

УДК 311.13

## ***АНАЛИЗ ИНТЕРВАЛЬНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО РЯДА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЯИЦ НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ В РОССИИ***

***Блинов В. В.***

*Студент 3 курса,*

*Санкт-Петербургский государственный университет,*

*Санкт-Петербург, Россия*

### **Аннотация**

Цель исследования – применить различные методы анализа интервального динамического ряда на примере потребления яиц на душу населения в России. Поставленная цель была достигнута в процессе подготовки первичных данных; расчета показателей изменения уровней ряда; аналитического выравнивания уровней ряда; прогнозирования значений на основе экстраполяции тренда.

Практическое применение методов анализа позволило углубиться в технику расчета различных показателей динамики. Можно заключить, что с каждым годом в России растет среднее количество яиц, потребляемое одним человеком. Экстраполяция аналитического тренда показывает, что в 2024 году показатель достигнет примерно 280 яиц на душу населения.

**Ключевые слова:** статистические ряды, потребление яиц, динамика, средний уровень, абсолютное изменение, ускорение, темп роста, аналитическое выравнивание, линейный тренд, прогнозирование, экстраполяция.

## ***ANALYSIS OF THE INTERVAL DYNAMIC SERIES OF EGG CONSUMPTION PER CAPITA IN RUSSIA***

***Blinov V.V.***

*3rd year student,*

*Saint Petersburg State University,*

*St. Petersburg, Russia*

**Annotation**

The purpose of the study is to apply various methods for analyzing the interval time series on the example of egg consumption per capita in Russia. The goal was achieved in the process of preparing primary data; calculation of indicators of changes in the levels of the series; analytical leveling of series levels; predicting values based on trend extrapolation.

The practical application of analysis methods made it possible to delve into the technique of calculating various indicators of dynamics. It can be concluded that the average number of eggs consumed by one person is growing every year in Russia. Extrapolation of the analytical trend shows that in 2024 the figure will reach approximately 280 eggs per capita.

**Keywords:** statistical series, egg consumption, dynamics, average level, absolute change, acceleration, growth rate, analytical alignment, linear trend, forecasting, extrapolation.

**Введение: краткий обзор литературы и актуальность**

Идея исследования и характер исходной информации были обусловлены изучением литературы практической направленности по социально-экономической статистике и общей теории статистики [1;5]. Данные для исследования выбраны из Приложения к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели 2019», публикуемого федеральной службой статистики Росстат [2]. Формулы для показателей составлены частично по авторским разработкам и частично взяты из учебной литературы [3;4].

Подготовка к проведению исследования показала, что потребление яиц не было еще досконально изучено с использованием большого числа показателей динамики. Отсюда легко объяснить новизну работы – обширный базовый статистический анализ динамического ряда с подробным раскрытием всех проводимых расчетов.

Исследование актуально, так как Россия является перспективной страной в плане развития сельского хозяйства. Статистический анализ потребления яиц в РФ в сочетании с другими разработками определяет один из важнейших показателей – потребность населения в яйцах. Это, в свою очередь, может быть применено для калькуляций в сфере поставок фермерской продукции, сбора яиц, разведения кур и др.

На практике механизмы, примененные в статье, станут эффективной методологической разработкой для других начинающих исследователей в области статистики. Выводы, приведенные в статье, создают полноценную картину потребления яиц в России, это позволит подтвердить как уже выявленные закономерности изменения показателя во времени, так и ранее не обследованные проблемные точки.

### **Табличное и графическое изображение исходных данных**

Исследованию подлежит динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. Представим исходные данные (см. Табл. 1 и Рис. 1).

**Таблица 1 - Динамика потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.**

Годы	Потребление яиц, штук на душу населения
2000	229
2001	235
2002	244
2003	246
2004	243
2005	250
2006	256
2007	255
2008	253
2009	260
2010	270
2011	272
2012	276
2013	270
2014	267
2015	268
2016	273
2017	279
2018	280

Источник: Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019»: Стат. сб. / Росстат. - М., 2019. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652> [2].

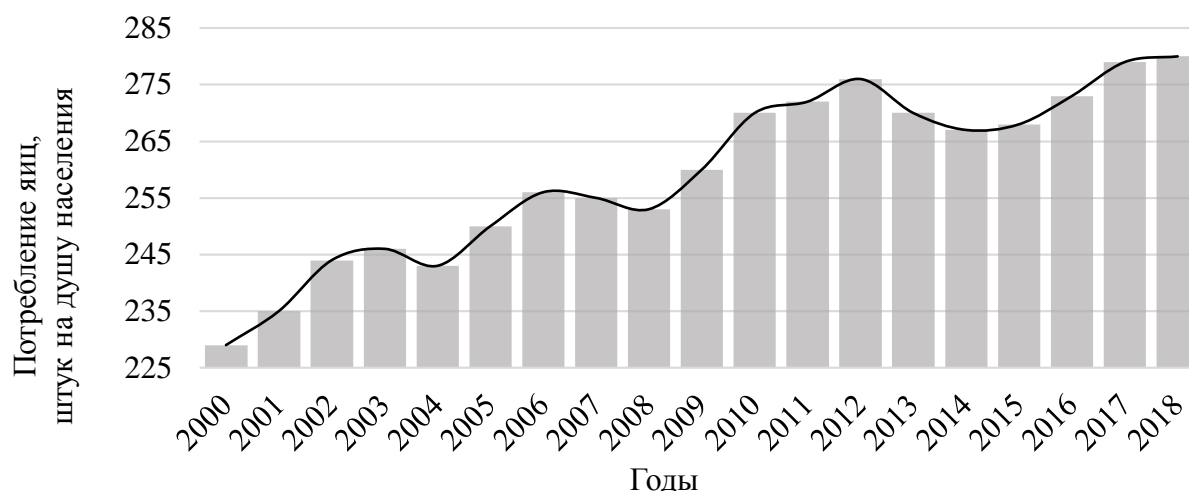


Рис. 1 - Динамика потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

Примечание: авторская разработка.

### Показатели изменения уровней ряда: абсолютное изменение и ускорение

Рассчитаем цепные и базисные абсолютные изменения уровней ряда, а также ускорение (см. Табл. 2). Сразу отметим, что все условные буквенные обозначения, встречающиеся в формулах, и их единицы измерения подробно расшифрованы в *Приложении 1*.

Таблица 2 - Расчет абсолютного изменения и ускорения

Годы	$y_i$	Абсолютное изменение, штук на душу населения		Ускорение, штук на душу населения ( $\Delta_{\Delta_i} = \Delta y_{ц_i} - \Delta y_{ц_{i-1}}$ )
		цепное ( $\Delta y_{ц_i} = y_i - y_{i-1}$ )	базисное ( $\Delta y_{б_i} = y_i - y_1$ )	
2000	229	-	-	-
2001	235	6	6	-
2002	244	9	15	3
2003	246	2	17	-7
2004	243	-3	14	-5
2005	250	7	21	10
2006	256	6	27	-1
2007	255	-1	26	-7
2008	253	-2	24	-1
2009	260	7	31	9
2010	270	10	41	3
2011	272	2	43	-8
2012	276	4	47	2

2013	270	-6	41	-10
2014	267	-3	38	3
2015	268	1	39	4
2016	273	5	44	4
2017	279	6	50	1
2018	280	1	51	-5
<i>Итого</i>	<i>4926</i>	<i>51</i>	<i>×</i>	<i>×</i>

Вывод по цепному абсолютному изменению: в России на протяжении рассматриваемого периода цепное абсолютное изменение потребления яиц на душу населения имело значительную волатильность: в 2002-2004 гг., 2005-2008 гг., 2010-2011 гг., 2012-2013 гг., 2017-2018 гг. наблюдался прирост, а в остальные периоды - снижение. Изобразим графически цепные абсолютные изменения ряда (см. Рис. 2).

