

Министерство образования и науки РФ

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой КИПР

_____ Д.В.Озеркин

«___» _____ 2015 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине:

Эксперимент: планирование, проведение, анализ

для магистров

направления подготовки: 11.04.03 – Конструирование и технология
электронных средств

Составитель:

Заведующий кафедрой КИПР

Д.В.Озёркин

2015

1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (24 ч)

Занятие №1. Интервальная оценка с помощью доверительной вероятности

Пример. Пусть, например, выполнено 30 измерений прочности корпуса блока РЭА при среднем модуле упругости корпуса $E = 170$ МПа и вычисленном значении среднеквадратического отклонения $\sigma = 3.1$ МПа.

Таблица 1 - Интегральная функция Лапласа

t	p_d	t	p_d	T	p_d
0.00	0.0000	0.75	0.5467	1.50	0.8864
0.05	0.0399	0.80	0.5763	1.55	0.8789
0.10	0.0797	0.85	0.6047	1.60	0.8904
0.15	0.1192	0.90	0.6319	1.65	0.9011
0.20	0.1585	0.95	0.6579	1.70	0.9109
0.25	0.1974	1.00	0.6827	1.75	0.9199
0.30	0.2357	1.05	0.7063	1.80	0.9281
0.35	0.2737	1.10	0.7287	1.85	0.9357
0.40	0.3108	1.15	0.7419	1.90	0.9426
0.45	0.3473	1.20	0.7699	1.95	0.9488
0.50	0.3829	1.25	0.7887	2.00	0.9545
0.55	0.4177	1.30	0.8064	2.25	0.9756
0.60	0.4515	1.35	0.8230	2.50	0.9876
0.65	0.4843	1.40	0.8385	3.00	0.9973
0.70	0.5161	1.45	0.8529	4.00	0.9999

Требуемую точность измерений можно определить для разных уровней доверительной вероятности ($p_d = 0.9; 0.95; 0.9973$), приняв значения t по таблице 1. В этом случае соответственно $\mu = \pm 3.1 \cdot 1.65 = 5.1$; $\pm 3.1 \cdot 2.0 = 6.2$;

$\pm 3.1 \cdot 3.0 = 9.3$ МПа. Следовательно, для данного средства и метода доверительный интервал возрастает примерно в два раза, если увеличить p_d только на 10%.

Занятие №2. Определение минимального количества измерений

Пример. Пусть, например, при приемке прецизионных резисторов в качестве одного из параметров измеряется их сопротивление. Согласно инструкции требуется выполнить 25 измерений; допускаемое отклонение параметра ± 0.1 Ом. Если предварительно вычисленное значение $\sigma = 0.4$ Ом, то можно определить, с какой достоверностью оценивается данный параметр.

Согласно инструкции $\Delta = 0.1$ Ом. Можно записать $t = \sqrt{n} \cdot \frac{\Delta}{\sigma} = \sqrt{25} \cdot \frac{0.1}{0.4} = 1.25$. В соответствии с таблицей 1 доверительная вероятность для $t = 1.25$ $p_d = 0.79$. Это низкая вероятность. Погрешность, превышающая доверительный интервал $2\mu = 0.2$ Ом, будет встречаться один раз из $0.79/(1 - 0.79) = 3.76$, т.е. из четырех измерений. Это недопустимо. В связи с этим необходимо вычислить минимальное количество измерений с доверительной вероятностью p_d , равной 0.9 и 0.95. Имеем $N_{\min} = 0.4^2 \cdot 1.65^2 / 0.1^2 = 43$ измерения при $p_d = 0.90$ и 64 измерения при $p_d = 0.95$, что значительно превышает установленные 25 измерений.

Занятие №3. Регрессионный анализ в экспериментальном методе исследований

Пример. Пусть, например, имеется статистический ряд парных измерений:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

8	11	14	16	21	26	27	32	34	41
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

по которому нужно найти уравнение прямой регрессии, оценить тесноту связей и оценить степень достоверности. Расчет целесообразно вести в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 - Расчет уравнения регрессии

x	y	$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	x^2	y^2	xy	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1	8	-4,5	-15	20,25	225	1	64	8	67,5
2	11	-3,5	-12	12,25	144	4	121	22	42,0
3	14	-2,5	-9	6,25	81	9	196	42	22,5
4	16	-1,5	-7	2,25	49	16	256	64	10,5
5	21	-0,5	-2	0,25	4	25	441	105	1,0
6	26	0,5	+3	0,25	9	36	676	156	1,5
7	27	1,5	+4	2,25	16	49	729	189	6,0
8	32	2,5	+9	6,25	81	64	1024	256	22,5
9	34	3,5	+11	12,25	121	81	1156	306	31,5
10	41	4,5	+18	20,25	324	100	1681	410	81,0
55	230	---	---	82,50	1054	385	6344	1558	286,0

В таблице 3 приведена сходимость экспериментальной и теоретической регрессии.

Таблица 3 - Сходимость экспериментальной и теоретической регрессии

y	8	11	14	16	21	26	27	32	34	41
y_3	7,1	10,6	14,2	17,7	21,8	24,8	28,3	31,9	35,4	39,0

$$\bar{x} = \frac{55}{10} = 5.5; \quad \bar{y} = \frac{230}{10} = 23; \quad \sigma_x = \frac{82.50}{10} = 8.25; \quad \sigma_y = \frac{1054}{10} = 105.4.$$

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{10 \cdot 1558 - 55 \cdot 230}{\sqrt{(10 \cdot 385 - 55^2)(10 \cdot 6344 - 230^2)}} = 0.99.$$

$$b = \frac{10 \cdot 1558 - 55 \cdot 230}{10 \cdot 385 - 55^2} = 3.55;$$

$$a = \frac{230}{10} - 3.55 \frac{55}{10} = 3.48.$$

Уравнение регрессии имеет вид

$$y = 3.48 + 3.55x.$$

Как видим из расчетов, сходимость оказалась хорошей.

Коэффициент детерминации составляет $k_d = 0.99^2 = 0.98$, что означает, что 98% разброса определяется изменчивостью x , а 2% - другими причинами, т.е. изменчивость функции y почти полностью характеризуется разбросом (природой) фактора x .

Занятие №4. Методы подбора эмпирических формул

Пример. Подобрать эмпирическую формулу следующих измерений:

12.1	19.2	25.9	33.3	40.5	46.4	54.0
1	2	3	4	5	6	7

Графический анализ этих измерений показывает, что в прямоугольных координатах точки хорошо ложатся на прямую линию. Выбираем координаты крайних точек. Тогда $A_0 + 7A_1 = 54.0$; $A_0 + A_1 = 12.1$, откуда $A_1 = 41.9/6 = 6.98$ и $A_0 = 12.1 - 6.98 = 5.12$. Эмпирическая формула примет вид $y = 5.12 + 6.98A_1$.

Занятие №5. Оценка адекватности результатов эксперимента

Пример. Пусть, например, получено теоретическое выражение $y = 80x$ и для его подтверждения проведен эксперимент. В каждой из пяти серий (повторностей, $m = 5$) выполнено по семь измерений ($n = 7$). Результаты экспе-

римента приведены в таблице 4. По этим данным можно установить пригодность, т.е. адекватность теоретического выражения.

С этой целью определяется дисперсия адекватности $D_a = 5.36/(7 - 1) = 0.89$. Здесь значение $d = 1$, поскольку в теоретическом выражении один значащий член x . Дисперсия D_{cp} вначале вычисляется построчно для m строк. Для первой строки $D_1 = \Sigma(y_{iT} - y_{iЭ})^2/m = 1/5[(12 - 16)^2 + (17 - 16)^2 + (15 - 16)^2 + (14 - 16)^2 + (16 - 16)^2] = 4.4$; для второй строки $D_2 = 1/5[(23 - 24)^2 + (21 - 24)^2 + (24 - 24)^2 + (25 - 24)^2 + (23 - 24)^2] = 2.4$ и т.д. Тогда средняя дисперсия всего эксперимента составит $D_{cp} = \sum_1^n D_i / n = 40.4/7 = 5.77$. После этого под- считывается $k_{фэ} = 0.89/5.77 = 0.15$.

Таблица 4 - Результаты эксперимента и оценка адекватности его теоретического представления

№ опытов	x_i	Измеренные значения $y_{iЭ}$ в серии					Средние значения $\bar{y}_{iЭ} = \frac{\sum_1^m y_{iЭ}}{m}$	y_{iT}	$y_{iT} - \bar{y}_{iЭ}$	$(y_{iT} - \bar{y}_{iЭ})^2$	$\frac{\sum_1^m (y_{iT} - \bar{y}_{iЭ})^2}{m}$
		$y_{1Э}$	$y_{2Э}$	$y_{3Э}$	$y_{4Э}$	$y_{5Э}$					
1	0,2	12	17	15	14	16	14,8	16	1,2	1,44	4,4
2	0,3	23	21	24	25	23	23,2	24	0,8	0,64	2,4
3	0,4	30	34	31	35	35	33,0	32	1,0	1,00	3,8
4	0,5	38	43	40	39	42	40,4	40	0,4	0,16	3,6
5	0,6	52	47	48	49	40	47,2	48	0,8	0,64	16,4
6	0,7	59	58	55	54	53	55,8	56	0,2	0,04	5,4
7	0,8	62	66	62	61	63	62,8	64	1,2	1,44	4,4
Итого										5,36	40,4

Теоретические значения критерия Фишера можно принять при следующих степенях свободы: $q_1 = 7 - 1 = 6$, $q_2 = 7(5 - 1) = 27$, $k_{фт} = 3.75$. Так как $k_{фэ} = 0.15 < k_{фт} = 3.75$, то модель адекватна, т.е. полученная математическая модель с доверительной вероятностью 95% хорошо описывает изучаемый процесс.

2 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Алексеев В.П., Озеркин Д.В. Основы научных исследований и патентоведение / Учебное пособие. – Томск, ТУСУР, 2012. – 171 с. Электронный ресурс <http://edu.tusur.ru/training/publications/1283>.

2. Артемьев Е. И. и др. Патентоведение: учебник для вузов / Под ред. В.А.Рясенцев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 350с. 18 экз.

3. Байбурин В.Б., Кутенков Р.П. Модели и методы планируемого эксперимента: Учебное пособие для студентов специальности 2202, 2204 - Саратов; Саратовский государственный технический университет, 1994. - 49 с. – 1 экз.

4. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: Учебное пособие для вузов - Томск : ТУСУР, 2000. - 232 с. 39 экз.