

## АДДИТИВНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

А.П. Гнищевич

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, [agap@tut.by](mailto:agap@tut.by)

Разнообразные содержательные задачи экономического анализа требуют использования статистических данных, характеризующих исследуемые экономические процессы и развернутых во времени в форме временных рядов. При этом нередко одни и те же временные ряды используются для решения разных содержательных проблем.

В конце 1980-х - начале 1990-х гг. было осознано, что только учет временной структуры данных о реальных экономических процессах позволяет адекватно отразить их в математических и эконометрических моделях. Осознание этого факта привело как к ревизии многих макроэкономических теорий и построений, так и к бурному развитию специфических методов анализа таких данных. Знание этих методов и способов применения их к анализу конкретных экономических процессов, является в настоящее время необходимой составляющей подготовки экономистов-исследователей (аналитиков) [1].

В последние годы в научной эконометрической литературе большое внимание уделяется методам исследования рядов динамики макроэкономических показателей. Премия памяти А. Нобеля по экономике 2003 года присуждена Роберту Инглу «За разработку метода анализа временных рядов в экономике на основе математической модели с авторегрессионной условной гетероскедастичностью (ARCH)» и Клайву Грэнджеру «За разработку метода коинтеграции для анализа временных рядов в экономике».

Развитие методов анализа временных рядов стимулируется и практическими потребностями деятельности многочисленной армии как профессиональных биржевых трейдеров, так и любителей, привлеченных широким распространением и доступностью интернет-терминалов форекс-платформ, программ технического анализа динамики финансовых рынков. Из широко распространенных можно перечислить MetaStock, Omega Research ProSuite & Tradestation, Wealth-Lab Developer, MetaTrader, AmiBroker.

Разработанные для целей экономических исследований методы анализа нестационарных случайных процессов существенно отличаются от нашедших широкое применение в технике и теории управления методик работы со стационарными случайными процессами. В силу сложности исследуемых явлений эти методы предъявляют повышенные требования к математической, эконометрической подготовке студентов и их знаниям современных подходов экономической теории. Это же обстоятельство ограничивает возможности широкого применения современных статистических методов анализа временных рядов в практической деятельности.

В настоящее время для решения различных практических задач экономики применяется большое количество методов и инструментов анализа временных рядов. В том числе из теорий нейросетей, нечеткой логики, динамического хаоса, генетических алгоритмов, эволюционного программирования, трендового анализа (моделей авторегрессии, скользящего среднего, Бокса-Дженкинса ARIMA), волнового анализа (Л. Фибоначчи, Ч. Доу, Р. Эллиота, Г. Нилли), вероятностно-статистические методы Монте-Карло (Н. Талеб), и др.

В сущности, все методы (и их комбинации) от самых простых до самых сложных находят своё применение в зависимости от области, целей и задач исследования временных рядов.

В большинстве исследований и практике построения эконометрических (как правило, регрессионных) моделей основное внимание уделяется проблемам идентификации моделей, отбору эн-

догенных и экзогенных показателей, но зачастую не обращается внимание на анализ структуры статистических временных рядов.

Далеко не всегда значения временного ряда формируются только под воздействием каких-либо факторов. Нередко бывает, что развитие того или иного процесса обусловлено его внутренними закономерностями, а отклонения от детерминированного процесса вызваны ошибками измерений, случайными флуктуациями или внешними воздействиями. В механических системах если на них не воздействуют внешние силы, их колебания происходят со своей собственной частотой. Выдвигаются логичные предположения, что и экономическим системам присущи достаточно определенно рассчитываемые детерминированные собственные колебания.

В ситуациях, когда временной ряд формируется под воздействием некоторого набора случайных и неслучайных факторов, анализ отдельных составляющих временных рядов, как факторных, так и случайных, имеет огромное значение. Это необходимо для правильной идентификации моделей, которые строятся по информации об исследуемых процессах (векторные авторегрессии, модели коррекции ошибок, динамические модели с распределенными запаздываниями и т.п.) [2].

При анализе временных рядов весьма важно исследование, описание и моделирование их структуры. Цель таких исследований может быть шире идентификации моделей соответствующих процессов, экстраполяции и прогнозирования временного ряда.

В связи с наличием ошибок измерения экономических показателей, наличием случайных флуктуаций, свойственных экономическим системам, при исследовании временных рядов широко применяется вероятностно-статистический подход. В рамках такого подхода наблюдаемый временной ряд понимается как реализация некоторого случайного процесса.

Однако и в этом случае, как правило, неявно предполагается, что временной ряд имеет какую-то структуру, отличающую его от последовательности независимых случайных величин, так что наблюдения не являются набором совершенно независимых числовых значений.

