

В. К. Семенычев, Е. И. Куркин, А.А.Данилова

ИНСТРУМЕНТАРИЙ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА ДОБЫЧИ ГАЗА

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарская академия государственного и муниципального управления»
(МБОУ ВО «САГМУ»)

Аннотация: Предложен инструментарий по моделированию и прогнозированию жизненного цикла продукта. В структуру модели включены тренд и колебательная компонента. Исследовано 30 вариантов тренда, являющихся сочетаниями 5 исходных моделей с 5 вариантами асимметрий и симметричный вариант, а также 5 видов колебательной компоненты. Показаны примеры реализации метода генетических алгоритмов по моделированию и прогнозированию добычи газа с высокой точностью на реальных выборках добычи газа.

Ключевые слова: жизненный цикл продукта, добыча газа, генетический алгоритм, моделирование и прогнозирование

Одним из ключевых терминов в экономике является жизненный цикл продукта (ЖЦП), который характеризует время с момента первоначального появления продукта на рынке до прекращения его реализации на данном рынке.

Под продуктом данной статье будем понимать динамику добычи газа. Значение добычи газа велико во всех сферах экономики, так как любая отрасль использует их в качестве сырья, топлива, энергии.

Знания об уровнях добычи в будущих периодах позволяют грамотно планировать финансы предприятия, принимать решения по продлению более прибыльных этапов. Вследствие этого вопрос моделирования и прогнозирования ЖЦП актуален.

Чаще всего ЖЦП при добычи газа имеет колоколообразную форму.

Именно поэтому в качестве исходных моделей тренда были приняты следующие функции:

- Хабберта (1)

$$Y(t) = \frac{2Y_{\max}}{1 + \operatorname{ch}(\sigma(t - t_0))} + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $\operatorname{ch}(\sigma(t - t_0))$ - гиперболический косинус, t_0

- абсцисса ЖЦП, соответствующая максимуму

T_{\max} кривой ЖЦП.

- распределение Коши (2)

$$Y(t) = \frac{Y_{\max} \cdot \sigma^2}{(t - t_0)^2 + \sigma^2} + \varepsilon(t), \quad (2)$$

-Гаусса(3)

$$Y(t) = Y_{\max} e^{-\frac{(t-t_0)^2}{\sigma^2}} + \varepsilon(t), \quad (3)$$

-SNPP-модель (4)

$$Y(t) = \frac{Y_{\max}}{Norm} t^{\sigma \cdot t_0} e^{-\sigma \cdot t}, \quad (4)$$

где $Norm = t_0^{\sigma \cdot t_0} e^{-\sigma \cdot t_0}$ - параметр нормирования, вводимый для возможности сравнения видов моделей в одном диапазоне значений.

-плотность логнормального распределения (5)

$$Y(t) = Y_{\max} \frac{t_0}{t} e^{-\frac{1}{2} \frac{\ln^2 \left(\frac{t}{t_0} \right) - \ln \frac{t}{t_0} - 2\sigma^2}{\sigma^2}}. \quad (5)$$

В моделях (1) - (5) параметры t_0 и T_{\max} обозначают абсциссу и ординату вершины кривой ЖЦП, соответственно, а параметр σ определяет наклоны кривой этапов роста и падения добычи[1].

Исследуем теперь целесообразность включения в структуру модели не только тренда, но и колебательной компоненты[2], которая может иметь по отношению к тренду аддитивный (6), пропорционально-мультипликативный характер (7), а также быть взвешенной по амплитуде (8) или по частоте (9):

$$Y_k = T_k + S_k^A + \varepsilon_k \quad (6)$$

$$Y_k = T_k (1 + S_k^M) + \varepsilon_k = T_k + T_k S_k^M + \varepsilon_k, \quad (7)$$

$$Y_k = T_k + S_k^{AM} + \varepsilon_k, \text{ где} \quad (8)$$

$$S_k^{AM} = \sum_{i=1}^N A_i \cdot \left([1 - \gamma_i] + \gamma_i \frac{T_k}{\max(T_k)} \right) \cdot \sin(\omega_i k \Delta + \varphi_i)$$

$$S_k^{\Omega_2} = \sum_{i=1}^{N_{\Omega_2}} A_i \left(\frac{T_k}{T_{\max}} \right)^{\gamma_i} \sin \left(\omega_i \int_{t_0}^{t_k} \left[\frac{T(s)}{T_{\max}} \right]^{-\theta_i} ds + \varphi_i \right) \quad (9)$$

Покажем на рисунках 1 и 2 структуры взаимодействия рассматриваемых трендов и принятых моделей колебательных компонент.

