МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)»

Кафедра конструирования и производства радиоэлектронной аппаратуры (КИПР)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой КИПР

________________ В.Н.Татаринов

«____» _______________ 2012 г.

Обработка статистических данных, полученных при испытаниях на надёжность или при эксплуатации радиоэлектронных средств

Описание лабораторной работы по дисциплине «Теория надёжности»

для студентов специальности 160905-Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования

Составил
доцент кафедры КИПР Козлов В.Г.

2012

Обработка статистических данных, полученных при испытаниях на надёжность или при эксплуатации радиоэлектронных средств

1 Цель работы и особенности её проведения:

1.1 Целью данной работы является закрепление теоретических знаний по дисциплине «Теория надёжности», касающихся обработки статистических данных, полученных при испытаниях на надёжность или при эксплуатации радиоэлектронных средств

1.2 Выполнение работы осуществляется в течение двух четырёхчасовых аудиторных лабораторных занятий в компьютерном классе и в течение 8 часов самостоятельной работы.

1.3 На первом лабораторном занятии студенты выполняют следующую работу:

осуществляют построение вариационного ряда по данным статистического ряда;

исключают грубые ошибки измерения при определении статистических характеристик с помощью критерия Ирвина и метод трёх сигма;

осуществляют построение ряда распределения;

осуществляют расчет и построение эмпирических кривых распределения в виде гистограммы и полигона.

1.4 На втором лабораторном занятии студенты выполняют проверку согласия закона распределения (проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением):

проверку согласия по критерию Колмогорова с помощью вероятностной бумаги для усеченного нормального закона;

проверку согласия по критерию χ^2 Пирсона.

2 **Краткие** сведения **об обработке статистических данных**

2.1 Построение вариационного ряда по данным статистического ряда

Простой статистический ряд может быть представлен в виде таблицы (таблица 2.1), в которой статистические данные изменяются по величине беспорядочно. На основании этой таблицы строится вариационный ряд (таблица 2.2) в котором нумерация отказов делается такой, чтобы статистические данные возрастали с увеличением величины номера. Приведённые числовые значения в таблицах взяты из [1].

2.2 Исключение грубых ошибок измерения по критерию Ирвина

Критерий Ирвина основан на оценке разности двух наибольших или наименьших членов выборки из n статистических данных.

Определяется величина λ, равная [2]

$$\lambda = (x_2 - x_1) / \sigma_{\text{стат}} \qquad (2.1\ a)$$

или

$$\lambda = (x_n - x_{n-1}) / \sigma_{стат}, \qquad (2.1\ б)$$

в зависимости от того, с какой стороны выборки расположен резко выделяющийся член выборки. Здесь $\sigma_{стат}$ - статистическая оценка средне-квадратичного отклонения от среднего арифметического значения и находится по формуле (2.2)

$$\sigma^2_{стат} = \frac{(x_1 - x_{стат})^2 + (x_2 - x_{стат})^2 + \ldots + (x_N - x_{стат})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i \cdot (x_i - x_{стат})^2}{n-1}, \qquad (2.2)$$

где $x_{стат}$ - среднее арифметическое значение величин х,,x_2,....,х,, находится по следующей формуле [1]

$$x_{стат} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_N}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i. \qquad (2.3)$$

где n - общее число измерений. При исключении грубых ошибок резко выделяющийся член выборки не учитывается при вычислении $\sigma_{стат}$ и $x_{стат}$ по формулам (2.2) и (2.3) и n берут на единицу меньше общего числа измерений.

Таблица 2.1 - Простой статистический ряд по данным о наработке

Номер отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наработка T_1, ч	37	53	86	65	2	15	18	69	77	5	6	25	21	3	119
Номер отказа	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка T_1, ч	107	98	56	35	28	20	13	9	3	7	8	9	8	17	16

Таблица 2.2 - Вариационный ряд по данным о наработке

Номер отказа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наработка T_1, ч	2	3	3	5	6	7	8	8	9	9	13	15	16	17	18
Номер отказа	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Наработка T_1, ч	20	21	25	28	35	37	53	56	65	69	77	86	98	107	119

По приведенной *таблице 2.3* зависимости от объема выборки *n* при уровне значимости α = 0,95 находят критическое значение λ = 0,95. Если рассчитанная $\lambda \leq \lambda(\alpha = 0{,}95)$, то оцениваемый результат является случайным и не подлежит исключению из выборки. Если $\lambda > \lambda(\alpha = 0{,}95)$, то следует исключить из выборки оцениваемое резко выделяющееся наименьшее или наибольшее значение случайной величины (или оба вместе), так как оно представляет собой грубую ошибку. После исключения ошибки необходимо снова вычислить значения $x_{\text{стат}}$ и $\sigma_{\text{стат}}$.