Некоторые элементы структуры ряда иногда можно выявить уже на основании простого визуального анализа графика ряда. Это относится, например, к таким компонентам ряда, как тренд и циклы.

**Декомпозиция.** Как правило, выделяются 4 типа основных факторов (под воздействием которых формируются значения временного ряда), определяющих генезис наблюдений (механизм порождения данных), которые образуют временной ряд и соответственно его структуру [3]:

*Долговременные* - формирующие общую (в длительной перспективе) тенденцию в изменении анализируемого признака  $x_t$ . Обычно эта тенденция описывается с помощью той или иной неслучайной функции  $f_{\text{тр}}(t)$  (аргументом которой является время), как правило, монотонной. Эту функцию называют функцией тренда или просто – трендом.

*Сезонные* - формирующие периодически повторяющиеся в определенные периоды года колебания анализируемого признака. Поскольку эти составляющие  $\varphi^j(t)$  должны быть периодическими (с периодами, кратными «сезонам» -  $j$ ), в их аналитическом выражении участвуют гармоники (тригонометрические функции), периодичность которых, как правило, обусловлена содержательной сущностью задачи.

*Циклические (конъюнктурные)* - формирующие изменения анализируемого признака, обусловленные действием непериодических циклов экономической организационно-управленческой или иной природы. Результат действия циклических факторов обозначим с помощью неслучайной функции  $\psi(t)$ .

*Случайные (нерегулярные)* - не поддающиеся учету и регистрации. Их воздействие на формирование значений временного ряда как раз и обуславливает стохастическую природу элементов  $x_t$ , а, следовательно, и необходимость интерпретации  $x_1, \dots, x_T$  как наблюдений, произведенных над случайными величинами  $\xi_1, \dots, \xi_T$ . Будем обозначать результат воздействия случайных факторов с помощью случайных величин (остатков, ошибок)  $\varepsilon_t$ .

Конечно, вовсе не обязательно, чтобы в процессе формирования значений всякого временного ряда участвовали одновременно факторы всех четырех типов. Выводы о том, участвуют или нет факторы данного типа в формировании значений конкретного ряда, могут базироваться как на анализе содержательной сущности задачи, так и на специальном статистическом анализе исследуемого временного ряда. Таким образом, в общем виде модель декомпозиции временного ряда (при аддитивной структурной схеме влияния факторов) выглядит как:

$$x_t = \chi_1 f(t) + \sum_j \chi_2^j \varphi^j(t) + \chi_3 \psi(t) + \varepsilon_t. \quad (1)$$

**Принцип аддитивности разложения**, весьма важен, как для формальной идентификации декомпозиционной модели, так и для содержательных целей их использования в конкретных экономических задачах.

Весьма эффективное применение эта методика нашла в дедуктивном анализе и количественной оценке потерь и резервов использования производственных мощностей строительных организаций (рис.).