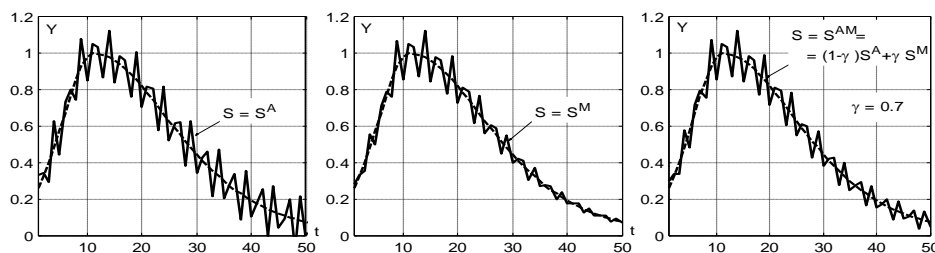


Рисунок 1. Демонстрация аддитивной, пропорционально-мультипликативной и взвешенной по амплитуде колебательной компоненты

В качестве метода идентификации параметров моделей примем метод генетического алгоритма, в котором осуществляется поиск решения путём подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров методом, напоминающим биологическую эволюцию[3].

Генетический алгоритм состоит из следующих основных стадий реализации:

1. случайным образом генерируется конечный набор пробных решений – первое поколение параметров модели;
2. производится оценка приспособленности решений текущего поколения (селекция), исходя из заданного критерия (в качестве

которого был принят минимум суммы квадратов отклонений модельной функции от исходного набора данных);

3. осуществляется выход из алгоритма, если удовлетворен принятый критерий останова;
4. в противном случае осуществляется генерация нового поколения параметров посредством операторов скрещивания и мутаций, затем осуществляется переход к пункту 2 алгоритма.

Описанный метод идентификации моделей реализован в Программе моделирования и прогнозирования уровней добычи нефти и газа «Oil_Ident» [4].

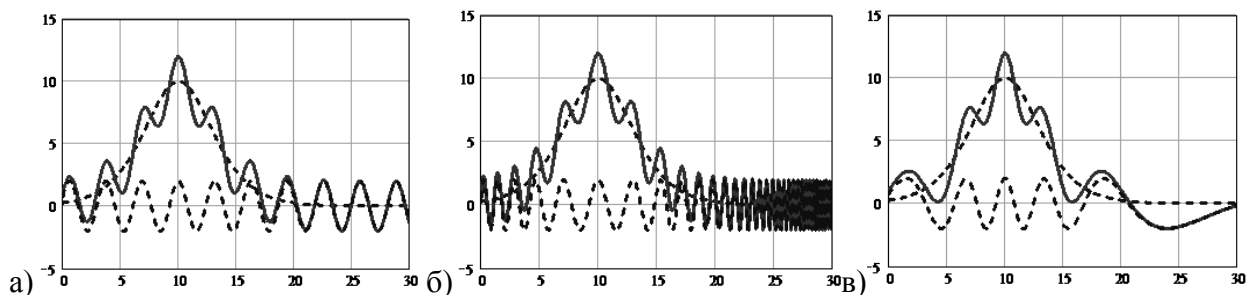


Рисунок 2. Вид колебательной компоненты с переменной частотой: а) $\theta = 0$, б) $\theta = 0,3$, в) $\theta = -0,3$.