Таблица 2.3 - Значения критерия Ирвина $\lambda(\alpha = 0{,}95)$ для уровня значимости α = 0,95 в зависимости от объёма выборки *n* [2]

n	2	3	5	1	4	1
λ(α	1	1	1	1	(	(

2.3 Исключение грубых ошибок измерения методом трёх сигма

Если закон распределения **вероятностей случайной величины** *x* является нормальным, то вероятность попадания случайной ошибки *x* в симметричный интервал (- x_1, x_2) при (x_1 > 0) оценивают выражением [1]

$$P[x \in (-x_1, x_2)] = P[|x| < x_1] = 2\Phi(x / \sigma) = 2\Phi(t) = P_{\text{Д}}(t), \qquad (2.4)$$

где $\Phi(t)$ интеграл вероятности:

$$\Phi(t) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \quad \text{и} \quad \Phi(-t) = -\Phi(t); \qquad (2.5)$$

$2\Phi(x / \sigma) = 2\Phi(t) = P_{\text{Д}}(t)$ (при $t = x / \sigma$) - интегральная функция Лапласа. Её значения для различных *t* протабулированы и приведены в *таблице 7.6*;

$\Phi(x / \sigma) = \Phi(t)$ - интеграл вероятностей или функция Лапласа;

σ - среднеквадратическая ошибка.

Вероятность того, что случайная ошибка *x* не выйдет за границы $\pm t_\sigma$, ($t > 0$), равна

$$P[|x| > t_\sigma] = 1 - 2\Phi(t). \qquad (2.6)$$

При $x \geq 3\sigma$ (т.е. при $t \geq 3$) вероятность $P[|x| > t_\sigma]$ становится настолько малой ($P[|x| > 3\sigma]$ =1 - 2Φ(3) = 0,0027), что выход случайной ошибки за трехсигмовый интервал считают практически невозможным. Это правило получило название **правила трёх сигм**. Оно находит широкое практическое применение для исключения грубых ошибок измерения (промахов), для которых $|x| > 3\sigma$, из статистического ряда. Если среднеквадратическая ошибка σ заранее неизвестна, то с помощью формулы (2.2) вычисляют статистическую оценку среднеквадратичного отклонения $\sigma_{стат}$, а затем исключают грубые ошибки измерения для которых

$$|x| > 3\,\sigma_{стат}. \qquad (2.7)$$

Таблица 2.4 - *Интегральная* функция Лапласа $P_Д(t) = 2\Phi(t)$ [1, 4, 30]

$\Phi(t) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$ и $\Phi(-t) = -\Phi(t)$

t	$\boldsymbol{P_Д(t)}$	***t***	$\boldsymbol{P_Д(t)}$	***t***	$\boldsymbol{P_Д(t)}$
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

Согласно *таблицы 2.4*, если мы хотим исключить ошибки измерения величины x, вероятность появления которых $P[|x|> t_\sigma]$ меньше 5% ($P_Д(t) = 2\Phi(t) = 0{,}95$), то убирают значения $x > 1{,}96\,\sigma_{стат}$ ($t > 1{,}96$). Если мы хотим исключить ошибки измерения величины x, вероятность появления которых $P[|x|> t_\sigma]$ меньше 1% ($P_Д(t) = 2\Phi(t) = 0{,}99$), то убирают значения $x > 2{,}576\,\sigma_{стат}$ ($t > 2{,}576$). Если мы хотим исключить ошибки измерения величины x, вероятность появления которых $P[|x|> t_\sigma]$ меньше 0,1% ($P_Д(t) = 2\Phi(t) = 0{,}999$), то убирают значения $x > 3{,}291\,\sigma_{стат}$ ($t > 3{,}291$). При вычислении $\sigma_{стат}$ с помощью формулы (2.2) следует не включать в вычисления подозрительное значение x, которое проверяется на предмет его возможного исключения из статистического ряда.

2.4 Построение ряда распределения

В начале для построения ряда распределения выбираем число интервалов l в зависимости от количества статистических данных n. На практике для выбора количества интервалов можно пользоваться правилом Старджесса:

$$l = 1 + 3{,}3 \cdot \lg n \ . \tag{2.8}$$

Для $n = 72$ $l \approx 7$. Количество интервалов при построении эмпирической кривой распределения может немного меняться для устранения зигзагообразности, провалов и т.п.

