы приведено в следующей таблице.

Таблица

Пакеты системы MATLAB для проведения маркетинговых исследований

Наименование пакета	Функциональное назначение
1. Econometrics Toolbox	Предоставляет функции для моделирования экономических данных. Позволяет выбирать и производить калибровку для моделирования и прогнозирования.
2. Financial Toolbox	Предоставляет функции для математического моделирования и статистического анализа финансовых данных. Позволяет оценить риск, проанализировать уровни процентных ставок, цены на акции и оценить эффективность инвестиций.
3. Fuzzy Logic Toolbox	Предоставляет функции, графические инструменты и блоки для анализа, проектирования и моделирования систем на основе нечеткой логики. Обеспечивает нечеткую кластеризацию и адаптивное нейро-нечеткое обучение.
4. Global Optimization Toolbox	Предоставляет методы поиска глобального решения проблем. Включает в себя глобальный поиск, поиск шаблонов, генетический алгоритм и имитацию нелинейных решателей.
5. Neural Network Toolbox	Предоставляет инструменты для разработки, внедрения, визуализации и моделирования нейронных сетей. Поддерживает динамические сети, самоорганизующиеся карты, а также другие парадигмы сети.
6. Statistics Toolbox	Служит для поддержки широкого спектра общих статистических задач. Содержит встроенные статистические функции и графический интерфейс пользователя для интерактивного анализа данных.
7. Wavelet Toolbox	Содержит графические средства и функции командной строки для изучения и исследования свойств отдельных вейвлетов и вейвлет-пакетов. Позволяет изучить статистики сигналов и компонент сигнала.

Как видно из приведенной таблицы, система MATLAB имеет все необходимые

программные средства для работы с основными моделями, описанными в данной статье:

- статистическая обработка результатов эксперимента;
- нечеткая логика;
- искусственные нейронные сети;
- генетические алгоритмы;
- вейвлет-анализ.

Для работы с указанными моделями была использована одна из последних версий MATLAB R2011b.

Выводы

1. Рынки капитала являются нелинейными системами, однако нынешняя теория рынка не принимает эти нелинейности в расчет. Ввиду этого значимость этой теории значительно снижается.
2. Гипотеза когерентного рынка Вега более приспособлена для обыкновенных акций, чем для облигаций.
3. Требуется новая теория рынков капитала, которая принимала бы в расчет нелинейные эффекты в случаях рынка акций, облигаций и валюты.
4. Фондовый рынок не ограничивается отечественными акциями, а включает также международные активы.
5. Наиболее подходящим инструментальным средством для проведения маркетинговых исследований является система MATLAB.

Список использованных источников:

1. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: Пер. с англ. / Э. Петерс. – М. : Мир, 2000. – 333 с.
2. Данеке Г. Системный выбор: Нелинейная динамика и практический менеджмент. – Университет Мичиган Пресс, 1999. – 288 с.
3. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику / Г.Г. Малинецкий. – М. : Эдиториал УРСС, 2000.
4. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте / М.Л. Кричевский. – СПб. : Питер, 2005. – 304 с.
5. Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон. / К. Асаи [и др.]. – М. : Мир, 1993. – 368 с.
6. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений / В. Дьяконов. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.

Bibliography:

1. Edgar E. Peters. Chaos and order in the capital markets. A new view of cycles, prices, and market volatility. Second edition. – John Wiley & Sons, Inc. New York. (Rus.)
2. Daneke G. Systemic choices: Nonlinear dynamics and practical management / G. Daneke. – University of Michigan, 1999. – 288 p. (Rus.)
3. Malinetsky G.G. Chaos. Structure. Computational experiment. Introduction to nonlinear dynamics / G.G. Malinetsky. – M. : Editorial URSS, 2000. (Rus.)
4. Krichevsky M.L. Intellectual methods in management / M.L. Krichevsky. – SPb. : Piter, 2005. – 304 p. (Rus.)
5. Applied fuzzy systems / K. Asai [et al.]. – M. : Mir, 1993. – 368 c. (Rus.)
6. Dyakonov V. MATLAB. Signal and image processing / V. Dyakonov. – SPb. : Piter, 2002. – 608 c. (Rus.)

Рецензент: Т.Г. Логутова
д-р экон. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила: 10.09.2012