Пунктирная линия – тренд и колебательная компонента, сплошная линия – общий вид модели

В качестве критерия точности моделирования примем коэффициент детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^N (Y_k - Y_k^{Mod})^2}{\sum_{k=1}^N (Y_k - \bar{Y}_k)^2}$$

Точность прогнозирования оценим с помощью второго коэффициента Тейла:

$$T_2 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (Y_k - Y_k^{Mod})^2}{\sum_{k=1}^N Y_k^2 + \sum_{k=1}^N (Y_k^{Mod})^2}} \cdot 100\%$$

который близок по своим значениям к известной MAPE - оценке прогнозирования, но обладает большей устойчивостью расчета при значениях уровней ЖЦП, стремящихся к нулю (на стадии падения уровней добычи).

Таким образом, исследование проводилось с помощью 30 моделей, являющихся сочетаниями 5 исходных моделей с 5 вариантами асимметрии, а также и симметричный вариант.

Отдельно в структуру модели будем добавлять 4 рассмотренных вида колебательной компоненты.

В ходе исследования были проанализированы выборки по добыче газа.

В качестве примеров приведем некоторые из них. Представим на рисунке 3 исходную выборку добычи газа в Аргентине, а также построенные модель и прогноз.

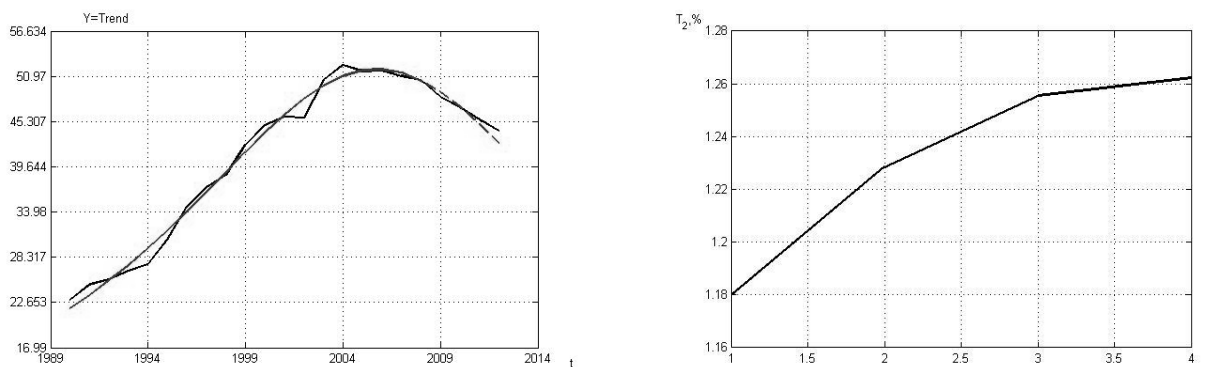


Рисунок 3. Добыча газа в Аргентине (млрд.куб. м в год) симметричная модель распределения Коши: $R_T^2 = 0.99$

Как оказалось, тренд добычи газа в Германии точнее всего описывает симметричная модель тренда Гаусса (рисунок 4).

Однако при добавлении в структуру модели колебательной компоненты, взвешенной по частоте

с двумя гармониками, точность прогнозирования повысилась почти в 1,5 раза.

Также следует отметить и полученное повышение точности моделирования на 10%.

