

© О. А. Чикова, А. Г. Оболенская

УДК 501 + 33 + 37

МЕТОДЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**В СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

О. А. Чикова, А. Г. Оболенская (Екатеринбург, Россия)

Современные гуманитарные исследования в быстро изменяющемся мире требуют новых подходов и методов решения назревающих и уже имеющихся проблем. Изучение, рынков уже невозможно без математических методов, без выявления взаимосвязей и взаимозависимостей различных факторов, экзогенного характера, влияющих на ситуацию. Изучение конкурентоспособности субъектов экономики невозможно без определения значимых механизмов роста и прямых или косвенных стимуляторов развития. Методы математической статистики и моделирования играют немаловажную роль в изучении экономических процессов. В этой связи целесообразно обратиться к естественнонаучным методам. Одним из интересных направлений является эконофизика. Неудовлетворенность традиционными объяснениями экономистов была обусловлена несоответствием финансовых наборов данных существовавшим теоретическим моделям. Прогнозы на основе временных рядов – необходимый элемент любой инвестиционной деятельности, развития производственных сил и территорий.

Ключевые слова: эконофизика, теория перколяции, конкурентоспособность, броуновское движение, прогноз развития рынка.

Современные гуманитарные исследования в быстро изменяющемся мире требуют новых подходов и методов решения назревающих и уже имеющихся проблем.

Изучение, к примеру, рынка труда уже невозможно без математических методов, без выявления взаимосвязей и взаимозависимостей различных факторов, влияющих на

* Статья подготовлена по результатам работы Международной научно-практической конференции «Технологическое-экономическое образование в XXI веке» (24–27 сентября 2013 г.) в рамках реализации Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет» на 2012–2016 гг.

Чикова Ольга Анатольевна – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой технологии и экономики, Уральский государственный педагогический университет.

E-mail: chik63@mail.ru

Оболенская Алена Германовна – кандидат экономических наук, доцент Уральский государственный педагогический университет.

E-mail: a.obolenskaya@mail.ru

ситуацию на рынке. Изучение конкурентоспособности субъектов экономики невозможно без определения значимых механизмов роста, прямых или косвенных стимуляторов развития. Безусловно, методы математического моделирования играют важную роль в изучении экономических процессов. Тем не менее, сегодня используемые методы недостаточны для отслеживания всех нюансов и прогнозирования развития. В этой связи целесообразно обратиться к естественнонаучным методам, множество раз апробированным в научных исследованиях. Одним из интересных направлений является эконофизика, возникшая в середине 1990-х гг. как раз в результате попытки заняться сложными проблемами, изложенными экономикой, с точки зрения физических методов. Неудовлетворенность традиционными объяснениями экономистов была обусловлена несоответствием финансовых наборов данных существовавшим теоретическим моделям.

Эконофизика (от экономика и физика) – наука, которая применяет методологию физики к анализу экономических данных.

Сам термин эконофизика был введен американским физиком Х. (Гарри) Юджином Стэнли (en: H. Eugene Stanley) для объединения множества исследований, в которых типично физические методы и приемы использовались при решении экономических задач [1–2]. Торжественное заседание, посвященное открытию эконофизики, было организовано в 1998 г. в Будапеште Дженосом Кертезсом и Имром Кондором.

В 1965 г. Бенуа Мандель Брот обнаружил, что динамика финансовых рядов (колебаний цен на бирже) совершенно

одинакова на малых и больших масштабах времени: по графику такого ряда практически невозможно определить, изображает он колебания цен в течение часа, суток или месяца. Это свойство Мандельброт назвал самоподобием, а обладающие им объекты – фракталами [3]. Исследования процессов с такими свойствами ведутся в физике весьма энергично, и разработанные методы анализа часто (но, не всегда) помогают заметить аномалии в поведении финансовых рядов – предвестники резких обвалов или взлётов цен, более эффективно, нежели стандартные приемы технического анализа, привычно используемые для анализа биржевых трендов.

