

**Домашнее задание по курсу лекций  
«Статистика». Часть 2  
2016 год**

---

Работа выполняется студентами на листах формата А4.

Первый лист – титульный. На нем указывается тема работы, учебная группа, номер варианта студента, а также Ф.И.О. студента и преподавателя, принимающего работу.

**ВАЖНО!** В работе во всех задачах необходимо приводить **расчетные формулы** и отражать **ход расчетов**.

В завершение каждого пункта задачи необходимо привести выводы по результатам проведенных расчетов.

Домашнее задание содержит двадцать восемь вариантов. Выбор варианта определяется порядковым номером студента в журнале учета успеваемости.

Исходные данные, необходимые для выполнения работ, даны в Таблице №3.

**Задача 3. «Временные ряды. Метод наименьших квадратов (МНК)»**

Исходные данные (выбранный **вариант по Таблице №3**) – набор  $n$ -пар чисел  $(t_k, x_k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , где  $t_k$  – независимая переменная (например, время), а  $x(t_k)$  – зависимая (например, индекс инфляции). Предполагается, что переменные связаны зависимостью

$$x(t_k) = a t_k + b + e_k, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

где  $a$  и  $b$  – параметры, не известные статистику и подлежащие оцениванию, а  $e_k$  – погрешности, искажающие зависимость.

Таблица для внесения исходных данных.

$t_k$						
$x_k$						

1. Методом наименьших квадратов оцените параметры  $a$  и  $b$  линейной зависимости. Выпишите восстановленную зависимость.

---

Например, по результатам вычислений оценки параметров  $a$  и  $b$  равны:

$a^* = 3,14$ ;  $b^* = 9,03$ , тогда восстановленная зависимость будет выглядеть:

$$x^*(t) = 3,14 \cdot t + 9,03$$

---

2. Вычислите восстановленные значения зависимой переменной, сравните их с исходными значениями (найдите разности) и проверьте условие точности вычислений (при отсутствии ошибок в вычислениях сумма исходных значений должна равняться сумме восстановленных, или сумма попарных разностей будет равна нулю:  $\sum_{k=1}^n (x^*(t_k) - x(t_k)) = 0$ ;  $k = 1, 2, \dots, n$ ).

3. Найдите остаточную сумму квадратов и оцените дисперсию погрешностей:  $SS$ ;  $(\sigma^2)^*$ .

4. Выпишите точечный прогноз, а также верхнюю и нижнюю доверительные границы для него (для доверительной вероятности 0,95).

---

Например:  $x^*(t) = 3,14t + 9,03 \pm 1,96 \cdot 1,49 \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{(t - 5,67)^2}{63,1}}$

---

5. Рассчитайте прогнозное значение и доверительные границы для него для момента  $t = \underline{\quad}$  (см. вариант по Таблице № 3 – столбец « $t_{\text{прогн.}}$ »).

---

Пример: точечный прогноз будет выглядеть для  $t = 12$ :

$$x^*(12) = 3,14 \cdot 12 + 9,03 \pm 1,96 \cdot 1,49 \sqrt{\frac{1}{6} + \frac{(12 - 5,67)^2}{63,1}} = 46,71 \pm 2,615.$$

---

6. Как изменятся результаты, если доверительная вероятность будет увеличена? А если она будет уменьшена?

Таблица № 3. Исходные данные к Задаче №3.

№ вар.	Обозначения	Значения						$t_{\text{прогн.}}$
		1	2	4	5	7	10	
1.	$t_k$	1	2	4	5	7	10	12
	$x_k$	11	17	20	26	33	42	
2.	$t_k$	3	4	6	7	8	10	12
	$x_k$	10	12	16	22	26	30	
3.	$t_k$	1	4	6	8	9	10	12
	$x_k$	12	20	28	33	35	40	
4.	$t_k$	2	4	5	6	8	9	12
	$x_k$	17	24	27	28	33	35	
5.	$t_k$	2	4	5	7	8	10	12
	$x_k$	11	15	21	26	28	32	
6.	$t_k$	2	3	5	6	8	10	12
	$x_k$	10	12	18	25	30	42	
7.	$t_k$	1	3	5	6	7	10	12
	$x_k$	12	18	26	28	32	42	
8.	$t_k$	1	3	4	5	7	10	12
	$x_k$	12	16	20	26	34	40	
9.	$t_k$	2	3	5	6	7	10	12
	$x_k$	17	18	26	28	32	42	
10.	$t_k$	3	4	6	7	8	10	12
	$x_k$	10	15	19	24	31	36	
11.	$t_k$	3	5	6	7	9	10	12
	$x_k$	11	17	22	28	32	38	
12.	$t_k$	3	4	5	8	9	10	12
	$x_k$	11	13	17	23	27	32	
13.	$t_k$	10	25	30	40	55	70	100
	$x_k$	90	130	180	205	195	210	
14.	$t_k$	30	40	45	55	70	80	100
	$x_k$	95	128	125	138	145	170	

№ вар.	Обозначения	Значения						$t_{\text{прогн.}}$
15.	$t_k$	25	30	35	50	70	75	100
	$x_k$	100	90	130	140	180	210	
16.	$t_k$	25	38	45	60	72	77	100
	$x_k$	90	95	115	133	142	160	
17.	$t_k$	3	5	7	8	9	10	12
	$x_k$	19	26	32	33	35	42	
18.	$t_k$	15	30	40	55	60	80	100
	$x_k$	100	130	135	140	150	170	
19.	$t_k$	5	25	30	35	55	70	100
	$x_k$	75	100	90	130	200	180	
20.	$t_k$	20	28	35	50	62	75	100
	$x_k$	83	95	119	127	140	165	
21.	$t_k$	15	27	40	55	68	75	100
	$x_k$	92	100	108	125	135	160	
22.	$t_k$	20	27	40	45	60	80	100
	$x_k$	110	125	140	150	155	180	
23.	$t_k$	15	28	40	58	60	80	100
	$x_k$	100	120	125	140	160	165	
24.	$t_k$	18	25	40	50	67	75	100
	$x_k$	78	85	102	115	140	162	
25.	$t_k$	10	12	21	35	50	70	100
	$x_k$	128	147	168	190	210	222	
26.	$t_k$	20	27	50	60	75	80	100
	$x_k$	100	95	115	125	150	157	
27.	$t_k$	5	30	35	50	70	75	100
	$x_k$	75	90	130	140	180	210	
28.	$t_k$	25	30	35	50	55	70	100
	$x_k$	100	90	130	140	200	180	

## Основные расчетные формулы

1) Оценки параметров линейного тренда  $a$  и  $b$ :

$$a^* = \frac{\overline{xt} - \bar{x} \cdot \bar{t}}{\overline{t^2} - (\bar{t})^2}$$
$$b^* = \bar{x} - a \cdot \bar{t}$$

2) Критерий оценки точности приближения функции по МНК:

$$\sum_{k=1}^n (x^*(t_k) - x(t_k)) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

3) Остаточная сумма квадратов:

$$SS = \sum_{k=1}^n (x^*(t_k) - x(t_k))^2 = \sum SS_k = \sum_{k=1}^n ((a^* - a) \cdot t_k + (b^* - b) - e_k)^2$$

4) Состоятельная оценка остаточной дисперсии:

$$(\sigma^2)^* = \frac{SS}{n}$$

5) Доверительные границы для прогностической функции:

$$x_{\text{верх}}(t) = a^* t + b^* + \delta(t),$$

$$x_{\text{нижн}}(t) = a^* t + b^* - \delta(t),$$

где погрешность  $\delta(t)$  имеет вид:

$$\delta(t) = U(p) \cdot \sigma^* \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(t - \bar{t})^2}{\sum_{k=1}^n (t_k - \bar{t})^2}}, \quad \sigma^* = \sqrt{\frac{SS}{n}},$$

где  $t$  – момент времени для расчета прогнозного значения,

$\bar{t}$  – среднее значение показателя времени в исходном ряду,

$\sigma^*$  – корень из оценки остаточной дисперсии,

а при доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ :  $U(p) = 1,96$ .