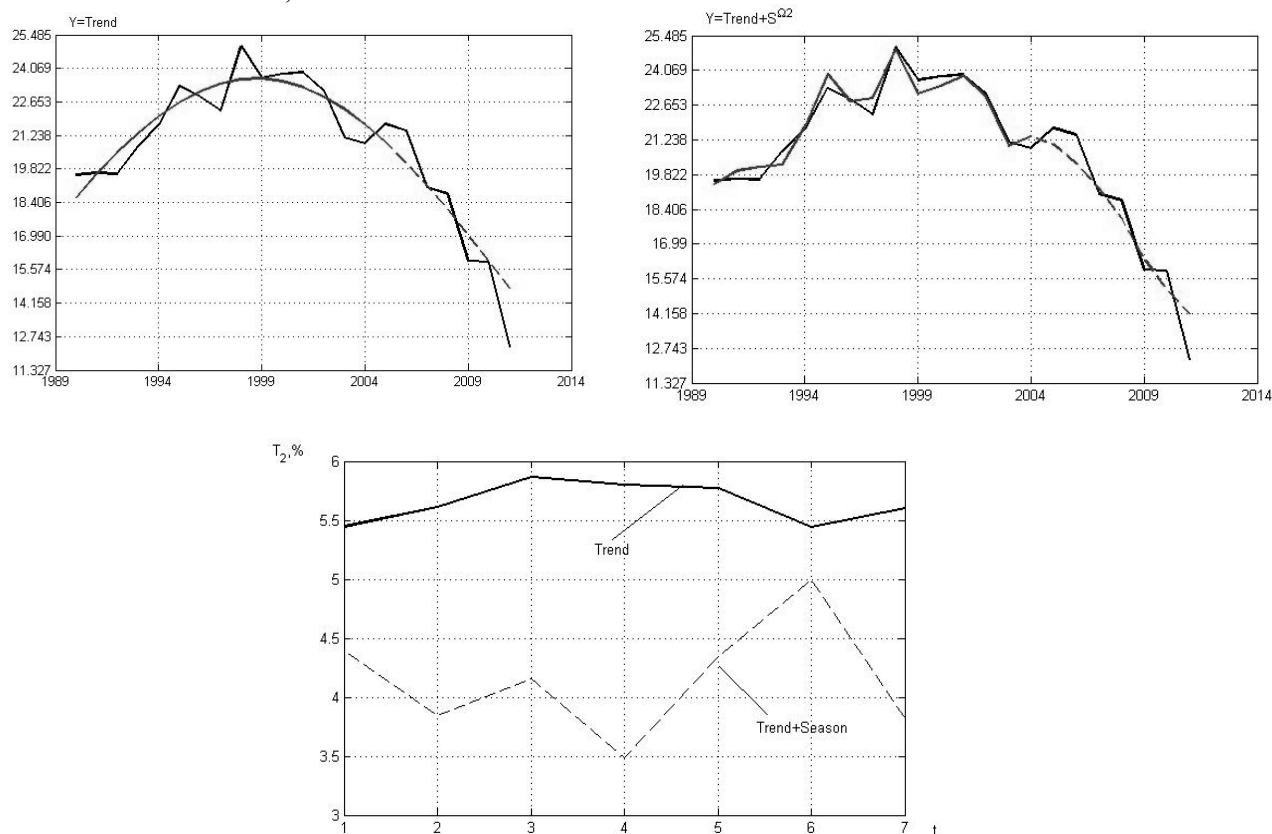


Рисунок 4. Добыча газа в Германии (млрд.куб. м в год): симметричная модель Гаусса, колебательная компонента, взвешенная по частоте, две гармоники $R_T^2 = 0.83$, $R_{T+S}^2 = 0.93$.

На рисунке 5 представлена динамика добычи газа в Австрии: исходная выборка, построенные модели и характеристики точности прогнозирования: трендом трендом с гармониками.

Наиболее точной для моделирования и прогнозирования оказалась симметричная модель Хабберта с добавлением пропорционально-мультипликативной колебательной компоненты с тремя гармониками.

