

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

---

---

УДК 338.27

© В. К. СЕМЕНЫЧЕВ, 2015

Самарская академия государственного  
и муниципального управления (САГМУ), Россия

E-mail: 505tot@mail.ru

## ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ АНАЛИЗА ДЛИННЫХ И КРАТКОСРОЧНЫХ ЦИКЛОВ

*В статье предложен параметрический инструментарий моделирования и прогнозирования колебательных компонент (длинных, краткосрочных циклов и сезонных компонент) на относительно коротких выборках с использованием комплекса логистических трендов, взаимодействующих с колебательной компонентой, при итерационной параметрической тренд-колебательной декомпозиции.*

**Ключевые слова:** параметрическое моделирование и прогнозирование, циклы, сезонная компонента, логистические тренды, итерационная параметрическая тренд-колебательная декомпозиция, относительно короткие выборки, модели авторегрессии — скользящего среднего, генетический алгоритм.

Для настоящего времени характерно интенсивное проникновение инструментария (моделей динамики и методов их идентификации) эконометрики для анализа (моделирования и прогнозирования) временных рядов показателей на макро-, мезо- и микроуровнях социально-экономических систем [1].

Однако практическая ценность применения известного инструментария эконометрики существенно сдерживается из-за многокомпонентности и нелинейности моделей компонент реальных временных рядов. Известен прием декомпозиции временных рядов (выделение в них трендов и колебательных компонент): длинных с периодом в 45–50 лет циклов Кондратьева, среднесрочных с периодом 8–12 лет циклов Жюгляра, Кузнеца, а также краткосрочных с периодом 3–3,5 года циклов Китчина [2] и сезонных компонент с периодом до одного года.

Начнем с задачи анализа трендов. Реальные тренды циклов могут рассматриваться отдельно, но в ряде задач оправдано их рассмотрение как результат алгебры взаимодействия отдельных парциальных трендов (т. е. они будут являться мультитрендами). Характер взаимодействия каждого из них с колебательной компонентой может быть различным: не только традиционно аддитивным (независимым), но и определяемым тем или образом трендом [3–6].

Модели трендов могут формироваться как решения соответствующих дифференциальных уравнений роста или быть феноменологическими: конструируемыми, как правило, на относительно коротких выборках (до 30–50 наблюдений). В большинстве известных работ тренды (известное количество их исчисляется десятками) обычно моделируют алгебраическими, дробно-рациональными, гиперболическими и экспоненциальными полиномами. Однако в реальной практике, особенно в макроэкономике, трендам больше соответствуют модели логистического вида, отражающие эволюцию анализируемых показателей. Лишь в [2] сделана попытка применения классической логистической кумулятивной (накопленной) функции Ферхульста, предложенной в XIX в. Сегодня известно применение уже нескольких десятков различных логистических моделей, в том числе и импульсных, являющихся производными от кумулятивных [3, 6–13].

Общее количество известных и в большей мере предложенных нами кумулятивных и импульсных логистических показателей, формирующих модели жизненного цикла продуктов (ЖЦП), динамику социально-экономических объектов и технологий, превысило 350 [3, 7, 10–12, 14]. Причем каждая из моделей ЖЦП соответствует своему характеру эволюции, своим условиям формирования трендов, имеет различную асимметрию относительно точки перегиба, разные асимптоты и начальные условия. Очевидно, что при анализе циклов необходимо это многообразие отразить также большим количеством логистических моделей, а не только моделью Ферхульста.

Откажемся от использования в решаемой задаче алгоритмического подхода в пользу параметрического, т. к. мы ограничены в длине выборки и актуально осуществлять прогнозирование как конечную цель моделирования.

Принятые и предложенные параметрические модели логистических трендов, а также методы их идентификации на относительно коротких выборках реализованы с высокой точностью (коэффициент детерминации более 0,95, а второй коэффициент Тейла не более 10%). Это показано на сотнях реальных выборок при использовании предложенных методов: итерационной параметрической тренд-колеба-

тельной декомпозиции [12], обобщенных параметрических моделей авторегрессии — скользящего среднего (ARMA-моделей) для довольно широкого класса трендов и, особенно, при эволюции амплитуд гармоник, формирующих колебательную компоненту [3, 13, 15, 16], а также универсальные методы идентификации на основе генетических алгоритмов (ГА) и других методов на основе нейросетей [3]. Реальные примеры относились к анализу динамики добычи невозполняемых ресурсов (колоколообразные модели добычи нефти, газа, угля, золота), динамики потребления энергоресурсов, урожайности зерновых культур, социально-экономических процессов (безработицы, миграции, управления вузом), ВВП, цен на квартиры, спроса на программные средства и гаджеты ИТ-индустрии [3, 6–12, 14].

Продемонстрируем еще одно важное свойство предложенного инструментария. Существенным приближением к реальной практике динамики показателей явились полученные результаты по моделированию несимметричности логистической импульсной модели трендов. Несимметричность обычно формируется из-за принимаемых решений (технологических, инвестиционных и других) для продления активной (доходной) фазы ЖЦП [3, 7]. Для этого в известные импульсные логистические модели динамики невозполняемых ресурсов (Хабберта, Гаусса, Коши—Лоренца—Капицы, логнормального распределения, Хаммонда—Маккея) введен набор моделей кумулятивных логистических функций: Ферхульста, Ричардса, Рамсея, Гомпертца и его «правой» модификации [3, 5, 7, 8].

Анализ полученных результатов моделирования и прогнозирования их сочетаний моделями ЖЦП и асимметрии позволил обосновать более точную модель для показателей соответствующего уровня агрегирования показателей. Например, для добычи невозполняемых ресурсов это будут данные отдельного месторождения, региона, страны, группы стран, мира.

Для идентификации моделей трендов был довольно успешно применен метод двухэтапных процедур с использованием ARMA-моделей, линейные параметры которых на первом этапе определяет МНК, а затем через них рассчитываются параметры моделей трендов [13, 16].

Однако применение ARMA-моделей ограничено возможностью относительно простого использования только при числе параметров моделей трендов не более четырех-пяти [3] и, более того, практически невозможно для некоторых видов трендов, широко применяемых в экономической практике моделей. Кроме того, точностные характеристики идентификации, в зависимости от структуры вхождения стохастической компоненты в модель ряда, могут быть гетероскедастич-

ны. Именно поэтому зачастую структуру вхождения стохастической компоненты назначают просто «удобно» для выполнения того или иного метода идентификации.

Обратим теперь внимание на то, что классический спектральный анализ не позволяет обеспечить достаточную точность на относительно малых выборках [1], поэтому практическую ценность даст лишь предложенный метод итерационной параметрической декомпозиции тренд-колебательных временных рядов [15], который попеременно идентифицирует трендовые и колебательные компоненты с высокой точностью каждой из них, *в том числе на доле длительности периода самой низкочастотной гармонике суммы* (при соответствующем выборе периода дискретизации). Тогда становится возможным точное и простое применение ARMA-моделей для идентификации параметров колебательной компоненты ряда, моделируемой обычно суммой двух-трех гармоник, в общем случае некратных, причем с возможностью эволюции их амплитуд по экспоненциальному, линейному и другим законам [3].

Важно, что методы итерационной параметрической декомпозиции работоспособны не только для наиболее простой аддитивной (независимой от тренда) тренд-колебательной структуры, но и для более сложных структур взаимодействия трендов и колебательных компонент [5, 6, 15]: для случая, когда колебательная компонента пропорциональна тренду; для случая, когда отдельные гармоники независимы от тренда, а другие — пропорциональны тренду; и, наконец, для случая, когда меньшим уровням тренда соответствует изменение частоты колебаний, а большим — ее стабильность.

Отметим и большую универсальность, большую область приложений описываемого инструментария (по номенклатуре анализируемых моделей трендов, по инвариантности к возможной структуре вхождения стохастической компоненты в модель временного ряда) идентификации на основе ГА.

Именно на основе ГА был реализован мультимодельный анализ: на «текущей» относительно короткой выборке, перемещающейся по анализируемой выборке, подбирались модели трендов и колебательных компонент, а также структуры их взаимодействия, обеспечивающие лучшие по точности результаты [17]. Отслеживая мониторинг точности моделей, получим более точные оценки динамики: на реальных данных анализа ЖЦП невозполняемых ресурсов зафиксировано двух-, трехкратное повышение точности прогнозирования при, одновременно, некотором увеличении точности моделирова-

ния. Применительно к анализу циклов это позволит точнее определить их начало и конец, связать их с внутренними и внешними условиями формирования.

Таким образом, видим, что обстоятельно рассмотренный на тестовых и реальных выборках, широко представленный авторами в отечественной и зарубежной научной литературе параметрический инструментарий анализа динамики добычи большого числа объектов анализа — невозполняемых ресурсов (моделей добычи нефти, газа, угля, золота), цен на квартиры, спроса на программные средства и гаджеты ИТ-индустрии, динамики потребления энергоресурсов, социально-экономических процессов (безработицы, миграции, управления вузом), ВВП и др. — в полной мере отвечает актуальному решению проблемы повышения точности анализа на относительно коротких выборках длинных циклов Кондратьева, среднесрочных циклов Жюгьяра, Кузнеца, а также краткосрочных циклов Китчина.

### Литература

1. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика. Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 656 с.
2. Садовничий В. А., Акаев А. А., Коротаев А. В., Малков С. Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М.: ИСПИ РАН, 2012. 359 с. (Экономика и социология знания).
3. Семенычев В. К., Семенычев Е. В. Параметрическая идентификация рядов динамики: структуры, модели, эволюция: монография. Самара: СамНЦ РАН, 2011. 364 с.
4. Семенычев В. К., Семенычев Е. В., Семенычев В. В. Классификация видов и структуры идентификации эволюции временных рядов экономической динамики // Вестник Самарского муниципального института управления. 2009. № 9. С. 60–66.
5. Семенычев В. К. Структуры мультитрендовых временных рядов с колебательной компонентой // Вестник Самарского муниципального института управления. 2014. № 3 (30). С. 7–12.
6. Семенычев В. К., Куркин Е. И., Семенычев Е. В. Инструментарий моделирования колебательной компоненты в колоколообразных кривых жизненного цикла продукта // Прикладная эконометрика. 2014. № 33 (1). С. 111–124.
7. Semenychov V. K., Kurkin E. I., Semenychov E. V. Modelling and forecasting the trends of life cycle curves in production of non-renewable resources // Energy. 2014. Vol. 75. Pp. 244–251.
8. Семенычев В. К., Кожухова В. Н. Анализ и предложения моделей экономической динамики с кумулятивным логистическим трендом: монография. Самара: СамНЦ РАН, 2013. 152 с.

9. Кожухова В. Н., Куркин Е. И., Семенычев В. К. Предложение модели Гомпертца с правой асимметрией для прогнозирования добычи нефти // Вестник Самарского муниципального института управления. 2013. № 2 (25). С. 28–33.

10. Семенычев В. К., Кожухова В. Н., Семенычев Е. В. Методы идентификации логистической динамики и жизненного цикла продукта моделью Верхульста // Экономика и математические методы. 2012. Т. 48. № 2. С. 108–115.

11. Коробецкая А. А. Моделирование и прогнозирование динамики потребления товаров на макрорынках: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / А. А. Коробецкая. Оренбург, 2015. 25 с.

12. Кожухова В. Н. Разработка и исследование комплекса моделей логистической динамики социально-экономических показателей: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / В. Н. Кожухова. Оренбург, 2013. 25 с.

13. Семенычев В. К. Эконометрическое моделирование и прогнозирование рядов динамики на основе параметрических моделей авторегрессии: автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / В. К. Семенычев. М., 2005. 36 с.

14. Семенычев Е. В. Жизненный цикл экономических объектов: методология и инструментарий параметрического моделирования: монография. Самара: СамНЦ РАН, 2015. 388 с.

15. Семенычев В. К. Параметризация обобщенной экспоненциальной модели с аддитивной и мультипликативной стохастической компонентой // Вестник Самарского муниципального института управления. 2008. № 7. С. 127–132.

16. Семенычев В. К., Семенычев В. В., Коробецкая А. А. Исследование точности метода моделирования и прогнозирования экспоненциальной тенденции на основе обобщенных параметрических ARMA-моделей // Вестник Самарского муниципального института управления. 2010. № 1 (12). С. 36–45.

17. Семенычев В. К., Семенычев Е. В., Куркин Е. И. Мультимодельная оценка эволюции жизненного цикла при добыче невозобновляемых ресурсов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2014. № 10. С. 35–43.

*Статья поступила в редакцию 13.05.15 г.  
Рекомендуется к опубликованию членом Экспертного совета  
д-ром экон. наук, доцентом Г. А. Хмелевой*