

чить образмеренный по стандарту чертеж. Если же геометрия еще не создана, то достаточно включить режим «Подразумеваемые зависимости» в статусной строке и начертить чертеж привычной командой «Отрезок». При этом все геометрические зависимости можно наложить автоматически.

Возможности новых версий AutoCAD называют настоящим технологическим прорывом, который по достоинству оценят миллионы пользователей этого программного продукта. AutoCAD стал параметрическим, и теперь при любых изменениях между объектами поддерживаются заданные пользователями взаимосвязи. Это позволяет значительно сократить время на внесение изменений в проекты. Появление инструментов работы с произвольными формами обеспечивает возможность создавать и анализировать самые сложные трехмерные объекты.

Все вышеперечисленные преимущества и функции графического редактора могут быть использованы в процессе изучения графических дисциплин как для слушателей на стационаре, так и быть весьма эффективными при дистанционном обучении, а также применимы для самообразования.

#### **Список цитированных источников**

1. Винник, Н. С. Визуализация решения задач по начертательной геометрии с использованием слайдовой системы AutoCAD/ Н. С. Винник, В. А. Морозова // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., 21 апреля 2017 г., г. Брест, Республика Беларусь, г. Новосибирск, Российская Федерация / отв. ред. К. А. Вольхин. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2017. – С. 50–54.

2. Кисинский, П.А. Функциональные возможности системы AutoCAD в визуализации задач начертательной геометрии / П.А.Кисинский // Проблемы водохозяйственного строительства и охраны окружающей среды : сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл.ред.) [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 16-18.

3. Винник, Н.С. Применение слайдовой системы AutoCAD в начертательной геометрии/ Н.С.Винник, П.А.Кисинский // «Содружество наук. Барановичи-2018»: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей, 17 мая 2018 г.: в 3 ч. – Барановичи ; БарГУ, 2018. – Ч. 3 – С. 15-17.

4. AutoCAD 2016 [Электронный ресурс] - Режим досупа: <http://www.kavserver.ru/library/autocad2016usermanual.shtml>.

УДК 330.4(075.8)

**Ковальчук А. В.**

**Научный руководитель: Золотухина Л. С.**

### **АВТОКОРРЕЛЯЦИЯ ОСТАТКОВ**

Одной из задач статистического исследования является построение теоретической модели социально-экономического явления с целью определения в дальнейшем прогнозных оценок данного явления. Общий вид такой модели  $Y_t = f(X_t) + \varepsilon_t$ . Коэффициенты находят, используя метод наименьших квадратов (МНК). При практическом проведении регрессионного анализа модели с помощью МНК необходимо обращать внимание на проблемы, связанные с выполнимостью свойств случайных отклонений модели, так как свойства оценок коэффициентов регрессии напрямую зависят от свойств случайного члена в уравнении регрессии. Для получения качественных оценок необходимо следить за выполнимостью предпосылок МНК (условий Гаусса-Маркова), нарушение МНК может давать оценки с плохими статистическими свойствами.

При изучении развития явления во времени часто возникает необходимость оценить степень взаимосвязи в изменениях уровней двух или более динамических рядов. В экономических рядах динамики часто наблюдается зависимость

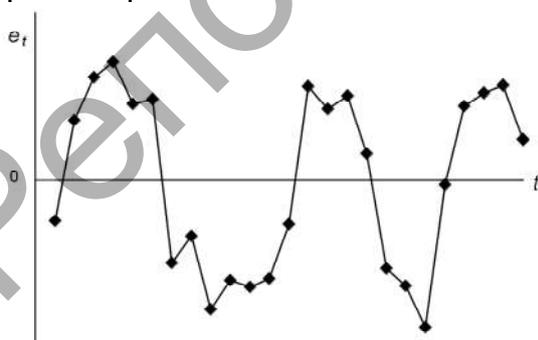
между последующими и предыдущими уровнями ряда, называемой автокорреляцией. *Автокорреляция* – это взаимосвязь последовательных элементов временного или пространственного ряда данных. В эконометрических исследованиях часто возникают и такие ситуации, когда дисперсия остатков постоянная, но наблюдается их ковариация. Это явление называют *автокорреляцией остатков*. При применении методов корреляционно-регрессионного анализа, автокорреляция должна быть исключена из каждого анализируемого ряда динамики. Однако, прежде чем устранять автокорреляцию, ее необходимо обнаружить.