Затем определяем размах варьирования R:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \ , \tag{2.9}$$

где $x_{\max}$ наибольшее, а $x_{\min}$ наименьшее значение параметров x. Определяем ширину интервалов статистического ряда h:

$$h = R / l = (x_{\max} - x_{\min}) / l. \tag{2.10}$$

Далее найдем новые границы варьирования по формулам:

$$x_{\max 1} = x_{\max} + 0{,}5 \cdot h,. \tag{2.11}$$

$$x_{\min 1} = x_{\min} + 0{,}5 \cdot h. \tag{2.12}$$

При этом число интервалов увеличится на один. Новые границы варьирования необходимо определять, чтобы не было совпадений крайних границ размаха варьирования с измеренными значениями.

Приведём в таблице 2.5 для примера интервальный ряд распределения, полученный в ходе выполнения лабораторного задания одним из студентов. В таблице 2.5 $n_{i\ стат}$ количество статистических данных попадающих в интервал (частота), $p_{i\ стат} = n_{i\ стат} / n$ (частость). Накопленные частоты вычисляют по формуле

$$H_{i\ стат} = \sum_{1}^{i} n_{i\ стат} \ , \tag{2.13}$$

а накопленные частости по формуле

$$P_{i\ стат} = \sum_{1}^{i} p_{i\ стат} \ . \tag{2.14}$$

Таблица 2.5 - Интервальный ряд распределения

№ интер-валов i	Гра-ницы интер тер-	Средние значения интервалов $x_{i\ стат}$	Часто-ты $n_{i\ стат}$	Частости $p_{i\ стат}$	Накоплен-ные часто-ты $H_{i\ стат}$	Накоплен-ные часто-сти $P_{i\ стат}$
1	-150...-95	-122,5	1	0,014	1	0,014
2	-95...-40	-167,5	3	0,042	4	0,056
3	-40.... 15	-12,5	11	0,153	15	0,209
4	15…70	42,5	21	0,292	36	0,501
5	70…125	97,5	20	0,278	56	0,779
6	125...180	152,5	10	0,139	66	0,918
7	180…235	207,5	5	0,069	71	0,987
8	235...290	262,5	1	0,014	72	1,001

2.5 Построение эмпирических кривых распределения

Эти кривые строятся в виде гистограмм или полигонов для качественной оценки распределения. Гистограмму (рисунок 2.1) строят в виде ступенчатой кривой, причём ширина прямоугольников, образующих ступени, прямо пропорциональна ширине интервалов статистического ряда h, а их высота пропорциональна среднему по интервалу значению величины, для которой эта гистограмма строится. На рисунке 2.1 прямоугольники гистограммы ограничены сплошными линиями 2. Полигон (рисунок 2.1) строят в виде ломаной линии (штриховые линии 1). Изломы этой линии происходят при значениях абсциссы x, соответствующих срединам интервалов статистического ряда, а их ординаты пропорциональны среднему по интервалу значению величины, для которой полигон строится.

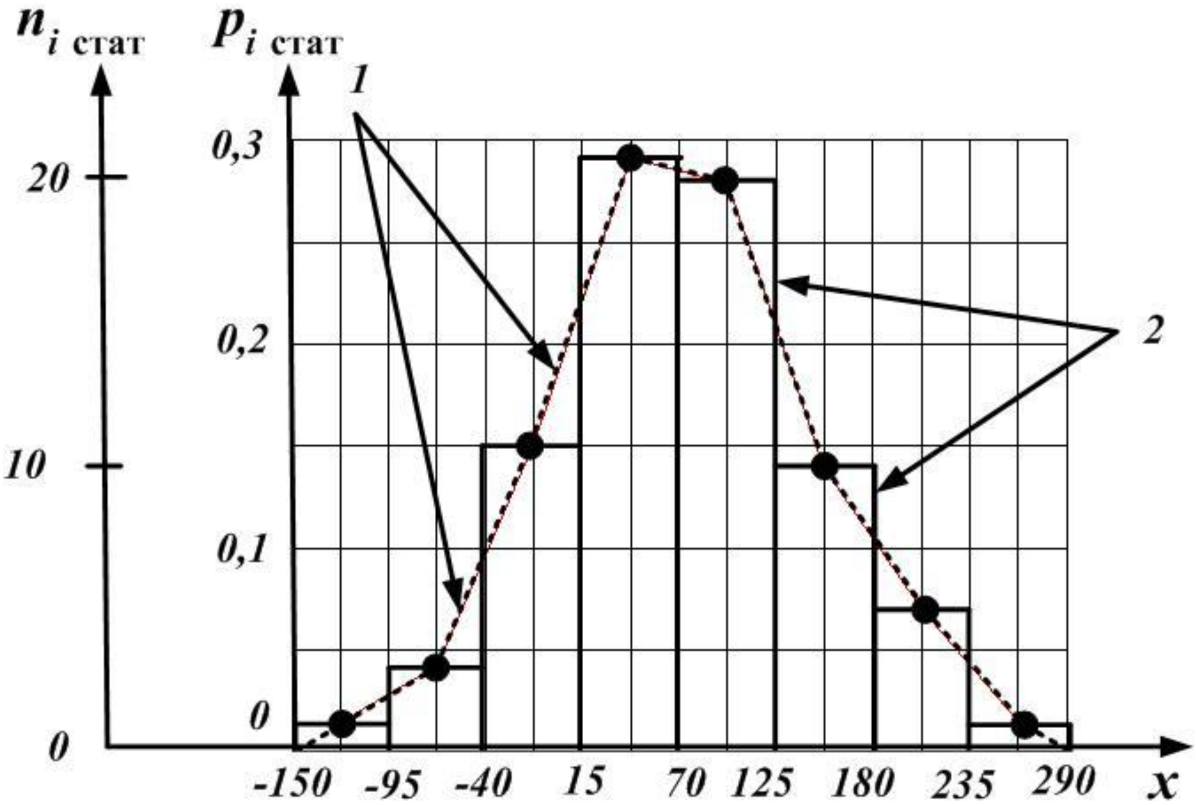


Рисунок 2.1- Эмпирические кривые распределения частоты $n_{i\ \text{стат}}$ и частости $p_{i\ \text{стат}}$: гистограмма (прямоугольники гистограммы ограничены сплошными линиями 2) и полигон в виде ломаной линии (штриховые линии 1). Гистограмма или полигон построены по данным, приведённым в таблице 2.5

На рисунке 2.2 изображена ломаная кумулятивная кривая распределений накопленной частости $P_{i\ стат}$ и накопленной частоты $H_{i\ стат}$. Она построена по данным, приведённым в таблице 2.5 На левой границе первого интервала ордината равна нулю, а на правых границах интервалов восстанавливаются ординаты, пропорциональные накопленным частостям $P_{i\ стат}$ или накопленным частотам $H_{i\ стат}$.