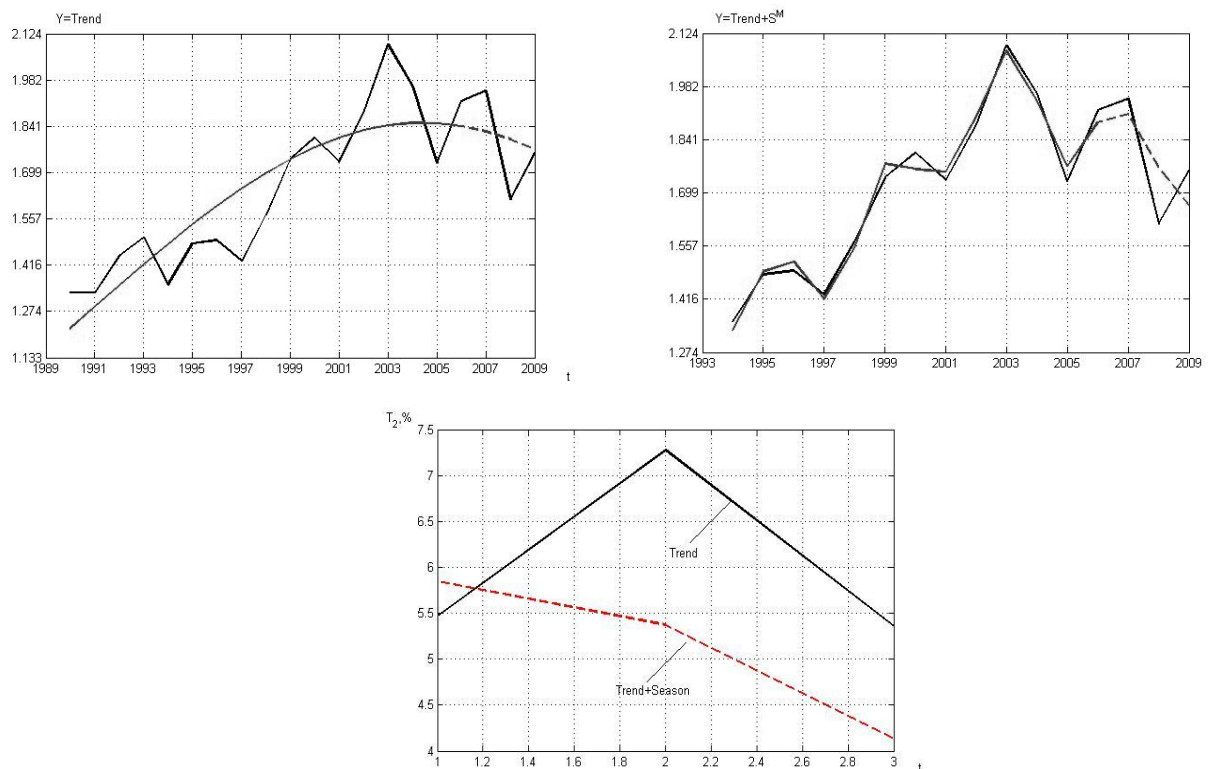


Рисунок 5. Добыча газа в Австрии (млрд.куб. м в год): симметричная модель Хабберта для модели тренда ипропорционально-мультипликативная колебательная компонента, три гармоника

$$R_T^2 = 0.75, R_{T+S}^2 = 0.97$$

Таким образом, из анализа представленных результатов можно сделать вывод о высокой точностимоделирования и прогнозирования предложенными моделямитрендов и взаимодействий с колебательными компонентами прииспользованииметода идентификации на основе генетического алгоритма.

Моделирование и прогнозирование добычи газа является основой дляпринятия грамотных управленческих решений, позволяющих экономить финансы предприятия.

Предложенный инструментарий применим и к другим отраслям экономики, например, для анализа динамики добычи нефти, угля, золота.

Библиографический список

1. Семенычев В.К., Семенычев Е.В., Куркин Е.И., Данилова А.А. Идентификация модели жизненного цикла продукта с колебательной

компонентой (на примере добычи нефти). // Вестник Самарского муниципального института управления. – Самара. Изд-во САГМУ. 2012. №3(22) - С. 99 – 104.

2. Семенычев В.К., Куркин Е.И., Семенычев Е.В., Данилова А.А. Инструментарий моделирования колебательной компоненты в колоколообразных кривых жизненного цикла продукта // Прикладная эконометрика. – №1(33), 2014. – С.111-123.
3. Holland J.H.(1975). Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, Ann Arbor. - 183 p.
4. Семенычев В.К., Куркин Е.И., Семенычев Е.В., Рязанцев С.В., Данилова А.А. (2012). Программа моделирования и прогнозирования уровней добычи нефти и газа «Oil_Ident», Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2012619424 от 18.10.2012.