Каждый временной ряд содержит в себе четыре основные компоненты: тенденцию, сезонность, цикличность и случайную компоненту. Свойства коэффициентов регрессии существенным образом зависят от свойств случайного члена. И для того, чтобы регрессионный анализ давал наилучший результат, случайный член должен удовлетворять четырем условиям Гаусса-Маркова. Одно из условий, а именно третье, говорит о том, что наблюдаемые значения случайных отклонений должны быть независимы друг от друга. Если данное условие не выполняется, то имеет место автокорреляция остатков.

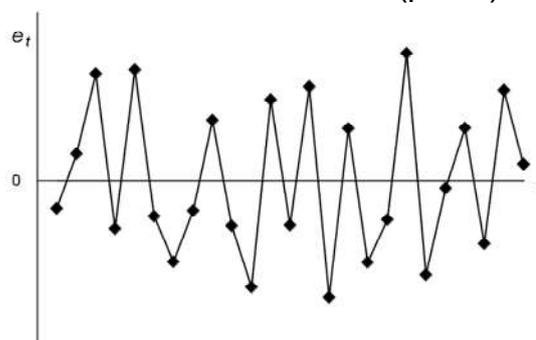
Среди наиболее часто встречающихся причин возникновения автокорреляции остатков выделяют следующие:

1. Наличие ошибок измерения результативного признака.
2. Усреднение значений (сглаживание колебаний) при получении данных по некоторому продолжительному промежутку времени.
3. Неучет в модели регрессии нескольких второстепенных факторов, совместное влияние которых обуславливает автокорреляцию из-за совпадений тенденций их изменений.
4. Неправильный выбор модели регрессии.
5. Эффект паутины (многие экономические показатели реагируют на изменение экономических условий с некоторым запозданием).
6. Инертность (изменение зависимой переменной под влиянием определенных факторов происходит не мгновенно, а с определенной инерцией).

Различают положительную и отрицательную автокорреляцию. Положительная автокорреляция наблюдается тогда, когда случайный член в следующем наблюдении ожидается того же знака, что и случайный член в настоящем наблюдении. На графике положительная автокорреляция проявляется в чередовании зон положительных и отрицательных остатков (рис.1). Отрицательная автокорреляция – это ситуация, при которой случайный член регрессии в следующем наблюдении ожидается противоположного знака по сравнению со случайным членом текущего наблюдения. Отрицательная автокорреляция остатков на графике выражается в том, что остатки «слишком часто» меняют знак (рис.2).



**Рисунок 1 – Положительная автокорреляция остатков**



**Рисунок 2 – Отрицательная автокорреляция остатков**

Обнаружение автокорреляции остатков может осуществляться одним из трёх методов:

1. Анализ графика остатков модели регрессии, т.е. по виду корреляционного поля делается вывод о наличии положительной либо отрицательной автокорреляции.

2. Метод рядов, когда последовательно определяются знаки остатков. Непрерывная последовательность одинаковых знаков называется рядом, а количество знаков в ряду – длиной ряда. Если рядов оказалось мало, то вполне вероятно наличие положительной автокорреляции, в противном случае – отрицательной.

### 3. Критерий Дарбина-Уотсона.

Наиболее известным критерием обнаружения автокорреляции остатков первого уровня является критерий **Дарбина-Уотсона**.

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Согласно данной формуле величина d есть ни что иное, как отношение суммы квадратов разностей последовательных значений остатков к остаточной сумме квадратов по модели регрессии.