Вывод по базисному абсолютному изменению: в России на протяжении рассматриваемого периода базисное абсолютное изменение потребления яиц на душу населения имело незначительную волатильность: несмотря на снижение потребления в 2004 г, 2008 г., 2012-2014 гг., наблюдался преимущественно прирост потребления. Изобразим графически базисные абсолютные изменения ряда (см. Рис. 2).

Вывод по ускорению: в России за рассматриваемый период не наблюдалось устойчивого ускорения потребления яиц на душу населения. Самый высокий скачок произошел в 2005 году, а наименьшее значение ускорения наблюдалось в 2013 году. Изобразим графически ускорение (см. Рис. 3).



Рис. 2 - Цепное и базисное абсолютные изменения потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

Примечание: авторская разработка.

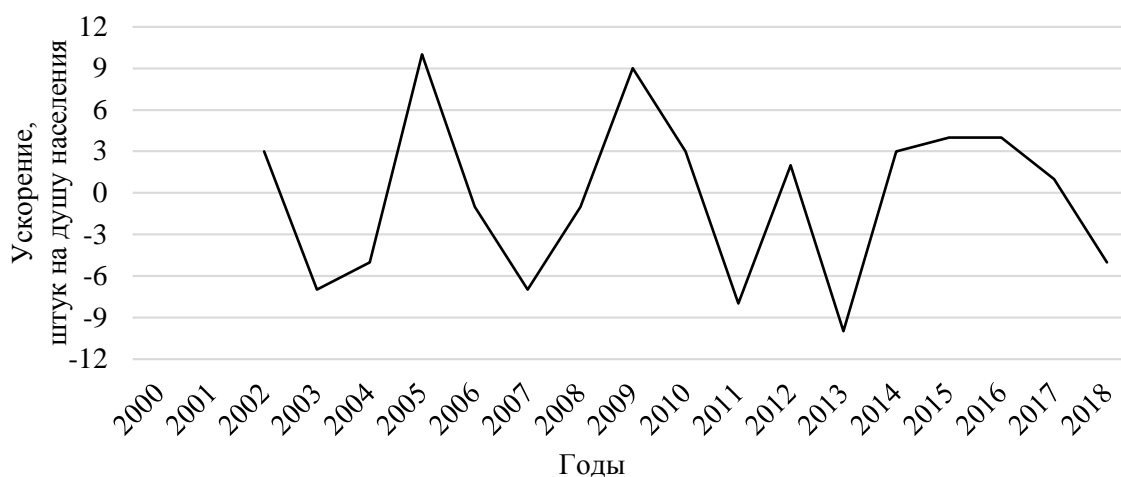


Рис. 3 - Ускорение потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

Примечание: авторская разработка.

### Показатели изменения уровней ряда: относительное изменение и вспомогательные показатели

Рассчитаем темпы роста, темпы прироста и абсолютное содержание 1% цепного прироста (см. Табл. 3).

**Таблица 3 - Расчет относительного изменения и вспомогательных показателей**

Год	$y_i$	Коэффициент изменения		Темп изменения, %		Темп прироста, %		Абсолютное содержание 1% цепного прироста, штук на душу населения
		цепной	базисный	цепной	базисный	цепной	базисный	
2000	229	-	-	-	-	-	-	-
2001	235	1,0262	1,0262	102,62	102,62	2,62	2,62	2,29
2002	244	1,0383	1,0655	103,83	106,55	3,83	6,55	2,35
2003	246	1,0082	1,0742	100,82	107,42	0,82	7,42	2,44
2004	243	0,9878	1,0611	98,78	106,11	-1,22	6,11	2,46
2005	250	1,0288	1,0917	102,88	109,17	2,88	9,17	2,43
2006	256	1,0240	1,1179	102,40	111,79	2,40	11,79	2,50
2007	255	0,9961	1,1135	99,61	111,35	-0,39	11,35	2,56
2008	253	0,9922	1,1048	99,22	110,48	-0,78	10,48	2,55
2009	260	1,0277	1,1354	102,77	113,54	2,77	13,54	2,53
2010	270	1,0385	1,1790	103,85	117,90	3,85	17,90	2,60
2011	272	1,0074	1,1878	100,74	118,78	0,74	18,78	2,70
2012	276	1,0147	1,2052	101,47	120,52	1,47	20,52	2,72
2013	270	0,9783	1,1790	97,83	117,90	-2,17	17,90	2,76
2014	267	0,9889	1,1659	98,89	116,59	-1,11	16,59	2,70
2015	268	1,0037	1,1703	100,37	117,03	0,37	17,03	2,67
2016	273	1,0187	1,1921	101,87	119,21	1,87	19,21	2,68
2017	279	1,0220	1,2183	102,20	121,83	2,20	21,83	2,73
2018	280	1,0036	1,2227	100,36	122,27	0,36	22,27	2,79

Формулы, используемые в *Таблице 3*:

$$\text{Цепной коэффициент изменения: } k_{\text{цепной}} = \frac{y_i}{y_{i-1}}$$

$$\text{Базисный коэффициент изменения: } k_{\text{базисный}} = \frac{y_i}{y_1}$$

$$\text{Цепной темп изменения: } T_{\text{цепной}} = k_{\text{цепной}} \cdot 100\% = \frac{y_i}{y_{i-1}} \cdot 100\%$$

$$\text{Базисный темп изменения: } T_{\text{базисный}} = k_{\text{базисный}} \cdot 100\% = \frac{y_i}{y_1} \cdot 100\%$$

$$\text{Цепной темп прироста: } T_{\text{пр.цеп}} = T_{\text{цепной}} - 100\%$$

$$\text{Базисный темп прироста: } T_{\text{пр.баз}} = T_{\text{базисный}} - 100\%$$

$$\text{Абсолютное содержание 1\% цепного прироста: } A_{1\%\text{цеп}} = \frac{\Delta y_{\text{ц}}}{T_{\text{пр.цеп}}}$$

Вывод по цепному темпу изменения: в России на протяжении рассматриваемого периода цепной темп изменения потребления яиц на душу населения преимущественно больше 100%, а темп сокращения наблюдался в 2004 г., 2007-  
Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

2008 г., 2013-2014 гг. Наибольшее значение темпа роста потребления – в 2010 г. (103,85%), наибольшее значение темпа сокращения потребления - в 2013 г. (97,83%). Изобразим графически цепной темп изменения (см. Рис. 4).

Вывод по базисному темпу изменения: в России на протяжении рассматриваемого периода базисный темп изменения потребления яиц на душу населения имел незначительную волатильность: в 2004 г., 2008 г., в 2013-2014 гг. наблюдался темп сокращения потребления, в остальные годы – темп роста потребления. Изобразим графически базисный темп изменения (см. Рис. 4).

Вывод по цепному темпу прироста: в России на протяжении рассматриваемого периода темп прироста потребления яиц на душу населения, рассчитанный по цепному методу, имел значительную волатильность. В 2001-2002 гг., 2004-2005 гг., 2008-2010 гг., 2011-2012 гг., 2013-2017 гг. наблюдалось повышение темпа прироста, а в остальные периоды - снижение. Наибольшее значение цепного темпа прироста наблюдалось в 2010 году (3,85%), а наименьшее – в 2013 году (-2,17%). Изобразим графически цепной темп прироста (см. Рис. 5).

Вывод по базисному темпу прироста: в России на протяжении рассматриваемого периода темп прироста потребления яиц на душу населения, рассчитанный по базисному методу, имел преимущественно возрастающий характер за исключением 2004 г., 2007-2008 гг., 2013-2014 гг., где базисный темп прироста был меньше предыдущего. Изобразим графически базисный темп прироста (см. Рис. 5).

Вывод по абсолютному содержанию 1% цепного прироста: в России на протяжении рассматриваемого периода абсолютное содержание одного процента цепного прироста потребления яиц на душу населения имело преимущественно возрастающий характер за исключением 2005 г., 2008-2009 гг., 2014-2015 гг., где наблюдалось убывание. Изобразим графически абсолютное содержание 1% цепного прироста (см. Рис. 6).

Значение абсолютного содержания 1% базисного прироста является постоянной величиной:



$$A_{1\%баз} = \frac{\Delta y_{баз}}{T_{пр.баз}} = \frac{6}{2,62} = \frac{15}{6,55} = 2,29 \text{ шт. на душу населения}$$

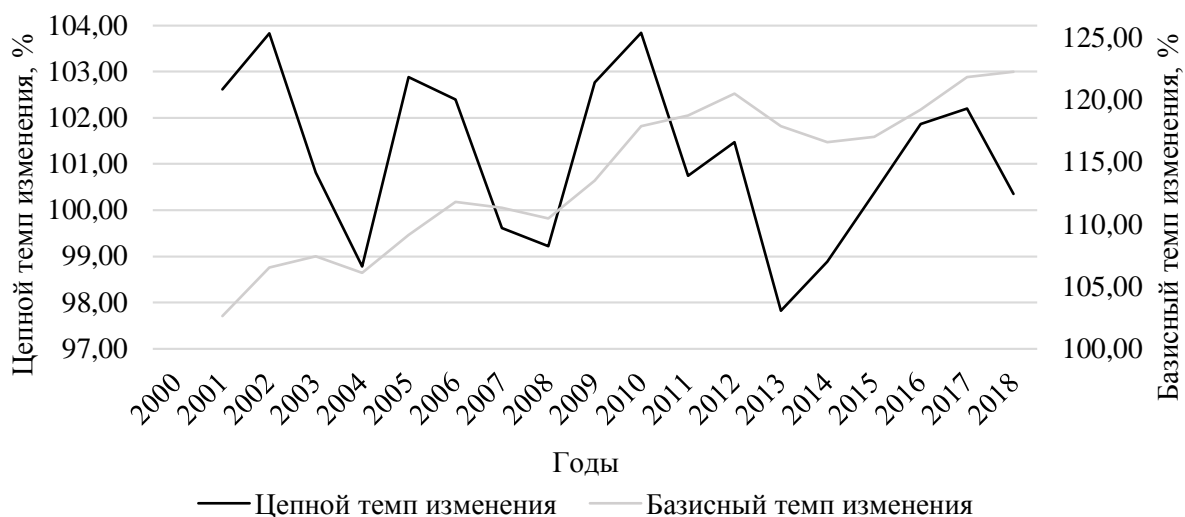


Рис. 4 - Цепной и базисный темпы изменения потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

Примечание: авторская разработка.

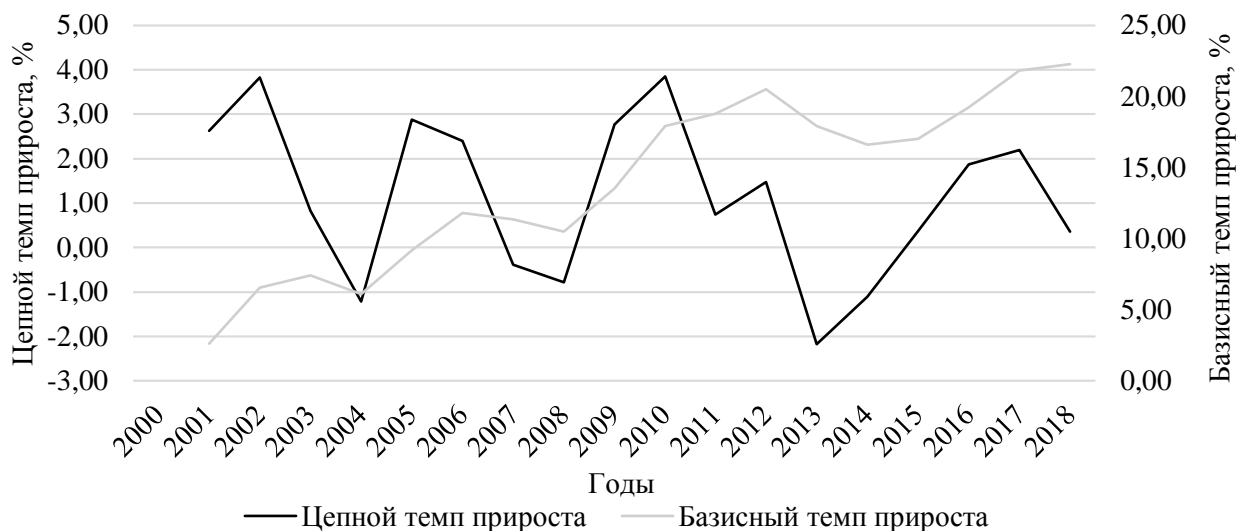


Рис. 5 - Цепной и базисный темпы прироста потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

Примечание: авторская разработка.

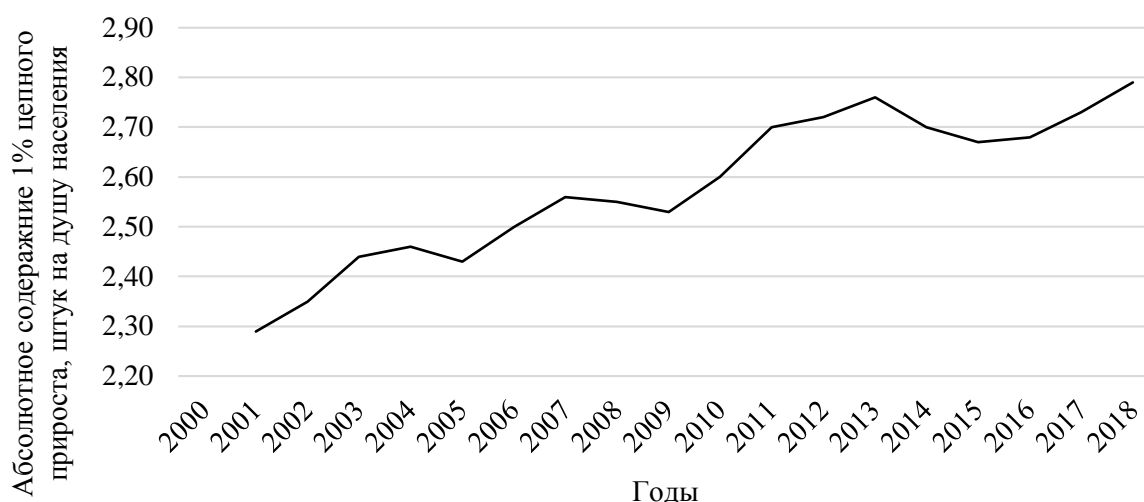


Рис. 6 - Абсолютное содержание 1% цепного прироста потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг.

*Примечание:* авторская разработка.

### Средние показатели

Динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. является интервальным, так как он содержит значения показателей за определенные периоды времени. Мы можем суммировать уровни данного ряда и находить накопленные итоги (например, суммарное потребление яиц на душу населения в России за 3 года: с 2005 по 2007 год). Поэтому рассчитываем средний уровень ряда по формуле средней арифметической простой.

Средний уровень:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{4926}{19} = 259,3 \text{ шт. на душу населения}$$

Вывод: на протяжении рассматриваемого периода в среднем за год потребление яиц на душу населения в России составило 259,3 шт.

