Карпенко С.М.¹, Визитиу Д.В.¹, Карпенко Н.В.²

Прогнозирование региональных показателей электропотребления и производства с использованием эконометрических методов

¹ФГАУО ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

²ФГАУО ВО «Российский Университет Транспорта» (РУТ «МИИТ») (Россия, Москва)

doi: 10.18411/lj-04-2021-120

Аннотация

С помощью автокорреляционного анализа проверена статистическая значимость значений валового регионального продукта (ВРП) и электропотребления г. Москвы и Московской области. Построена аддитивная регрессионная модель ВРП с сезонными эффектами и параболическим трендом, а также комбинированная модель авторегрессии электропотребления с сезонностью и фактором времени. Обе модели обладают хорошими прогностическими свойствами. Предложенный подход может быть использован при моделировании региональных показателей производства и электропотребления.

Ключевые слова: Валовой региональный продукт, электропотребление, автокорреляция, прогнозирование, аддитивная регрессионная модель, комбинированная модель авторегрессии.

Abstract

Using autocorrelation analysis, the statistical significance of the values of the gross regional product (GRP) and electricity consumption in Moscow and the Moscow region was verified. An additive regression model of GRP with seasonal effects and a parabolic trend, as well as a combined model of autoregression of electricity consumption with seasonality and a time factor, are constructed. Both models have good predictive properties. The proposed approach can be used to model regional indicators of production and electricity consumption.

Keyword:. Gross regional product, electricity consumption, autocorrelation, forecasting, additive regression model, combined autoregression model.

Известно, что объемы электропотребления, как отдельных предприятий и учреждений, так и регионов в целом, во многом зависят от объемов произведенной продукции, выполненных работ и оказанных услуг, т.е. величины валового регионального продукта, одного из основных индикаторов состояния экономики.

В статье рассматриваются квартальные данные валового регионального продукта (ВРП, в текущих ценах, трлн. руб.) (по экспертной оценке Росстата) и электропотребления (млрд. кВт*ч) на примере данных г. Москвы и Московской области с I квартала 2016 г. по III квартал 2020 г., всего 18 значений. На данных 2020 года, как ВРП, так и электропотребления, отразилось влияние начавшейся в начале года пандемии коронавируса.

При исследовании ряда значений ВРП проведен автокорреляционный анализ, статистическая значимость результатов расчетов подтвердилась превышением ими критических значений корреляции Пирсона ($|r_l| > r_{кр}^l$) (рис. 1). Анализ коррелограммы подтверждает наличие годового цикла сезонности (коэффициент автокорреляции четвертого порядка $r_4 = 0,82 > 0,7$) и показывает наличие умеренной, близкой к тесной, корреляционной связи между текущими и предыдущими уровнями ряда (коэффициент автокорреляции первого порядка $r_1 \approx 0,7$), что не дает однозначных рекомендаций о выборе вида тренда. Поскольку рассматриваемый

временной интервал включает 2020 год, в течение которого экономика региона испытывала пролонгированные негативные воздействия, связанные с пандемией коронавируса, использование линейного тренда для прогнозирования общей тенденции ВРП может привести к неоправданному завышению прогнозных значений.

Предварительные исследования нелинейных уравнений свидетельствуют, что наибольшее значение коэффициента детерминации соответствует параболическому тренду второго порядка (табл. 1).

Рисунок 1. Автокорреляционный анализ ВРП, 1 – коррелограмма, 2 – линия критических значений корреляции Пирсона

Таблица 1

Описание нелинейной тенденции ВРП

Тенденция	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Экспоненциальная	$y = 4,5221e^{0,0176t}$	$R^2 = 0,5406$
Степенная	$y = 4,1356t^{0,1269}$	$R^2 = 0,6335$
Параболическая	$y = -0,0097t^2 + 0,2765t + 3,8943$	$R^2 = 0,6472$

Для прогнозирования показателя объема ВРП построена аддитивная регрессионная модель с сезонными эффектами и параболическим трендом:

$$x_t = 4,15 + 0,21 \cdot t - 0,01 \cdot t^2 + s_t + \varepsilon_t,$$

где t – фактор времени, x_t – значения ВРП, s_t – скорректированная сезонная компонента (табл. 2), ε_t – случайное отклонение.