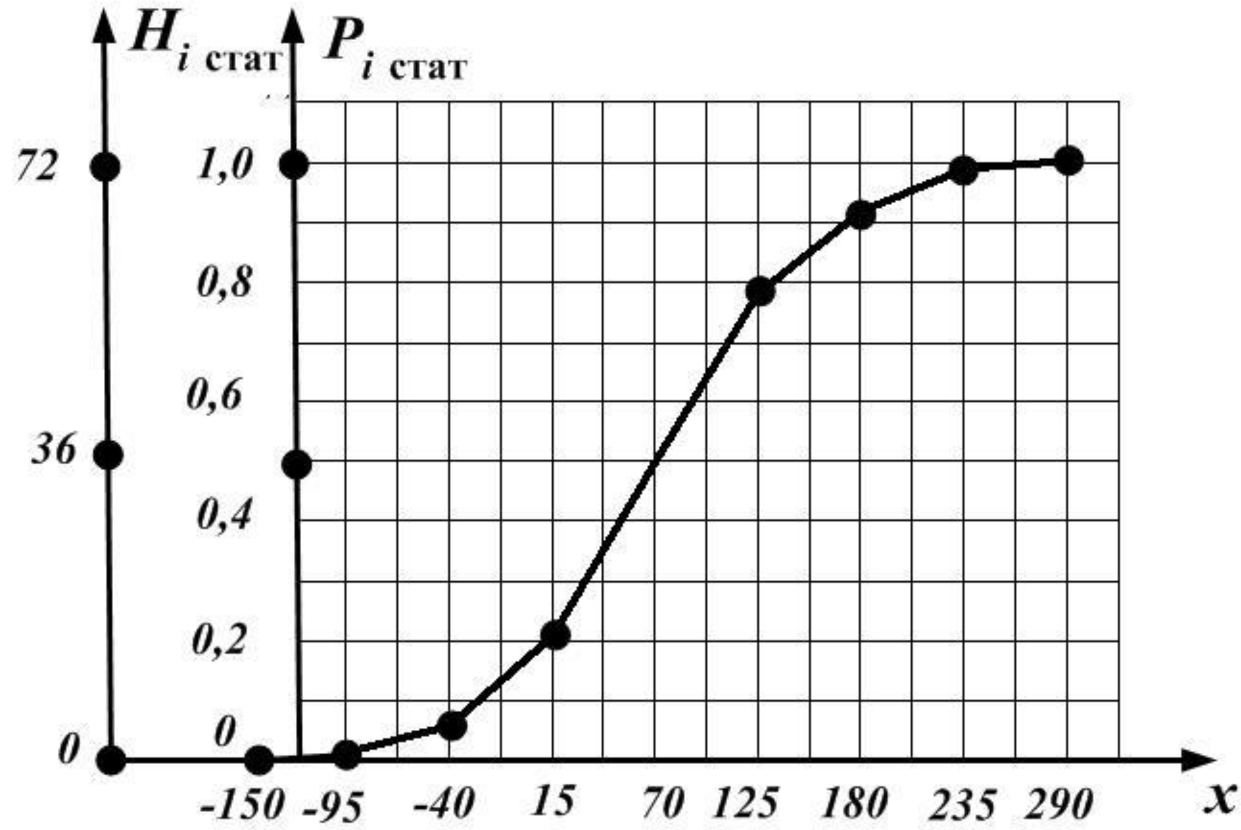
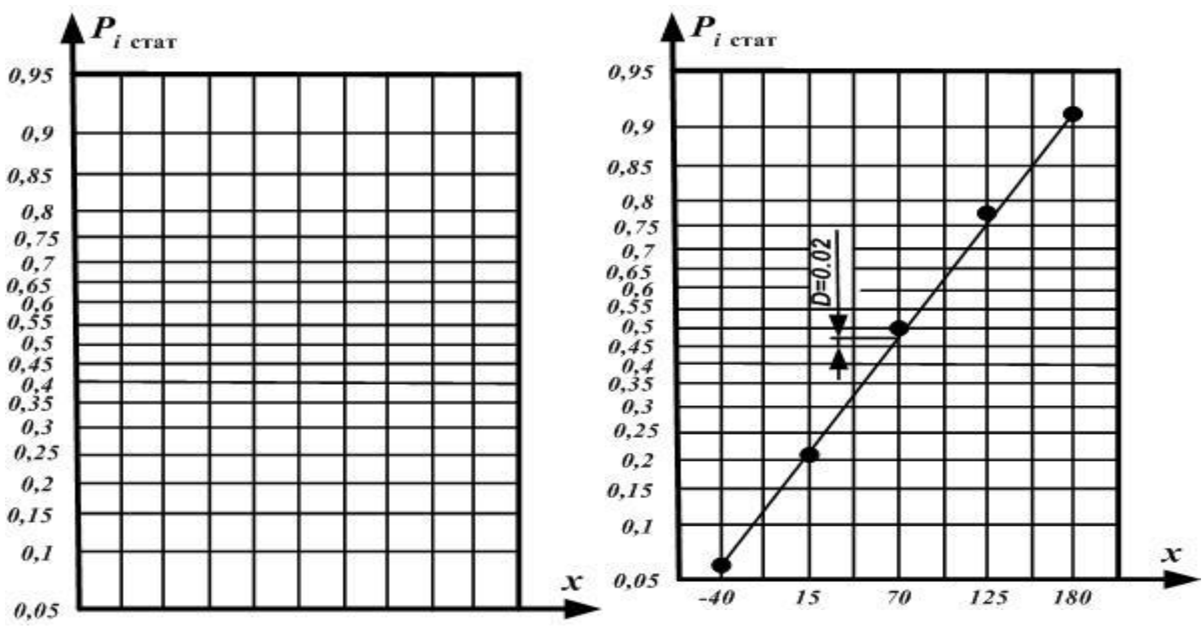


Рисунок 2.2- Ломаная кумулятивная кривая распределений накопленной частости $P_{i\ стат}$ и накопленной частоты $H_{i\ стат}$. Она построена по данным, приведённым в таблице 2.5

2.6 Проверка правильности выбора теоретического закона распределения графическим способом по критерию Колмогорова с помощью вероятностных бумаг

Для проверки правильности выбора теоретического закона распределения графическим способом используют специальные бумаги, называемые вероятностными бумагами (рисунок 2.3, *а*). Шкалы координатной сетки на этих бумагах рассчитаны так, что в этих координатах график теоретической функции распределения представляет прямую линию. Если опытные точки дискретного ряда располагаются на вероятностной бумаге близко к прямой линии, то это свидетельствует (в первом приближении) о согласии опытных данных с законом распределения, для которого построена вероятностная бумага (рисунок 2.3, *б*).



а) ***б)***

Рисунок 2.3- Вид вероятностной бумаги для усеченного нормального закона (а) и использование такой бумаги для проверки соответствия опытного распределения теоретическому для усеченного нормального закона по критерию Колмогорова (б). Проверка проведена по данным, приведённым в таблице 2.5

Недостаток графического способа состоит в том, что иногда приходится перебирать несколько вероятностных бумаг, прежде чем будет найден подходящий закон.

Для дискретного ряда проверку соответствия опытного распределения теоретическому с закону проводят на вероятностной бумаге по критерию согласия Колмогорова. По этому критерию считают, что опытное распределение хорошо согласуется с теоретическим, если выполняется условие:

$$D \cdot \sqrt{n} \le 1, \qquad (2.15)$$

где D - наибольшее отклонение экспериментальной точки от прямой на вероятностной бумаге. Для нашего примера (рисунок 2.3, *б*) D =0,02 n =72. При этом условие согласия опытного распределения с теоретическим выполняется

$$D \cdot \sqrt{n} = 0,02 \cdot \sqrt{72} = 0,17 \le 1.$$

На вероятностной бумаге для усеченного нормального закона (рисунок 2.3, *б*) абсцисса x на прямой линии, соответствующая накопленной частости $P_{i\ стат}$ = 0.5 равна среднему арифметическому значению $x_{стат}$. Для нашего примера $x_{стат} = a$ = 70. Статистическая оценка среднеквадратичного отклонения $\sigma_{стат}$ от среднего арифметического значения равна

$$\sigma_{стат} \approx (\, x_{max1} - x_{min1}) / 6\,. \qquad (2.16)$$

Для нашего примера (рисунок 2.1)

$\sigma_{стат} \approx$ [290-(-150)]/6=73,3.

2.7 Проверка правильности выбора теоретического закона распределения по критерию Пирсона

Критерий χ^2 Пирсона не требует графического построения закона распределения. Достаточно задаться видом функции плотности распределения $f(x)$, а входящие в нее числовые параметры определяются по данным эксперимента. Пусть требуется проверить гипотезу о том, что статистическое распределение согласуется с нормальным законом. Рассчитываем плотность распределения $f(x)$ для этого закона с помощью статистически определённых параметров ($\sigma = \sigma_{стат}$ - статистической оценки среднеквадратичного отклонения, определяемой по формуле (2.16), от среднего арифметического значения $a = x_{стат}$, определяемого по формуле (2.3) или по вероятностной бумаге для усеченного нормального закона (рисунок 2.3, *б*)):

$$f\left(x\right) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left[-\frac{\left(x-a\right)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right]. \quad (2.17)$$

Затем находим вероятность $P_i = P\ (x{=}x_i)$ попадания x в i-й интервал шириной h:

$$P_i = P\ (x{=}x_i) = f(x{=}\ x_i) \cdot h, \quad (2.18)$$

Для нашего примера ($\sigma = \sigma_{стат} = 73{,}3$, $a = x_{стат} = 70$, $n=72$) график зависимости $f(x)$ и $P_i\ (x)$, рассчитанный в системе Mathcad приведён на рисунке 2.4.