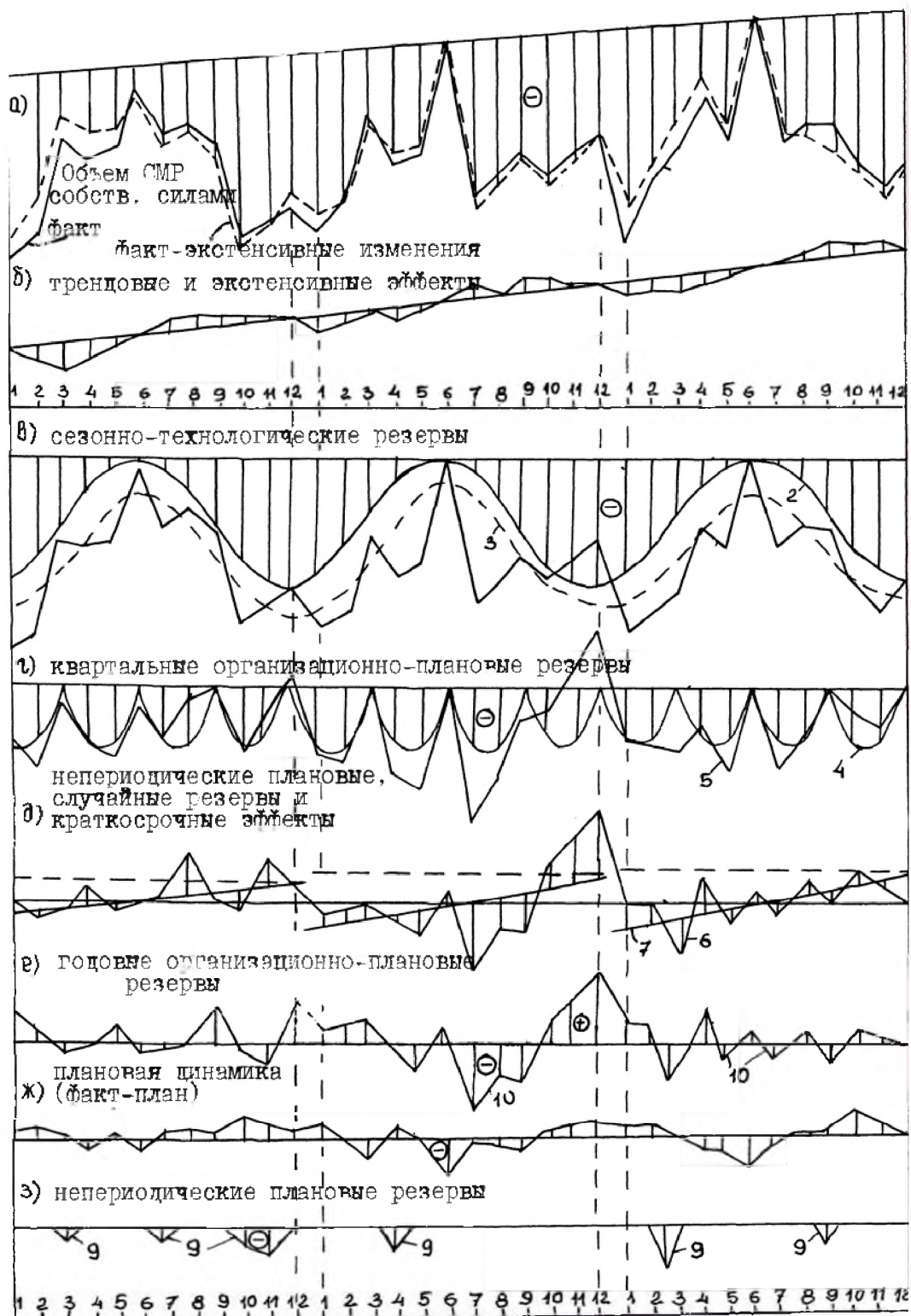


Рисунок 1 – Графическая интерпретация аддитивной декомпозиции на примере динамики объемов работ строительной организации

Важным преимуществом применения аддитивной декомпозиции временных рядов в анализе резервов использования производственных мощностей предприятий является то, что достаточно структурированные данные о производственных потерях могут быть получены лишь на основе

данных о динамике объёмов производства и количества производственных ресурсов. При этом не требуются экспертные наблюдения, использование данных о простоях и т.п., объективность которых невелика и явно присутствует заинтересованность в их искажении.

Принцип аддитивности при таком подходе дает возможность локализовать факторы и мероприятия по повышению эффективности производства и количественно оценить потенциал их различных групп.

В задачах кратко- и среднесрочного прогноза аддитивность дает возможность экстраполировать, и делать прогноз динамики отдельных составляющих объемов производства (уменьшая зашумленность другими составляющими) с последующей интеграцией результатов. Что существенно повышает и статистическое и содержательное качество прогноза.

Однако рассмотренный подход к анализу временных рядов для разных предприятий требует решения следующих базисных задач:

1. выяснять стационарность ряда, т.е. принадлежность к одному из двух классов (TS или DS);
2. определять, какие из неслучайных функций присутствуют в разложении (1), т.е. определить значения индикаторов  $\chi_i$ ;
3. проверять аддитивность, не коррелируемость функций разложения (1);
4. строить «хорошие» оценки для тех неслучайных функций, которые присутствуют в разложении (1);
5. подбирать модель, адекватно описывающую поведение случайных остатков  $\varepsilon_i$ , и статистически оценить параметры этой модели.

Важно так же то, что реализация рассмотренного подхода в практических задачах может основываться на инструментах, в том числе программных продуктах, различной сложности.

#### Литература:

1. Канторович, Г.Г. Анализ временных рядов / Г.Г. Канторович // Экономический журнал ВШЭ. – 2002. - № 1 – 85-116с.
2. Дробушевский, С. Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей / С. Дробушевский, В. Носко, Р. Энтов, А. Юдин М.: ИЭПП, 2001, - 172с.
3. Гницевич, А.П., Ильин Н.И. Методы совершенствования организационно-технологической подготовки строительного производства / А. П. Гницевич – М.: Стройиздат, 1985, – 43-67с.