Рассмотрим пример. Имеются данные о численности населения Республики Беларусь за 2005-2019 гг. (на начало года). Исходные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Расчетная таблица**

Год	Всего, тыс.чел. $y_t$	$t$	$t \cdot y_t$	$t^2$
2005	9697,5	-7	-67882,5	49
2006	9630,4	-6	-57782,4	36
2007	9579,5	-5	-47897,5	25
2008	9542,4	-4	-38169,6	16
2009	9513,6	-3	-28540,8	9
2010	9500,0	-2	-19000,0	4
2011	9481,2	-1	-9481,2	1
2012	9465,2	0	0,0	0
2013	9463,8	1	9463,8	1
2014	9468,1	2	18936,2	4
2015	9481,0	3	28443,0	9
2016	9498,0	4	37992,0	16
2017	9505,0	5	47525,0	25
2018	9491,0	6	56946,0	36
2019	9475,0	7	66325,0	49
$\Sigma$	142791,7	0	-3123,0	280

Для определения значения критерия Дарбина-Уотсона построим линию тренда. Для нахождения параметров уравнения тренда методом наименьших квадратов, составим расчетную таблицу 1. Решив систему уравнений, получаем параметры линейного тренда  $a_1$  и  $a_0$ .

$$\begin{cases} \alpha_0 n + \alpha_1 \sum t = \sum y \\ \alpha_0 \sum t + \alpha_1 \sum t^2 = \sum yt \end{cases}$$

$$\begin{cases} 15\alpha_0 + 0\alpha_1 = 142791,7 \\ 0\alpha_0 + 280\alpha_1 = -3213,0 \end{cases}$$

$$y_t^* = \alpha_0 + \alpha_1 t$$

$$y_t^* = -11,154t + 9519,447 \quad \text{– уравнение линии тренда.}$$

Используя уравнение линии тренда, рассчитываем теоретические значения уровней ряда и находим остатки, а также вычисляем все необходимые для дальнейших расчетов данные.

**Таблица 2 – Расчетная таблица**

Год	Всего, тыс.чел. $y_t$	$y_t^*$	$e_t = y_t - y_t^*$	$e_{t-1}$	$e^2$	$(e_t - e_{t-1})^2$	$e_{t-1} \cdot e_t$
2005	9697,5	9597,5	99,98		9995,00		
2006	9630,4	9586,4	44,03	99,98	1938,55	3130,51	4402,02
2007	9579,5	9575,2	4,28	44,03	18,34	1579,82	188,58
2008	9542,4	9564,1	-21,66	4,28	469,29	673,04	-92,72
2009	9513,6	9552,9	-39,31	-21,66	1545,20	311,49	851,43
2010	9500,0	9541,8	-41,76	-39,31	1743,48	5,98	1641,39
2011	9481,2	9530,6	-49,40	-41,76	2440,46	58,38	2062,99
2012	9465,2	9519,4	-54,25	-49,4	2942,74	23,49	2679,80
2013	9463,8	9508,3	-44,49	-54,25	1979,63	95,20	2413,75
2014	9468,1	9497,1	-29,04	-44,49	843,26	238,73	1291,95
2015	9481,0	9486,0	-4,99	-29,04	24,85	578,64	144,76
2016	9498,0	9474,8	23,17	-4,99	536,80	792,93	-115,61
2017	9505,0	9463,7	41,32	23,17	1707,59	329,53	957,45
2018	9491,0	9452,5	38,48	41,32	1480,48	8,08	1589,87
2019	9475,0	9441,4	33,63	38,48	1131,04	23,51	1294,12
$\Sigma$	142791,7			-33,64	28796,71	7849,35	19309,78

Алгоритм выявления автокорреляции остатков на основе критерия Дарбина-Уотсона следующий. Выдвигаются гипотезы:  $H_0$  – в остатках нет автокорреляции,  $H_1$  – в остатках есть положительная автокорреляция,  $H_2$  – в остатках есть отрицательная автокорреляция. Далее по таблице определяются критические значения критерия Дарбина-Уотсона  $d_1$  и  $d_2$  для заданного количества уровней ряда  $n$ , числа независимых переменных модели регрессии  $m$  и уровня значимости  $\alpha$ .