Среднее абсолютное изменение:

$$\bar{\Delta} = \frac{y_n - y_1}{n-1} = \frac{51}{18} = 2,8 \text{ шт. на душу населения}$$

Вывод: на протяжении рассматриваемого периода в среднем потребление яиц на душу населения в России увеличивалось на 2,8 шт. в год.

Средний темп изменения:

$$\bar{T} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} \cdot 100\% = \sqrt[18]{\frac{280}{229}} \cdot 100\% = 101,12\%$$

Вывод: на протяжении рассматриваемого периода в среднем каждый год потребление яиц на душу населения в России составляло 101,12% от предыдущего года.

Средний темп прироста:

$$\bar{P} = \bar{T} - 100\% = 101,12\% - 100\% = 1,12\%$$

Вывод: на протяжении рассматриваемого периода в среднем в год потребление яиц на душу населения в России увеличивалось на 1,12%.

### Аналитическое выравнивание по линейному тренду

Уравнение линейного тренда:  $\tilde{y}_i = a + bt_i$

**Таблица 4 - Расчет теоретических уровней линейного тренда и данных для вычисления ошибки математической модели  $\sigma_t$**

Годы	$y_i$	$t_i$	$t_i^2$	$y_i \cdot t_i$	$\tilde{y}_i$	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
2000	229	-9	81	-2 061	236	52,13
2001	235	-8	64	-1 880	239	14,29
2002	244	-7	49	-1 708	241	7,08
2003	246	-6	36	-1 476	244	4,41
2004	243	-5	25	-1 215	246	11,97
2005	250	-4	16	-1 000	249	0,96
2006	256	-3	9	-768	252	19,54
2007	255	-2	4	-510	254	0,74
2008	253	-1	1	-253	257	13,69
2009	260	0	0	0	259	0,55
2010	270	1	1	270	262	66,91
2011	272	2	4	544	264	58,06
2012	276	3	9	828	267	82,08
2013	270	4	16	1 080	270	0,25
2014	267	5	25	1 335	272	25,60
2015	268	6	36	1 608	275	43,82
2016	273	7	49	1 911	277	17,47
2017	279	8	64	2 232	280	0,55
2018	280	9	81	2 520	282	5,29
<i>Итого</i>	4926	0	570	1 457	4926	425,40

Найдем параметры  $a$  и  $b$  через систему нормальных уравнений по упрощенному способу

$$\begin{cases} an = \sum y_i \\ b \sum t_i^2 = \sum y_i t_i \end{cases} ; \quad \begin{cases} a = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{4926}{19} = 259,26 \\ b = \frac{\sum y_i t_i}{\sum t_i^2} = \frac{1457}{570} = 2,56 \end{cases}$$

Найдем ошибку математической модели  $\sigma_t$  при условии, что  $n = 19$  и  $p = 2$  ( $a$  и  $b$ )

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{425,40}{19-2}} = 5,00$$

Тогда полное уравнение линейного тренда:  $\tilde{y}_i = 259,26 + 2,56 \cdot t_i \pm 5,00$

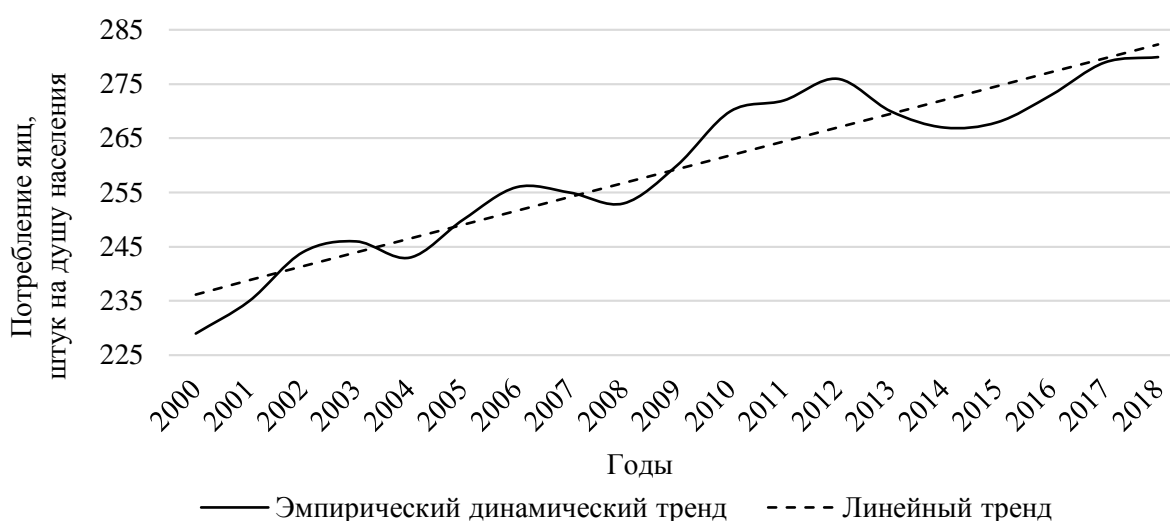


Рис. 7 - Эмпирический динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. и его линейный тренд

*Примечание:* авторская разработка.

Вывод по Табл. 4 и Рис. 7: эмпирические уровни ряда динамики потребления яиц на душу населения в России за рассматриваемый период отклоняются от значений линейного тренда в среднем на 5 шт. При этом в 2002-2003 гг., 2005-2007 гг., 2009-2013 гг. фактические значения потребления яиц на душу населения были выше значений, рассчитанных по линейному тренду, а в остальные периоды, соответственно, были ниже расчетных значений.

### **Аналитическое выравнивание по параболическому тренду**

Уравнение параболического тренда:  $\tilde{y}_i = a + bt_i + ct_i^2$

**Таблица 5 - Расчет теоретических уровней параболического тренда и данных для вычисления ошибки математической модели  $\sigma_t$** 

Годы	$y_i$	$t_i$	$t_i^2$	$t_i^3$	$t_i^4$	$y_i \cdot t_i$	$y_i \cdot t_i^2$	$\tilde{y}_i$	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
2000	229	-9	81	-729	6 561	-2 061	18 549	231	4,24
2001	235	-8	64	-512	4 096	-1 880	15 040	235	0,10
2002	244	-7	49	-343	2 401	-1 708	11 956	239	21,34
2003	246	-6	36	-216	1 296	-1 476	8 856	243	7,62
2004	243	-5	25	-125	625	-1 215	6 075	247	15,21
2005	250	-4	16	-64	256	-1 000	4 000	250	0,13
2006	256	-3	9	-27	81	-768	2 304	254	5,66
2007	255	-2	4	-8	16	-510	1 020	257	2,82
2008	253	-1	1	-1	1	-253	253	260	42,77
2009	260	0	0	0	0	0	0	262	4,84
2010	270	1	1	1	1	270	270	265	28,52
2011	272	2	4	8	16	544	1 088	267	25,81
2012	276	3	9	27	81	828	2 484	269	49,28
2013	270	4	16	64	256	1 080	4 320	271	0,71
2014	267	5	25	125	625	1 335	6 675	273	30,25
2015	268	6	36	216	1 296	1 608	9 648	274	35,52
2016	273	7	49	343	2 401	1 911	13 377	275	4,93
2017	279	8	64	512	4 096	2 232	17 856	276	7,40
2018	280	9	81	729	6 561	2 520	22 680	277	8,18
<i>Итого</i>	<i>4 926</i>	<i>0</i>	<i>570</i>	<i>0</i>	<i>30 666</i>	<i>1 457</i>	<i>146 451</i>	<i>4925</i>	<i>295,33</i>