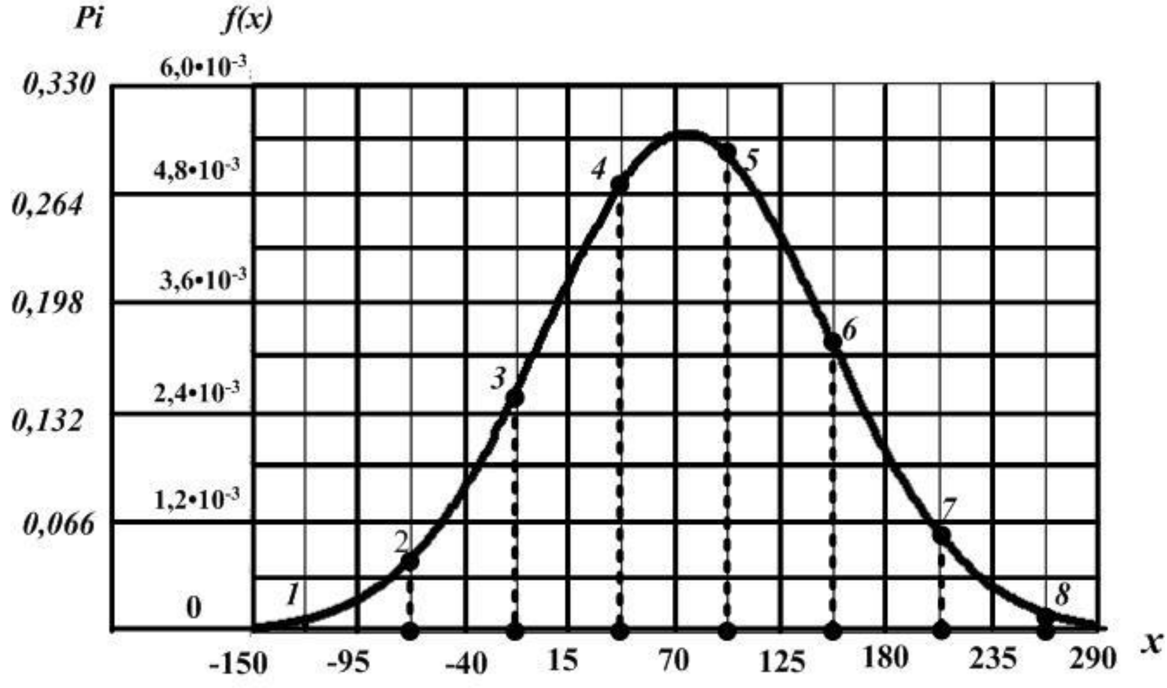


Рисунок 2.4 - График зависимости $f(x)$ и $P_i\ (x)$

Исходные данные примера и промежуточные вычисления для проверки правильности выбора теоретического закона распределения по критерию Пирсона заносим в таблицу 2.6.

Подсчитываем статистические частоты $n_{i\ \text{стат}}$, то есть число членов выборки, попавших в i-й интервал, и по формуле (2.17) находим теоретическую вероятность $P_i = P\ (x=x_i\ )$ попадания членов выборки в i-й интервал. Затем вычислим теоретические частоты $n_{i\ теор}$ по формуле:

$$n_{i\ теор} = n \cdot P_i. \tag{2.19}$$

В правый столбец таблицы 2.6 заносим результаты промежуточных вычислений выражения $(n_{i\ \text{стат}}-n_{i\ \text{теор}})^2 / n_{i\ \text{теор}}$, а затем, суммируя эти результаты, находим функцию плотности распределения χ^2, вычисляемую из выражения:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{l} \frac{(n_{i\,стат} - n_{i\,теор})^2}{n_{i\,теор}}, \tag{2.20}$$

где l – число интервалов.

Схема применения критерия χ^2 в оценке согласованности теоретического и статистического распределений сводится к следующему:

− определяется χ^2 по формуле (2.19) (для нашего примера χ^2 = 1,631);

− находится число степеней свободы $r = l - q - 1$, где q– число используемых параметров распределения(для нашего примера это параметры σ и a, то есть $q = 2$, $l=8$ и $r=8-2-1= 5$);

− по r - числу степеней свободы распределения и χ^2 с помощью таблицы 2.7 определяется вероятность $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right)$, где Δr - мера расхождения;

− если $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right) \le 0{,}1$, гипотеза отбрасывается как неправдоподобная, при $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right) > 0{,}1$ гипотезу можно признать не противоречащей опытным данным.

Таблица 2.6 - Исходные данные примера и промежуточные вычисления для проверки правильности выбора теоретического закона распределения по критерию Пирсона

№ интервалов i	**Границы интер тервалов**	**Средние значения интервалов $x_{i\ стат}$**	**Статистические частоты $n_{i\ стат}$**	**Вероятность P_i попадания в i-й интервал**	**Теоретические частоты $n_{i\ теор}$**	**$(n_{i\ стат}-n_{i\ теор})^2 / n_{i\ теор}$**
1	-150...-95	-122,5	1	0,00952	0,685	0,145
2	-95...-40	-167,5	3	0,052	3,71	0,136
3	-40.... 15	-12,5	11	0,159	11,44	0,017
4	15…70	42,5	21	0,279	20,88	0,041
5	70…125	97,5	20	0,279	20,88	0,00038
6	125...180	152,5	10	0,159	11,44	0,181
7	180…235	207,5	5	0,052	3,71	0,448
8	235...290	262,5	1	0,00952	0,685	0,145

Таблица 2.7 - Квантили распределения χ2 для числа степеней свободы *r* и выбранной вероятности $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right)$

r	**Вероятность** $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right)$,						
	0,990	**0,95**	**0,8**	**0,3**	**0,2**	**0,1**	**0,05**
3	0,115	0,352	1,00	3,67	4,64	6,25	7 81
4	0,297	0,711	1,65	4,88	5,99	7 78	9,49
5	0,554	1,15	2,34	6,06	7,29	9,24	11,1
6	0,872	1,64	3,07	7,23	8,56	10,6	12,6
7	1,24	2,17	3,82	8,38	9,80	12,0	14,1
8	1,65	2,73	4,59	9,52	11,0	13,4	15,5
9	2,09	3,33	5,38	10,7	12,2	14,7	16,9
10	2,56	3,94	6,18	11,8	13,4	16,0	18,3
12	3,57	5,23	7,81	14,0	15,8	18,5	21,0
15	5,23	7,26	10,3	17,3	19,3	22,3	25,0
20	8,26	10,9	14,6	22,8	25,0	28,4	31,4
40	22,2	26,5	32,3	44,2	47,3	51,8	55,8
80	53,5	60,4	69,2	86,1	90,4	96,6	101,9
100	70,1	77,9	87,9	106,9	111,7	118,5	124,3