Таблица 2

Скорректированные сезонные компоненты модели ВРП

Квартал	I	II	III	IV
Сезонная компонента s_t	-0,37	-0,26	0,19	0,44

Точность модели по средней относительной ошибке аппроксимации MAPE составила 3,27%.

Что касается остатков ε_t , то на уровне значимости $\alpha = 0,05$ t -критерий подтвердил равенство нулю их математического ожидания, а тест Парка – постоянство дисперсии. Статистика Дарбина-Уотсона $DW = 1,38$ находится на левой границе интервала принятия решения о независимости остатков. Согласно тесту Жарка-Бера

остатки подчиняются нормальному закону распределения ($JB_{набл} = 2,43 < 5,99$). Модель обладает хорошими прогностическими свойствами (рис. 2). Данный прогноз можно определить как негативный, поскольку он предполагает дальнейшее падение экономики, связанного с пандемией коронавируса.

Рисунок 2. Прогноз ВВП по модели с сезонностью и параболическим трендом, 1 – ВВП, 2 – модель ВВП, 3 – тренд ВВП, 4 – прогноз тенденции, 5 – прогноз ВВП

Для прогнозирования электропотребления y_t в качестве основного типа модели была выбрана регрессия с распределённым лагом. Определение состава переменных основывалось на результатах анализа. Коэффициент автокорреляции первого порядка уровней y_t составил 0,05, что исключает введение в модель лаговых переменных. Коэффициент парной корреляции между электропотреблением и ВВП $r_{xy} = 0,22$ показывает наличие между ними слабой линейной связи, что приводит к необходимости включения в уравнение времени t , учитывающего вклад других факторов. Кроме того потребление электроэнергии носит ярко выраженный сезонный характер.

В результате построена комбинированная модель авторегрессии с фактором времени и сезонными эффектами (табл. 3):

$$y_t = 15,837 + 0,017 \cdot t + 0,568 \cdot x_t + s_t + \varepsilon_t$$

Таблица 3

Скорректированные сезонные компоненты модели электропотребления

Квартал	I	II	III	IV
Сезонная компонента s_t	1,721	-1,233	-1,720	1,233

Модель обладает высокой точностью ($MAPE = 1,33\%$) и хорошими прогностическими свойствами в части остатков ($\bar{\varepsilon} = 0$, $DW = 1,41$, $JB_{набл} = 3,75$) (рис. 3). Данный сценарий является нейтральным, предполагающим некоторую стабилизацию показателей электропотребления.

Рисунок 3. Прогноз электропотребления по модели авторегрессии с фактором времени и сезонными эффектами

Предложенный подход может быть использован при прогнозном моделировании различных технических, экономических, финансовых и других показателей, имеющих переменную динамику во времени.

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженерных и научных работников. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 - 816 с.
2. Лукашин Ю.И. Регрессионные и адаптивные методы прогнозирования. - М.: МЭСИ, 200. - 140 с.
3. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд. - Т.2: Айвазян С.А. Основы эконометрики. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001 - 433 с.
4. Эконометрика: Учебник / И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева и др.; под ред. И.И. Елисеевой. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2005 - 576 с.
5. Новак Эдвард. Введение в методы эконометрики. Сборник задач: Пер. с польск. / Под ред. И.И. Елисеевой. - М.: Финансы и статистика, 2004 - 248 с.
6. Сайт Росстата // Федеральная служба государственной статистики / Электронный ресурс – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> – (Дата обращения: 19.01.2021).

Терентьева О.Н.

Управление цифровым развитием Саратовской области

Поволжский институт управления имени П.А. Столыпина РАНХиГС при президенте РФ
(Россия, Саратов)

doi: 10.18411/lj-04-2021-121

Аннотация

Цифровизация российской экономики актуальное направление. Особое значение она приобрела в развитие системы здравоохранения, образования, а также сферы государственного и муниципального управления. Процесс цифрового развития имеет региональную специфику. Важным этапом эффективной цифровой трансформации является выявления региональных особенностей развития для создания эффективного механизма управления цифровизацией регионов.

Ключевые слова: цифровое развитие, цифровизация, трансформация, региональные особенности, управление развитием регионов