Найдем параметры  $a$ ,  $b$  и  $c$  через систему нормальных уравнений по упрощенному способу

$$\begin{cases} an + c\sum t_i^2 = \sum y_i \\ b\sum t_i^2 = \sum y_i t_i \\ a\sum t_i^2 + c\sum t_i^4 = \sum y_i t_i^2 \end{cases}; \quad \begin{cases} a = \frac{\sum y_i - c\sum t_i^2}{n} = \frac{4\,926 - c \cdot 570}{19} \\ b = \frac{\sum y_i t_i}{\sum t_i^2} = \frac{1457}{570} = 2,56 \\ c = \frac{\sum y_i t_i^2 - a\sum t_i^2}{\sum t_i^4} = \frac{146\,451 - a \cdot 570}{30\,666} \end{cases};$$

$$\begin{cases} a = \frac{4\,926 - \frac{146\,451 - a \cdot 570}{30\,666} \cdot 570}{19} \\ b = 2,56 \\ c = \frac{146\,451 - a \cdot 570}{30\,666} \end{cases}; \quad \begin{cases} a = 262,2 \\ b = 2,56 \\ c = -0,1 \end{cases}$$

Найдем ошибку математической модели  $\sigma_t$  при условии, что  $n = 19$  и  $p = 3$  ( $a$ ,  $b$  и  $c$ )

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{295,33}{19-3}} = 4,3$$

Тогда полное уравнение параболического тренда:  $\tilde{y}_i = 262,2 + 2,56 \cdot t_i - 0,1 \cdot t_i^2 \pm 4,3$

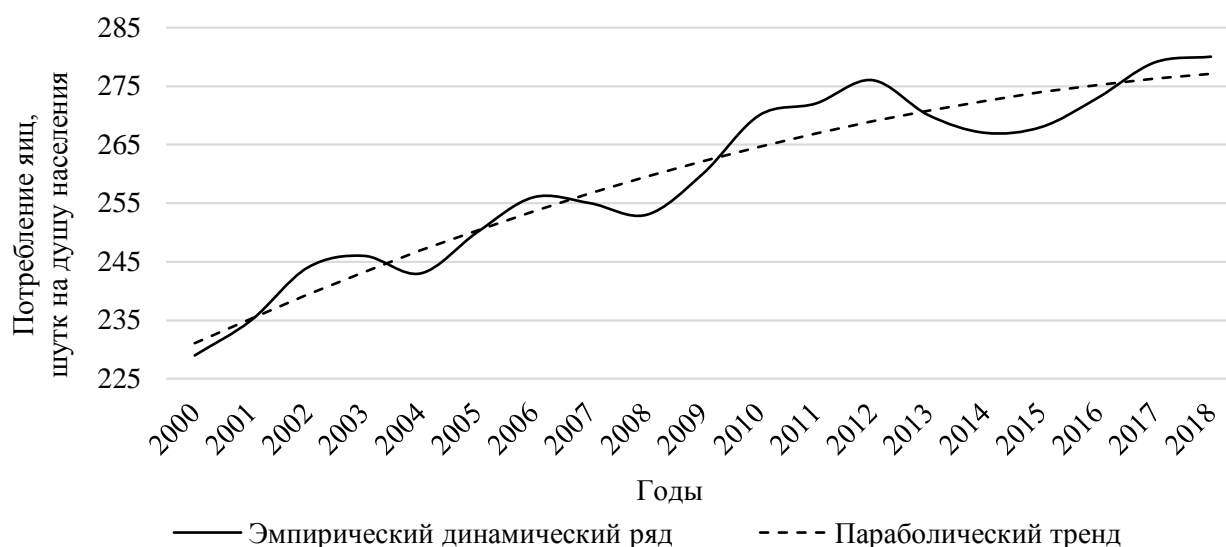


Рис. 8 - Эмпирический динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. и его параболический тренд

*Примечание:* авторская разработка.

Вывод по Табл. 5 и Рис. 8: эмпирические уровни ряда динамики потребления яиц на душу населения в России за рассматриваемый период отклоняются от значений параболического тренда в среднем на 4,3 шт. При этом в 2002-2003 гг., 2006 г., 2010-2012 гг., 2017-2018 гг. фактические значения потребления яиц на душу населения были выше значений, рассчитанных по параболическому тренду, а в остальные периоды, соответственно, были ниже расчетных значений.

### Аналитическое выравнивание по показательной функции (экспоненте)

Уравнение показательной функции:  $\tilde{y}_i = ab^{t_i}$

Таблица 6 - Расчет теоретических уровней показательной функции и данных для вычисления ошибки математической модели  $\sigma_t$

Годы	$y_i$	$t_i$	$t_i^2$	$lg(y_i)$	$lg(y_i) \cdot t_i$	$\tilde{y}_i$	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
2000	229	-9	81	2,3598	-21,2385	237	58,65
2001	235	-8	64	2,3711	-18,9685	239	16,28
2002	244	-7	49	2,3874	-16,7117	241	6,63
2003	246	-6	36	2,3909	-14,3456	244	4,67
2004	243	-5	25	2,3856	-11,9280	246	10,74
2005	250	-4	16	2,3979	-9,5918	249	1,59

2006	256	-3	9	2,4082	-7,2247	251	22,78
2007	255	-2	4	2,4065	-4,8131	254	1,59
2008	253	-1	1	2,4031	-2,4031	256	10,74
2009	260	0	0	2,4150	0,0000	259	1,35
2010	270	1	1	2,4314	2,4314	261	73,47
2011	272	2	4	2,4346	4,8691	264	63,32
2012	276	3	9	2,4409	7,3227	267	86,80
2013	270	4	16	2,4314	9,7255	269	0,42
2014	267	5	25	2,4265	12,1326	272	25,44
2015	268	6	36	2,4281	14,5688	275	45,75
2016	273	7	49	2,4362	17,0531	278	20,35
2017	279	8	64	2,4456	19,5648	280	1,66
2018	280	9	81	2,4472	22,0244	283	9,54
<i>Итого</i>	<i>4 926</i>	<i>0</i>	<i>570</i>	<i>45,8474</i>	<i>2,4673</i>	<i>4925</i>	<i>461,77</i>

Найдем параметры  $a$  и  $b$  через систему нормальных уравнений по упрощенному способу

$$\begin{cases} n \lg(a) = \sum \lg(y_i) \\ \lg(b) \sum t_i^2 = \sum t_i \lg(y_i) \end{cases} ; \begin{cases} b = 10^{\frac{\sum t_i \lg(y_i)}{\sum t_i^2}} = 10^{\frac{2,4673}{570}} = 1,01 \\ a = 10^{\frac{\sum \lg(y_i)}{n}} = 10^{\frac{45,8474}{19}} = 258,83 \end{cases}$$

Найдем ошибку математической модели  $\sigma_t$  при условии, что  $n = 19$  и  $p = 2$  ( $a$  и  $b$ )

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{461,77}{19-2}} = 5,21$$

Тогда полное уравнение показательной функции:  $\tilde{y}_i = 258,83 \cdot 1,01^{t_i} \pm 5,21$

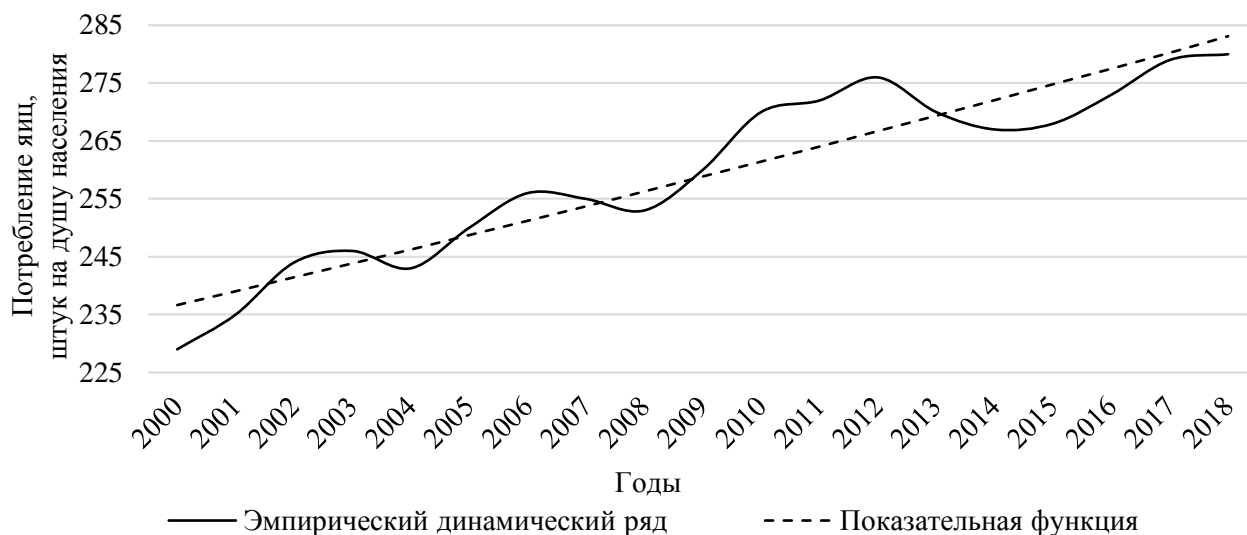


Рис. 9 - Эмпирический динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. и его показательная функция

*Примечание:* авторская разработка.

Вывод по Табл. 6 и Рис. 9: эмпирические уровни ряда динамики потребления яиц на душу населения в России за рассматриваемый период отклоняются от значений показательной функции в среднем на 5,21 шт. При этом в 2002-2003 гг., 2005-2007 гг., 2009-2013 гг. фактические значения потребления яиц на душу населения были выше значений, рассчитанных по показательной функции, а в остальные периоды, соответственно, были ниже расчетных значений.

### Аналитическое выравнивание по гиперболическому тренду

Уравнение гиперболического тренда:  $\tilde{y}_i = a + b \cdot \frac{1}{t_i}$

Таблица 7 - Расчет теоретических уровней гиперболического тренда и данных для вычисления ошибки математической модели  $\sigma_t$

Годы	$y_i$	$t_i$	$\frac{1}{t_i}$	$\left(\frac{1}{t_i}\right)^2$	$\frac{y_i}{t_i}$	$\tilde{y}_i$	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
2000	229	1	1,0000	1,0000	229,00	216	177,16
2001	235	2	0,5000	0,2500	117,50	242	55,95
2002	244	3	0,3333	0,1111	81,33	251	54,91
2003	246	4	0,2500	0,0625	61,50	256	97,52
2004	243	5	0,2000	0,0400	48,60	259	241,93
2005	250	6	0,1667	0,0278	41,67	260	106,92
2006	256	7	0,1429	0,0204	36,57	262	31,54
2007	255	8	0,1250	0,0156	31,88	263	57,34
2008	253	9	0,1111	0,0123	28,11	263	106,43



2009	260	10	0,1000	0,0100	26,00	264	15,30
2010	270	11	0,0909	0,0083	24,55	264	31,37
2011	272	12	0,0833	0,0069	22,67	265	51,77
2012	276	13	0,0769	0,0059	21,23	265	117,76
2013	270	14	0,0714	0,0051	19,29	265	20,77
2014	267	15	0,0667	0,0044	17,80	266	1,70
2015	268	16	0,0625	0,0039	16,75	266	4,32
2016	273	17	0,0588	0,0035	16,06	266	47,36
2017	279	18	0,0556	0,0031	15,50	266	161,46
2018	280	19	0,0526	0,0028	14,74	266	183,60
<i>Итого</i>	<i>4 926</i>	<i>190</i>	<i>3,5477</i>	<i>1,5937</i>	<i>870,73</i>	<i>4926</i>	<i>1 565,09</i>

Найдем параметры  $a$  и  $b$  через систему нормальных уравнений

$$\begin{cases} an + b\sum \frac{1}{t_i} = \sum y_i \\ a\sum \frac{1}{t_i} + b\sum \left(\frac{1}{t_i}\right)^2 = \sum \frac{y_i}{t_i} \end{cases} ; \begin{cases} a = \frac{\sum y_i - b\sum \frac{1}{t_i}}{n} = \frac{4926 - b \cdot 3,5477}{19} \\ b = \frac{\sum \frac{y_i}{t_i} - a\sum \frac{1}{t_i}}{\sum \left(\frac{1}{t_i}\right)^2} = \frac{870,73 - a \cdot 3,5477}{1,5937} \end{cases} ;$$

$$\begin{cases} a = \frac{4926 - b \cdot 3,5477}{19} \\ b = \frac{870,73 - \frac{4926 - b \cdot 3,5477}{19} \cdot 3,5477}{1,5937} \end{cases} ; \begin{cases} a = 269,27 \\ b = -53,58 \end{cases}$$

Найдем ошибку математической модели  $\sigma_t$  при условии, что  $n = 19$  и  $p = 2$  ( $a$  и  $b$ )

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \tilde{y}_i)^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{1\,565,09}{19-2}} = 9,59$$

Тогда полное уравнение показательной функции:  $\tilde{y}_i = 269,27 - 53,58 \cdot \frac{1}{t_i} \pm 9,59$

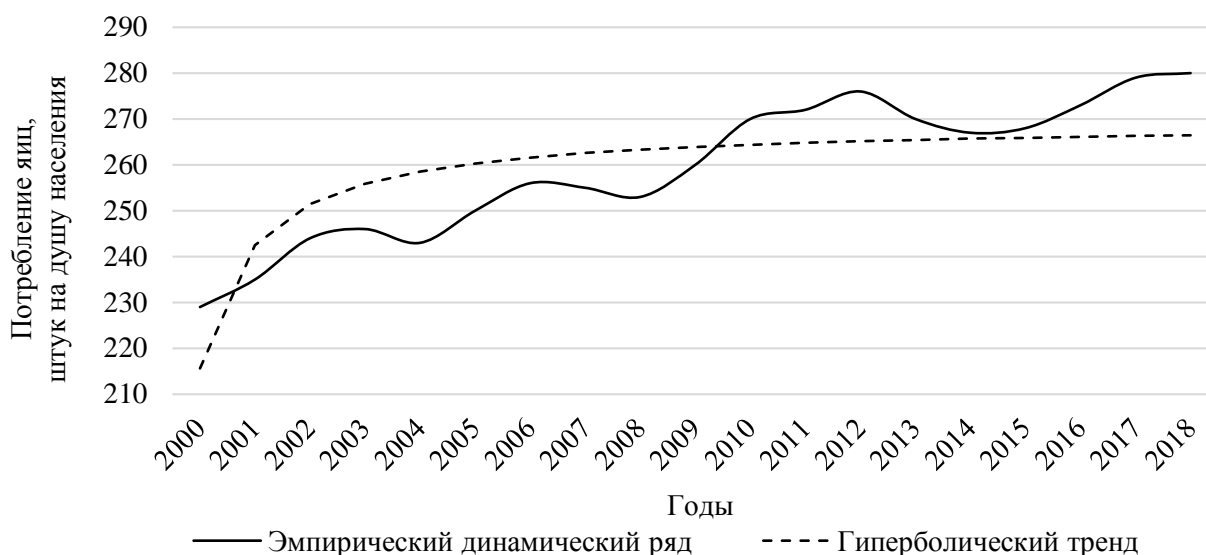


Рис. 10 - Эмпирический динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. и его гиперболический тренд

*Примечание:* авторская разработка.

Вывод по Табл. 7 и Рис. 10: эмпирические уровни ряда динамики потребления яиц на душу населения в России за рассматриваемый период отклоняются от значений гиперболического тренда в среднем на 9,59 шт. При этом в 2000 г., 2010-2018 гг. фактические значения потребления яиц на душу населения были выше значений, рассчитанных по гиперболическому тренду, а в остальные периоды, соответственно, были ниже расчетных значений.

### Аналитическое выравнивание по логарифмическому тренду

Уравнение логарифмического тренда:  $\tilde{y}_i = a + b \cdot \ln(t_i)$

Таблица 8 - Расчет теоретических уровней логарифмического тренда и данных для вычисления ошибки математической модели  $\sigma_t$

Годы	$y_i$	$t_i$	$\ln(t_i)$	$\ln(t_i)^2$	$\ln(t_i) \cdot y_i$	$\tilde{y}_i$	$(y_i - \tilde{y}_i)^2$
2000	229	1	0,0000	0,0000	0,0000	222	43,30
2001	235	2	0,6931	0,4805	162,8896	235	0,06
2002	244	3	1,0986	1,2069	268,0614	242	4,14
2003	246	4	1,3863	1,9218	341,0284	247	1,17
2004	243	5	1,6094	2,5903	391,0934	251	64,83
2005	250	6	1,7918	3,2104	447,9399	254	18,45
2006	256	7	1,9459	3,7866	498,1530	257	1,08
2007	255	8	2,0794	4,3241	530,2576	259	19,48
2008	253	9	2,1972	4,8278	555,8978	262	72,40
2009	260	10	2,3026	5,3019	598,6721	263	11,44

2010	270	11	2,3979	5,7499	647,4317	265	24,22
2011	272	12	2,4849	6,1748	675,8946	267	28,87
2012	276	13	2,5649	6,5790	707,9260	268	63,20
2013	270	14	2,6391	6,9646	712,5455	269	0,40
2014	267	15	2,7081	7,3335	723,0494	271	12,93
2015	268	16	2,7726	7,6872	743,0538	272	14,02
2016	273	17	2,8332	8,0271	773,4672	273	0,03
2017	279	18	2,8904	8,3542	806,4137	274	26,63
2018	280	19	2,9444	8,6697	824,4429	275	27,02
<i>Итого</i>	<i>4 926</i>	<i>190</i>	<i>39,3399</i>	<i>93,1903</i>	<i>10 408,2181</i>	<i>4926</i>	<i>433,68</i>

Найдем параметры  $a$  и  $b$  через систему нормальных уравнений

$$\begin{cases} a = \frac{\sum y_i - b \sum \ln(t_i)}{n} \\ b = \frac{n \sum \ln(t_i) \cdot y_i - \sum \ln(t_i) \sum y_i}{n \sum \ln(t_i)^2 - (\sum \ln(t_i))^2} \end{cases};$$

$$\begin{cases} a = \frac{\sum y_i - b \sum \ln(t_i)}{n} = \frac{4926 - 17,79 \cdot 39,3399}{19} = 222,42 \\ b = \frac{19 \cdot 10408,2181 - 39,3399 \cdot 4926}{19 \cdot 93,1903 - 39,3399^2} = 17,79 \end{cases}$$

Найдем ошибку математической модели  $\sigma_t$  при условии, что  $n = 19$  и  $p = 2$  ( $a$  и  $b$ )

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p}} = \sqrt{\frac{433,68}{19-2}} = 5,05$$

Тогда полное уравнение логарифмического тренда:  $\hat{y}_i = 222,42 + 17,79 \cdot \ln(t_i) \pm 5,05$

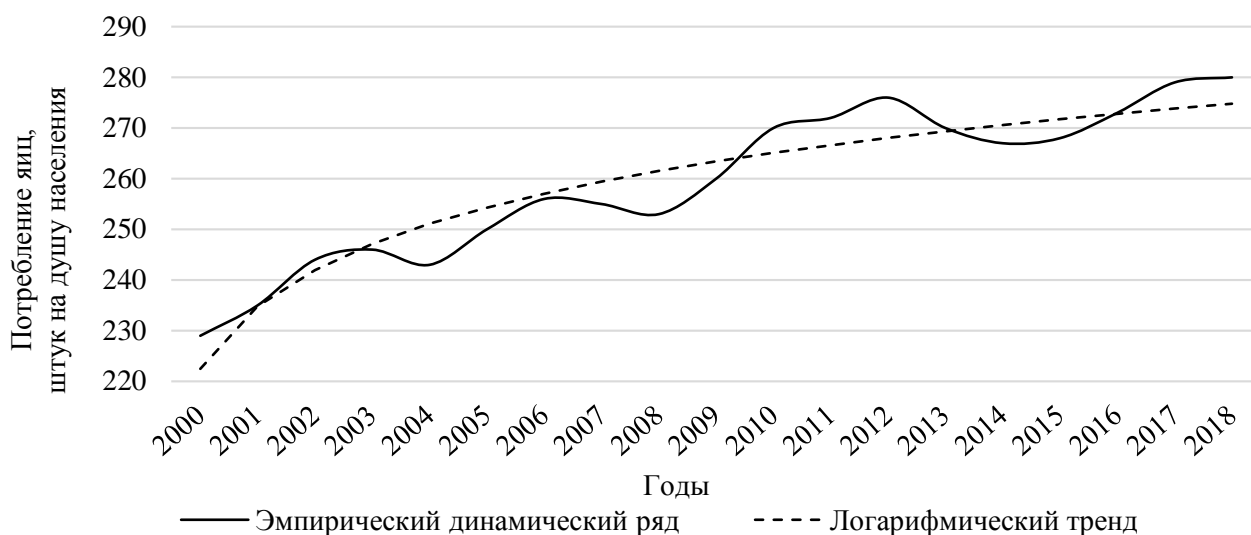


Рис. 11 - Эмпирический динамический ряд потребления яиц на душу населения в России в 2000-2018 гг. и его логарифмический тренд

*Примечание:* авторская разработка.

Вывод по *Табл. 8 и Рис. 11*: эмпирические уровни ряда динамики потребления яиц на душу населения в России за рассматриваемый период отклоняются от значений логарифмического тренда в среднем на 5,05 шт. При этом в 2000-2002 гг., 2010-2013 гг., 2016-2018 гг. фактические значения потребления яиц на душу населения были выше значений, рассчитанных по логарифмическому тренду, а в остальные периоды, соответственно, были ниже расчетных значений.

### Прогнозирование на основе экстраполяции тренда

**Таблица 9 - Сравнение ошибок математических моделей  $\sigma_t$**

Вид линии тренда	Прямая	Парабола	Экспонента	Гипербола	Логарифм
Ошибка математической модели $\sigma_t$	5,00	4,30	5,21	9,59	5,05

Наименьшее значение ошибки математической модели у параболического тренда (*см. Табл. 9*). Однако его форма не подходит для прогнозирования данных о потреблении яиц на душу населения (парабола «ветвями» вниз). В определенный год значения начнут перманентно снижаться, чего в жизни с высокой вероятностью не произойдет. Второй наилучший по ошибке – линейный тренд (прямая), но его форма также не будет отражать рост показателя. Третий по ошибке и очень близкий к линейному – логарифмический тренд, он подходит для экстраполяции, потому что в будущем объективен замедленный рост потребления яиц, что как раз и демонстрирует логарифм. Возьмем следующее уравнение:

$$\tilde{y}_i = 222,42 + 17,79 \cdot \ln(t_i) \pm 5,05$$

Как правило, прогноз рассчитывается на длину, не превышающую трети длины исходного ряда, поэтому сделаем прогноз на 6 лет вперед.

**Таблица 10 - Прогнозирование данных потребления яиц на душу населения в России на 2019-2024 гг.**

Годы	Нижняя граница ( $\tilde{y}_i - 5,05$ )	$\tilde{y}_i$	Верхняя граница ( $\tilde{y}_i + 5,05$ )
2019	271	276	281
2020	272	277	282

2021	272	277	282
2022	273	278	283
2023	274	279	284
2024	275	280	285

По *Таблице 10*, мы видим, что количество потребленных на душу населения яиц в России в 2024 году составит  $280 \pm 5$  шт. (округляем до целого числа, так как исходные данные представлены целыми числами). Нижняя граница интервала равна 275 шт., верхняя – 285 шт. Изобразим прогноз графически на *Рис. 12*.

Вывод: ожидаемое значение потребления яиц на душу населения в России в 2024 году находится в интервале от 275 до 285 шт.

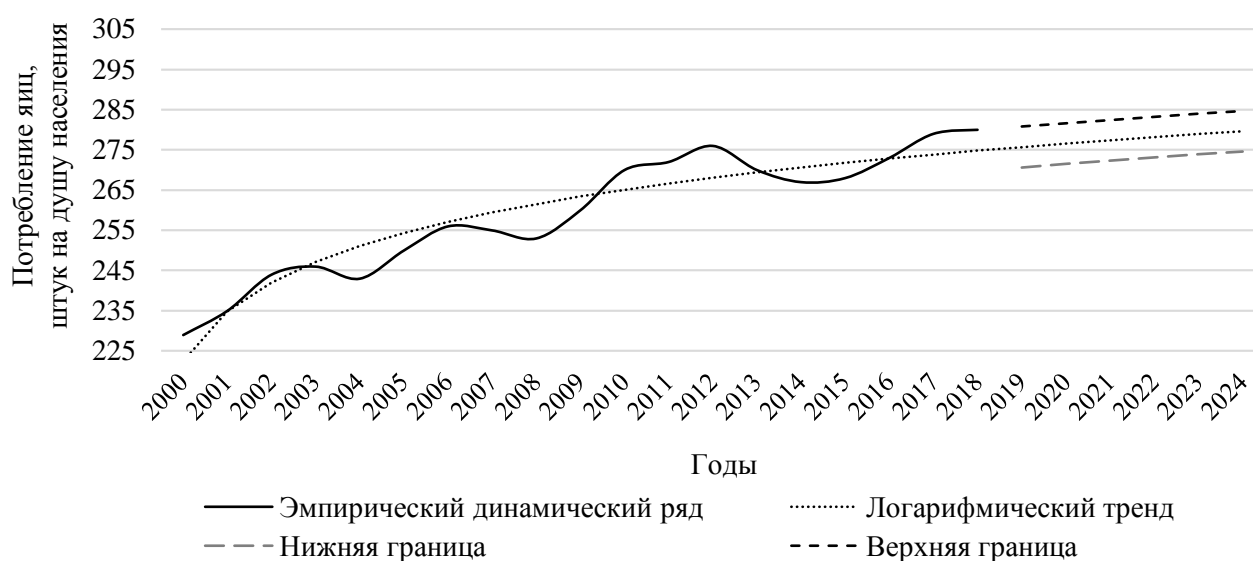


Рис. 12 - Динамика потребления яиц на душу населения в России в 2000-2024 гг. с учетом прогнозирования потребления на 2019-2024 гг.

*Примечание:* авторская разработка.

### Выводы и направления будущих исследований

Если визуально оценивать динамику потребления яиц в России, то можно сделать вывод о ее перманентной волатильности. Наибольшее абсолютное изменение (10 штук на душу населения; 3,85%) наблюдалось в 2010 году (по сравнению с 2009 годом), а наименьшее абсолютное изменение (-6 штук на душу населения; -2,17) наблюдалось в 2013 году (по сравнению с 2012 годом).

На протяжении рассматриваемого периода в среднем за год потребление яиц на душу населения в России составило 259,3 шт. В среднем ежегодно показатель увеличивался на 2,8 шт. в год или на 1,12%.

Аналитическое выравнивание эмпирического ряда было выполнено пятью линиями трендов – прямой, параболой, экспонентой, гиперболой и логарифмом. Были построены пять математических моделей, посчитаны их ошибки и построены совместные графики эмпирического и теоретического распределений.

Слепой выбор уравнения для прогнозирования по наименьшей ошибке математической модели – неверный путь, тем более в условиях данного исследования, где не были рассмотрены такие «маркеры», как коэффициент детерминации и F-критерий. Поэтому очень важно подбирать тренд, обращая внимание на форму текущего графика. Потребление яиц на душу населения растет замедленным темпом – выбираем логарифм. По итогам прогнозирования получилось, что в 2024 году потребление яиц на душу населения в России составит около 280 штук.

Будущим направлением исследования может стать анализ вариации потребления яиц в регионах РФ. Это позволит выявить новые географические особенности в значениях показателя по всей территории страны.

Если говорить об эконометрических методах исследования, то корреляционно-регрессионный анализ может стать продолжением в изучении показателя. Это позволит получить ответы на следующие вопросы: какие факторы и каким образом влияют на потребление яиц; как выглядят математические модели потребления яиц в динамике в разные экономические периоды; есть ли в моделях лаговые сдвиги и каковы их причины.

### **Библиографический список**

1. Долгова, В. Н. Социально-экономическая статистика : учебник и практикум для вузов / В. Н. Долгова, Т. Ю. Медведева. — М. : Издательство

Юрайт, 2022. — 269 с. — (Высшее образование). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489929>.

2. Приложение к сборнику «Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019» : Стат. сб. / Росстат. - М., 2019. - URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/47652>.

3. Теория статистики с элементами эконометрики в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / В. В. Ковалев [и др.] ; ответственный редактор В. В. Ковалев. — М. Издательство Юрайт, 2022. — 333 с. — (Высшее образование). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490798>.

4. Теория статистики с элементами эконометрики в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / В. В. Ковалев [и др.] ; ответственный редактор В. В. Ковалев. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 348 с. — (Высшее образование). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490799>.

5. Теория статистики с элементами эконометрики. Практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Ковалев [и др.] ; под редакцией В. В. Ковалева. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 386 с. — (Высшее образование).— Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489389>.

*Оригинальность 99%*

## Приложение 1

## Условные обозначения

Обозначение	Расшифровка	Единица измерения
$y_i$	Фактический уровень $i$ -го периода	Штук на душу населения
$n$	Число уровней ряда	-
$\Delta y_{ц_i}$	Абсолютное цепное изменение $i$ -го периода	Штук на душу населения
$\Delta y_{б_i}$	Абсолютное базисное изменение $i$ -го периода	Штук на душу населения
$\Delta_{\Delta_i}$	Ускорение	Штук на душу населения
$k_{цепной}$	Цепной коэффициент изменения	-
$k_{базисный}$	Базисный коэффициент изменения	-
$T_{цепной}$	Цепной темп изменения	%
$T_{базисный}$	Базисный темп изменения	%
$T_{пр.цеп}$	Цепной темп прироста	%
$T_{пр.баз}$	Базисный темп прироста	%
$A_{1\%цеп}$	Абсолютное содержание 1% цепного прироста	Штук на душу населения
$A_{1\%баз}$	Абсолютное содержание 1% базисного прироста	Штук на душу населения
$\bar{y}$	Средний уровень ряда	Штук на душу населения
$\bar{\Delta}$	Среднее абсолютное изменение	Штук на душу населения
$\bar{T}$	Средний темп изменения	%
$\bar{П}$	Средний темп прироста	%
$\tilde{y}_i$	Выравненный уровень ряда $i$ -го периода	Штук на душу населения
$t_i$	Порядковый номер периода времени	-
$\sigma_t$	Ошибка математической модели	Штук на душу населения
$p$	Число параметров уравнения тренда	-