Для r=5 и χ^2 = 1,631 согласно таблице 2.7 $P_r\left(\chi^2 \le \Delta_r < \infty\right)$ >0,99, а значит больше 0,1. Поэтому гипотезу о соответствии статистического ряда нормальному закону можно признать не противоречащей опытным данным.

3. Лабораторное задание

На первом четырёхчасовом лабораторном занятии:

а) Ознакомиться с целью лабораторной работы и особенностями её проведения.

б) Изучить по описанию лабораторной работы краткие сведения об обработке статистических данных и ответить на контрольные вопросы.

в) Получить у преподавателя номер варианта задания для обработки статистических данных и соответствующие этому номеру исходные численные значения простого статистического ряда, в котором статистические данные изменяются по величине беспорядочно. Исходные численные значения этого ряда представлены в виде таблицы.

г) Построить вариационный ряд по данным статистического ряда.

д) Проверить данные вариационного ряда на наличие грубых ошибок измерения при определении статистических характеристик с помощью критерия Ирвина и метода трёх сигма. В случае наличия грубых ошибок исключить ошибочные значения из вариационного ряда.

е) Построить интервальный ряд распределения.

ж) Рассчитать и построить эмпирические кривые распределения в виде гистограммы и полигона.

На втором лабораторном занятии:

а) Произвести проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по критерию Колмогорова с помощью вероятностной бумаги для усеченного нормального закона.

б) Произвести проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по критерию χ^2 Пирсона.

4. Содержание отчёта

Отчёт по первому четырёхчасовому лабораторному занятию должен содержать:

а)Цель работы.

б)Исходные численные значения простого статистического ряда, представленные в виде таблицы.

в)Вариационный ряд, представленный в виде таблицы.

г) Описание и результаты проверки данных вариационного ряда на наличие грубых ошибок измерения при определении статистических характеристик с помощью критерия Ирвина и метода трёх сигма.

д) Интервальный ряд распределения, представленный в виде таблицы, и расчёты, проведённые для построения этого ряда.

е) Эмпирические кривые распределения в виде гистограммы и полигона и расчёты, проведённые для их построения.

ж) Выводы по работе.

Отчёт по второму четырёхчасовому лабораторному занятию должен содержать:

а) Проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по критерию Колмогорова с помощью вероятностной бумаги для усеченного нормального закона и расчёты, проведённые для её проведения.

б) Проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по по критерию χ^2 Пирсона и расчёты, проведённые для её проведения.

в) Выводы по работе.

5. Перечень контрольных вопросов, которые могут быть заданы во время защиты отчёта по работе

а) Чем отличается вариационный ряд от простого статистического ряда?

б) В чём особенности методов обнаружения наличия грубых ошибок измерения при определении статистических характеристик с помощью критерия Ирвина и с помощью метода трёх сигма?

в) Каким правилом можно пользоваться для выбора количества интервалов в интервальном ряду?

г) Что такое интервальный ряд распределения и какие расчёты нужно провести для построения этого ряда?

д) Что такое гистограмма и что такое полигон, и какие расчёты нужно провести для построения?

е) Что такое частоты, частости, накопленные частоты и накопленные частости?

ж) Что такое вероятностные бумаги?

з) Как производят проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по критерию Колмогорова и какие расчёты при этом проводят?

и) Как производят проверку согласия между теоретической кривой для нормального закона и статистическим распределением по критерию Колмогорова и какие расчёты при этом проводят?

Литература:

1. Серафинович Л.П. Статистическая обработка опытных данных. – Томск: изд. Томск. ун-та, 1980 и изд. ТУСУР, 1999, 66с.

Леонов А.И., Дубровский Н.Ф. Основы технической эксплуатации бытовой РЭА. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Козлов В. Г. Теория надежности. Учебное пособие. – Томск: ТУСУР, кафедра КИПР, 2004.

Сборник задач то теории надежности. Под ред. А.М. Половко и И.М. Маликова. – М.: Сов. Радио, 1972.