Тренд в экономике – направление преимущественного движения показателей, основная тенденция временных рядов. При появлении во временном ряду длительной тенденции изменения экономического показателя, говорят, что имеет место тренд. В связи с этим экономико-математическая динамическая модель, в которой развитие моделируемой экономической системы отражается через тренд ее основных показателей, называется трендовой моделью. Для выявления тренда во временных рядах, а также для построения и анализа трендовых моделей используется аппарат теории вероятностей и математической статистики [2].

Тренд обычно рассматривается в рамках экономического анализа, где подразумевают направленность движения цен или значений индексов. Предсказание на основе временных рядов – необходимый элемент любой инвестиционной деятельности. Инвестиции – вложение средств, ограничение текущего потребления с целью получения дохода в будущем – основывается

на идее прогнозирования будущего. Соответственно, предсказание финансовых временных рядов лежит в основе деятельности всей индустрии инвестиций – всех бирж и внебиржевых систем торговли ценными бумагами, валютами.

Динамические процессы, происходящие в экономических системах, чаще всего проявляются в виде ряда последовательно расположенных в хронологическом порядке значений того или иного показателя, который в своих изменениях отражает ход развития изучаемого явления в экономике. Эти значения, в частности, могут служить для обоснования (или отрицания) различных моделей социально-экономических систем [4]. Они служат также основой для разработки прикладных моделей прогнозирования особого вида.

Во временных рядах экономических процессов колебания могут возникать более или менее регулярно. Если они носят строго периодический или близкий к нему характер и завершаются в течение одного года, то их называют сезонными колебаниями. В тех случаях, когда период колебаний составляет несколько лет, то во временном ряду присутствует циклическая компонента. Тренд, сезонная и циклическая компоненты называются регулярными, или систематическими компонентами временного ряда. Составная часть временного ряда, остающаяся после выделения из него регулярных компонент, представляет собой случайную, нерегулярную компоненту. Она является обязательной составной частью любого временного ряда в экономике, так как случайные отклонения неизбежно сопутствуют любому экономическому явлению.

Временной ряд экономических показателей можно разложить на четыре структурно образующих элемента [2]:

- тренд, составляющие которого обозначаются $U_t, t = 1, 2, \dots, n$;
- сезонная компонента, обозначаемая через $V_t, t = 1, 2, \dots, n$;
- циклическая компонента, обозначаемая через $C_t, t = 1, 2, \dots, n$;
- случайная компонента, которую обозначают $\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, n$.

Если систематические компоненты временного ряда определены правильно, то та, которая осталась (остаточная последовательность) после выделения из временного ряда этих компонент, будет случайной компонентой ряда. Эта компонента будет обладать следующими свойствами: случайностью колебаний уровней остаточной последовательности; соответствием распределения случайной компоненты нормальному закону распределения; равенством математического ожидания случайной компоненты нулю; независимостью значений уровней случайной последовательности, то есть отсутствием существенной автокорреляции.

Проверка адекватности трендовых моделей основана на проверке выполнимости у остаточной последовательности указанных четырех свойств. Если не выполняется, хотя бы одно из них, модель признается неадекватной; при выполнении всех четырех свойств модель адекватна.

Предварительный анализ временных рядов экономических показателей заключается в основном в выявлении и устранении аномальных значений уровней ряда, а также в определении наличия тренда и его характера в исходном временном ряду. К предварительной обработке временных рядов относятся методы изменения

временных рядов с целью более четкого выделения тенденций развития, сглаживания временного ряда.

Под аномальным уровнем понимается отдельное значение уровня временного ряда, которое не отвечает потенциальным возможностям исследуемой экономической системы и которое, оставаясь в качестве уровня ряда, оказывает существенное влияние на значения основных характеристик временного ряда, в том числе на соответствующую трендовую модель. Причинами аномальных наблюдений могут быть ошибки технического порядка, или ошибки при передаче информации.

В свою очередь, французский математик Луи Башелье ещё в самом начале XX в. в своей «Теории спекуляций» пытался описать динамику финансовых рядов по аналогии с броуновским движением – хаотическим движением молекул в жидкости или газе. Современные модели, обобщающие такой подход, порождают фрактальные процессы, очень похожие по статистическим параметрам на реальные финансовые ряды. Многие из этих моделей опираются на созданную в 1970–1990-е гг. теорию хаотических динамических систем – уравнений, порождающих сложную динамику, иногда почти неотличимую от случайного процесса. И верно, биржевые операции совершаются экономическими агентами по часто субъективным и спекулятивным мотивам, предсказать такие действия на основе технического анализа экономической ситуации в мировой экономической системе зачастую не просто, а иногда и вовсе невозможно.

Одной из популярных таких моделей является геометрическое броуновское движение, так же известное под именем экспоненциального броуновского движения.

Эта модель может достаточно успешно применяться для моделирования ценовой динамики рискованных активов – таких как акции, фондовые индексы, товарные фьючерсы и т.п. Она позволяет легко найти ожидаемое значение цены в любой момент времени. Для этого нужно лишь задать стартовое значение цены и знать ожидаемые доходность и волатильность.

Применение подобных уравнений оправданно в составлении финансовых прогнозов, хотя время, представляется, и ресурсозатратным.

На современном этапе развития экономических процессов, также представляется эффективным использование теории перколяции для описания социальных и финансовых процессов. Теория перколяции используется в физике для описания хаоса и представляет собой кластерную модель [5]. В облегченном виде кластерные модели используются государственными и муниципальными управленцами при размещении производительных сил в региональной экономике, в градостроительстве и т.п. элементы кластерной теории показали свою применимость в экономических процессах.

Суть теории перколяции заключается в следующем. Представим себе квадратную решетку и предположим, что каждый квадрат этой решетки или "ячейка" может находиться в двух состояниях "занято" или "пусто". Каждая ячейка занимается с вероятностью p независимо от состояния соседних ячеек. Эта модель в физике называется ячеечной перколяцией. Занятые ячейки либо изолированы друг от друга, либо образуют группы, состоящие из ближайших соседей. Кластер – группа занятых ячеек решетки, связанных с ближайшим соседом по стороне ячейки. Две занятые ячейки принадлежат одному

кластеру, если они соединены путем, состоящим из занятых ячеек

Один из простых способов изучения перколяции основан на использовании генератора случайных чисел. Вычислительная процедура при этом сводится к генерации случайного числа и его сравнению с некоторым порогом p (ячейка решетки считается занятой, если случайное число меньше p). Если вероятность занятия ячейки мала, то можно ожидать, что будут присутствовать только небольшие, изолированные кластеры. По сравнению с этим, если $p \sim 1$, то можно ожидать, что большинство занятых ячеек образуют один большой кластер, который протянется от одной стороны решетки до другой. О таком кластере говорят, что он "перекидывается" через решетку, и называют соединяющим кластером. С физической точки зрения переход из состояния, в котором существует соединяющий кластер, в состояние, в котором данного кластера не образуется, является математической моделью [5].

Характерной особенностью, присущей перколяции, является связность. Поскольку связность обнаруживает качественное изменение при конкретном значении некоторого параметра, который можно менять непрерывно, переход из состояния, не содержащего соединяющий кластер, в состояние с одним соединяющим кластером представляет собой качественный переход.

Подобные модели можно легко просчитывать и обрабатывать с помощью специальных информационных технологий, программных средств представленных на сайтах разработчиков ПО.

Наиболее популярным методом естественных наук в отношении социально-экономических исследований, безусловно, является корреляционный анализ [6].

Выделяют два основных вида проявления количественных связей между признаками: функциональная связь и корреляционная связь. Под функциональной связью понимается такой вид соотношения между двумя признаками, когда каждому значению одного из них соответствует строго определенное значение другого (площадь круга зависит от радиуса круга). Функциональная связь характерна для физико-математических процессов. Под корреляционной связью понимается такой вид соотношения между двумя признаками, когда каждому значению одного из них соответствует несколько значений другого взаимосвязанного с ним признака (рост и вес человека и т.п.). Корреляционная связь характерна для медико-биологических процессов.

Практическое значение установление корреляционной связи в экономических процессах заключается в выявлении причинно-следственных связей между факторным и результативным признаками (при оценки финансового благополучия, для определения связи между условиями труда, быта, состоянием здоровья и доходом, при определении зависимости частоты случаев увольнений от возраста, стажа, наличие производственных новаций и другое); установлении зависимости параллельных изменений нескольких признаков от какой-то третьей величины (например, при повышении резервной нормы происходит изменение ставок, инвестиционной активности, количества рабочих мест, зарплат и др). Известны два способа представления корреляционной связи: график (диаграмма рассеяния); коэффициент корреляции. Коэффициент корреляции, который одним числом дает представление о направлении и силе связи между признаками

или явлениями, пределы его колебаний от 0 до ± 1 . Различают прямую и обратную корреляционную связь. Сила корреляционной связи: сильная ($\pm 0,7$ до ± 1); средняя ($\pm 0,3$ до $\pm 0,699$); слабая (0 до $\pm 0,299$). Наиболее известные методы определения коэффициента корреляции: метод квадратов (метод Пирсона); ранговый метод (метод Спирмена) [7]. Методические требования к использованию коэффициента корреляции:

– измерение связи возможно только в качестве однородных совокупностей (например, измерение связи между количеством предприятий малого бизнеса и количеством занятых в совокупности, однородных по отраслевому и территориальному признаку;

– расчет может производиться с использованием абсолютных или производных величин;

– для вычисления коэффициента корреляции используется не сгруппированные вариационные ряды (это требование применяется только при вычислении коэффициента корреляции по методу квадратов);

– число наблюдений менее 30.

Метод ранговой корреляции (метод Спирмена) применяется когда:

– нет необходимости в точном установлении силы связи, а достаточно ориентировочных данных;

– признаки представлены не только количественными, но и атрибутивными значениями;

– ряды распределения признаков имеют открытые варианты (например, стаж работы до 1 года).

Метод квадратов (метод Пирсона) применяется когда:

– требуется точное установление связи между признаками;

– признаки имеют только количественное выражение.

Основная проблема при применении методов математической статистики для анализа опытных зависимостей в социально-экономических исследованиях – малый объем выборки [7]. Дело в том, что когда число экспериментальных точек велико (100 или более опытов), можно считать при расчете случайной ошибки, что распределение экспериментальных данных является нормальным. При малом числе опытов нет способов проверить это предположение. Для анализа малых выборок применяют непараметрические методы, которые позволяют решить следующие задачи:

1. Оценка степени зависимости между переменными (выявление временной зависимости);

2. Определение критерия различия для зависимых выборок (сравнение значений при одинаковых условиях);

3. Определение критерия различия для независимых выборок (величина мало меняется и необходимо сравнить, насколько значимо различаются полученные данные).

Используют непараметрическую альтернативу коэффициенту корреляции Пирсона – корреляцию Спирмена. Корреляцию Спирмена можно представить как вычисленную по рангам корреляцию Пирсона, т.е. в терминах доли изменения одной величины, связанной с изменением другой. Для решения 2 и 3 задачи традиционно используется t-критерий сравнения средних в двух группах данных.

Для решения задачи 2 авторы применяли критерий знаков. Это непараметрическая альтернатива t-критерию для зависимых выборок. Критерий применяется в ситуациях, когда

исследователь проводит два измерения (например, при разных условиях) одних и тех же субъектов и желает установить наличие или отсутствие различия.

Для решения задачи 3 применяли критерии серий Вальда-Вольфовица, Манна-Уитни и двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова. Все эти критерии представляют собой непараметрические альтернативы t-критерию для независимых выборок [6].

Методы обработки данных естественно-научного эксперимента также актуальны при анализе результатов социально-экономических исследований [8]. Перечислим наиболее популярные из них.

1. Устранение тренда.

Такая задача возникает, когда интерес исследования заключается не в анализе медленных или (низкочастотных) вариаций сигнала $y(x)$ (для чего применяется сглаживание данных), а в анализе быстрых его изменений. Часто бывает, что быстрые (или высокочастотные) вариации накладываются определенным образом на медленные, которые обычно называют трендом. Часто тренд имеет заранее предсказуемый вид, например линейный.

Чтобы устранить тренд, можно предложить следующую последовательность действий: вычислить регрессию $f(x)$, например линейную, исходя из априорной информации о тренде; вычесть из данных $y(x)$ тренд $f(x)$.

2. Скользящее усреднение – один из самых популярных алгоритмов сглаживания.

Его суть в расчете для каждого значения аргумента x среднего значения по соседним w данным. Число w называется окном скользящего усреднения: чем оно больше, тем больше данных участвует в

расчете среднего, тем более сглаженная кривая получается. Естественно, что при малых w избранные кривые практически повторяют ход изменения данных, а при большом w отражают лишь закономерность их медленных вариаций.

3. Полосовая фильтрация.

В предыдущих пунктах была рассмотрена фильтрация двух типов. Быстрых вариантов сигнала (сглаживание) и его медленных вариаций (снятие тренда). Иногда требуется выделить среднemasштабную составляющую сигнала, уменьшив как более быстрее, так и более медленные его компоненты. Одна из возможностей решения этой задачи связана с применением полосовой фильтрации на основе последовательного скользящего усреднения.

Алгоритм полосовой фильтрации реализует такую последовательность операций:

1) приведение массива данных y_i к нулевому среднему значению путем его вычитание из каждого элемента y_i .

2) Устранение из y высокочастотной составляющей, имеющие целью получить сглаженный сигнал, например, с помощью скользящего усреднения с малым окном w .

3) Выделение из сигнала низкочастотной составляющей, например, путем скользящего усреднения с большим окном w , либо с помощью снятия тренда.

4) Вычесть из сигнала тренда, тем самым выделяя среднemasштабную составляющую исходного сигнала y .

Эти способы анализа весьма эффективны для работы с массивами социально-экономических показателей с большой рассеянностью.

В последнее время также возрос интерес к вейвлетному (или дискретному

волновому) преобразованию. Оно применяется, главным образом, для анализа нестационарных данных и для задач подобного рода оказывается более эффективным, чем преобразование Фурье. Основным отличием вейвлетного преобразования является разложение данных не по синусоидам (как для преобразования Фурье), а по другим функциям, называемым вейвлетобразующими. Вейвлетобразующие функции, в противоположность бесконечно осциллирующим синусоидам, локализованы в некоторой ограниченной области своего аргумента, а вдали от нее равны нулю или ничтожно малы.

Из-за своего математического смысла вейвлет-спектр имеет не один аргумент, а два. Помимо частоты, вторым аргументом b является место локализации вейвлетобразующей функции. Поэтому b имеет ту же размерность, что и x . Анализу подвергается функция, составленная из суммы двух

синусов, а график двухпараметрического спектра $C(a, b)$ выведен в виде привычных для вейвлет-анализа линий уровня на плоскости (a, b) .

Таким образом, применение естественнонаучных методов в гуманитарных исследованиях позволит описать явления общественной жизни с помощью математических моделей. Такой подход выявляет даже зависимости, определяет силу их влияния и дает возможность, с большей долей вероятности, спрогнозировать будущие процессы, а сегодняшние подвергнуть нужным коррективам. Применение таких методов особенно актуально, поскольку для финансовой активности любого субъекта современной быстро меняющейся экономики важно с максимальной точностью распланировать имеющиеся ресурсы для получения экономической пользы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: в 2 частях. Ч. 2; пер. с англ. В. А. Панченко, А. Н. Полюдов, – М.: Мир, 1990. – 400 с.
2. Кирьянов Д. В., Кирьянова Е. Н. Вычислительная физика – М.: Полибук Мультимедиа, 2006. – 352 с.
3. Эфрос А. Л. Физика и геометрия беспорядка. – М.: Наука, 1982. – 176с.
4. Латуха О. А. Математическая модель инновационной деятельности современного вуза // Вестник НГПУ – 2011. – № 1. – С. 69–73.
5. Тарасевич Ю. Ю. Перколяция : теория, приложения, алгоритмы. – М.: 2012. – 112 с.
6. Рахаев Б. М., Карчаева Б. М., Кудалиева Л. М., Трамова М. Ш. Закономерные случайности экономического роста // TERRA ECONOMICUS. – 2006. – Т. 4. – № 1. – С. 106–115.
7. Боровиков В. Statistica: искусство анализа данных на компьютере. – СПб : Питер, 2003. – 688 с.
8. Поршнев С. В., Овечкина Е. В., Машенко М. В., Каплан А. В., Каплан В. Е. Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2009. – 336 с.

© O. A. Chikova, A. G. Obolenskaya

UDC 501 + 33 + 37

METHODS OF NATURAL SCIENCES IN SOCIAL AND HUMAN RESEARCH

O. A. Chikova, A. G. Obolenskaya (Ekaterinburg, Russia)

Modern scientific research in the rapidly changing world requires new approaches and methods to address existing problems. The study of markets are not possible without mathematical methods, without identifying linkages and interdependencies of various factors, exogenous factors affecting the situation. The study of the competitiveness of economic agents is impossible without definition of significant mechanisms of growth and straight lines or indirect stimulators of development. Mathematical statistics and modeling play an important role in the study of economic processes. In this connection it is useful to turn to the methods of the natural sciences. One of the interesting trends is econophysics. Dissatisfaction with traditional explanations of economists was due to the mismatch of financial data sets of existing theoretical models. Projections on the basis of temporary ranks is a necessary element of any investment activity, development of production forces and territories.

Keywords: *econophysics, percolation theory, competitiveness, Brownian motion.*

REFERENCES

1. **Gould H., Tobochnik Ya.** Computer modeling in physics: in 2 parts / Translate by V. A. Panchenko, A.N. Polyudov. – M.: Mir, 1990. – Part 2. – 400 p.
2. **Kiryanov A. I., Kiryanova E. N.** Computational physics. – M: Polybook Multimedia, 2006. – 352 p.
3. **Efros A. L.** Physics and geometry disorder. – M.: Nauka, 1982. – 176 p.
4. **Latuha O. A.** Mathematical model of innovative activity of modern high school // NSPU Bulletin – 2011. – № 1. – Pp. 69–73.
5. **Tarasevich Yu. Yu.** Percolation Theory, applications, algorithms. – M: 2012. – 112 p.
6. **Rahaev B. M., Karchaeva B. M., Kudalieva L. M., Tramova M. S.** Natural randomness of economic growth // TERRA ECONOMICUS. – 2006. – Vol. 4. – № 1. – Pp. 106–115.
7. **Borovikov V.** Statistica: art of the analysis of the data on your computer. – St. Petersburg : Piter. – 2003. – 688 p.
8. **Porshnev S. V., Ovechkin E. V., Mashchenko M. V., Kaplan A. V., Kaplan V. E.** Computer analysis and interpretation of the empirical dependences. – M: ООО «Binom-Press». – 2009. – 336 p.

Chikova Olga Anatolevna – the doctor of physical and mathematic sciences, the head of department of technology and economics, Ural State Pedagogical University.

E-mail: chik63@mail.ru



Obolenskaya Alena Germanovna – the candidate of economical sciences, associate professor, Ural State Pedagogical University.

E-mail: a.obolenskaya@mail.ru