Полученное значение  $d$  сравнивается с критическими значениями  $d_1$  и  $d_2$ . При этом возможны следующие ситуации:

1. Если  $0 < d < d_1$ , то есть положительная автокорреляция остатков;
2. Если  $d_1 < d < d_2$  или  $(4-d_2) < d < (4-d_1)$ , то это указывает на неопределенность ситуации;
3. Если  $d_2 < d < (4-d_2)$ , то автокорреляция остатков отсутствует;
4. Если  $(4-d_1) < d < 4$ , то есть отрицательная автокорреляция остатков.



**Рисунок 3 – Анализ критерия Дарбина-Уотсона**

При неопределенности ситуации рассчитывается коэффициент автокорреляции остатков первого уровня:

$$r_{(1)} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t \cdot e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2}.$$

Автокорреляция отсутствует, если коэффициент не превышает по модулю критическое значение, если же он превышает критическое значение, то делается вывод о наличии автокорреляции в остатках: положительной, если  $r > 0$ , отрицательной, если  $r < 0$ .

Возвращаясь к примеру, подставляем данные из таблицы 4 находим значение критерия Дарбина-Уотсона.

$$d = \frac{7849,35}{28796,71} = 0,2726.$$

Далее по таблице находим критические значения критерия Дарбина-Уотсона для  $n=15$  и  $k=1$  при уровне значимости  $\alpha=0,05$ :  $d_1 = 1,08$  и  $d_2 = 1,36$ , и на основе этого составляем шкалу для нашего примера.



Таким образом, с вероятностью 95% можно говорить о наличии положительной автокорреляции остатков.

Между критерием Дарбина-Уотсона и коэффициентом автокорреляции остатков первого порядка существует следующая зависимость:

$$d \approx 2(1 - r_1).$$

Таким образом, при анализе динамических рядов часто возникает необходимость оценки взаимосвязи между уровнями ряда. Автокорреляцию в рядах динамики можно установить, коррелируя не сами уровни, а так называемые остаточные величины, или остатки. Самым распространенным методом является метод критерия Дарбина-Уотсона. Он позволяет определить наличие либо отсутствие автокорреляции остатков модели регрессии. Однако этот критерий применим только для выявления автокорреляции первого уровня остатков и дает достоверные результаты для больших выборок.

#### **Список цитированных источников**

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 25.04.2019.
2. Эконометрика: модель множественной регрессии: практическое пособие / Л. Н. Марченко, Ю. Е. Дудовская, Ю. В. Синюгина; М-во образования Республики Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2016. – 48 с.
3. Эконометрика и экономико-математические методы и модели: учеб. пособие / Г. О. Читая [и др.] ; под ред. Г. О. Читая, С.Ф. Миксюк. – Минск : БГЭУ, 2018. – 511 с.

УДК 621.398

**Кульбеда Д. И.**

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Костюк Д. А.**

### **ВЫВОД ОПЕРАТИВНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ УМНОГО ЗЕРКАЛА**

Системы типа «умное зеркало» представляют собой электронные бытовые приборы, выполняющие вывод какой-либо информации (в простейшем случае – времени и даты) поверх зеркалах. Такие разработки базируются на разных вариантах аппаратуры и зеркала. В основе зеркала обычно лежит стекло с наклеенной пленкой, обеспечивающей одностороннюю прозрачность, а в роли аппаратной части могут выступать самые разнообразные варианты (одноплатные компьютеры, планшетные ПК, полноценные ПК или просто блок электронных часов). При взаимодействии с внешними информационными системами «умные зеркала» могут выводить достаточно сложную информацию, например персональные напоминания [1–2]. Основной информацией системы типа «умное зеркало», представляемой в настоящей работе, является актуальная метеорологическая информация.

В настоящее время можно выделить достаточно большое число различных источников оперативных метеоданных. Их, в целом, можно разделить на две категории: бесплатные либо коммерческие онлайн-сервисы (1) и автономные метеорологические станции (2). Для поддержки множества подобных источников в системе предусмотрен модульный принцип использования провайдеров данных.

В качестве источника данных первой категории – онлайн-сервиса метеоданных для системы был выбран сервис OpenWeatherMap [3]. Цель проекта OpenWeatherMap – свободный API для получения метеорологических данных, таких как: