**Задача №1.7**

В урне четыре белых и пять черных шаров. Из урны наугад вынимают два шара. Найти вероятность того, что оба шара будут одинакового цвета.

Решение

Общее количество шаров . Обозначим через событие *A* – вынутые наугад 2 шара имеют одинаковый цвет. Следовательно, существуют два возможных благоприятных исхода опыта:

1. Вынутые шары имеют белый цвет. Вероятность данного события:



1. Вынутые шары имеют черный цвет. Вероятность данного события:



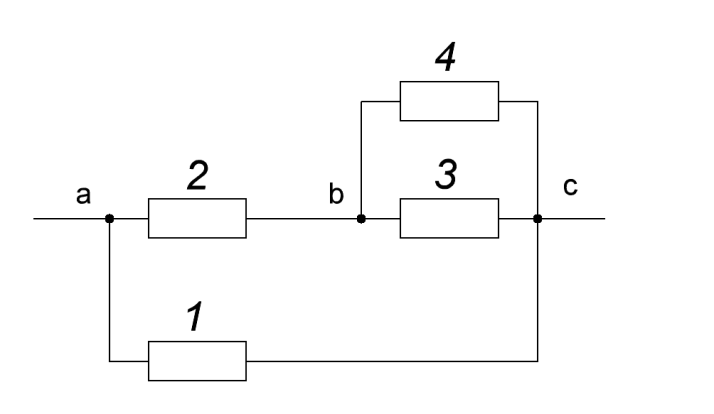
Следовательно, вероятность события *A*:



**Ответ:**



**Задача № 2.17**

Дана схема соединения элементов, образующих цепь с одним входом и одним выходом (рисунок 1). Предполагается, что отказы элементов являются независимыми в совокупности событиями. Отказ любого из элементов приводит к прерыванию сигнала в той ветви цепи, где находится данный элемент. Вероятности отказа элементов 1, 2, 3, 4, 5 соответственно равны q1=0,1; q2=0,2; q3=0,3; q4=0,4; q5=0,5. Найти вероятность того, что сигнал пройдет со входа на выход.

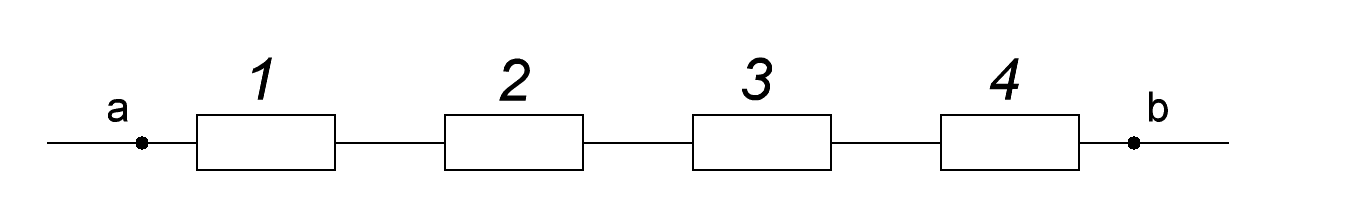


Рисунок 1

Решение

Согласно рисунку 1 схема с элементы 3 и 4 соединены параллельно между собой и последовательно с элементов 2, элемент 1 соединен параллельно с веткой, содержащей элементы 2, 3 и 4.

Введем события: *A­1* – элемент 1 исправен, *A­2* – элемент 2 исправен, *A­3* – элемент 3 исправен, *A­4* – элемент 4 исправен, *B* – сигнал проходит от точки *a* к точке *c* (со входа на выход) через элементы 2, 3 и 4, *С* – сигнал проходит от точки *a* к точке *с* (со входа на выход) через любую из ветвей.

Событие *B* произойдёт, если будут работать и элемент 2, и элемент 3 или элемент 4:



Вероятность наступления события *B:*



Событие *С* произойдёт, если произойдёт событие *B* или событие *A1*:



Вероятность наступления события *C:*



**Ответ:** 



**Задача №3.11**

Имеются три одинаковых по виду ящика. В первом ящике 20 белых шаров, во втором - 10 белых и 10 черных шаров, в третьем - 20 черных шаров. Из выбранного наугад ящика вынули белый шар. Вычислить вероятность того, что шар вынут из первого ящика.

Решение

Обозначим через А событие – вынут белый шар.

Сделаем ряд предположений:

- выбран наугад 1-ый ящик:



- выбран наугад 2-ой ящик:



- выбран наугад 3-ий ящик::



Вычислим условные вероятности события A при вышеперечисленных гипотезах:

 - так как в 1-ом ящике все шары белые;

 - так как в 2-ом ящике белые шары составляют половин от общей численности;

 - так как в 3-ем ящике все шары черные.

По формуле полной вероятности найдём вероятность события *A*:

Вычислим вероятность того, что шар вынут из 1-ого ящика:



**Ответ:** 

**Задача №4.22**

В мастерской имеется десять моторов. При существующем режиме работы вероятность того, что мотор в данный момент работает с полной нагрузкой, равна 0,8. Найти вероятность того, что в данный момент не менее восьми моторов работает с полной нагрузкой.

Решение

Вероятность того, что из *n=*10 моторов не менее *m=*8 работают с полной нагрузкой:



**Ответ:** 

**Задача № 5.8**

Дискретная случайная величина Х может принимать одно из пяти фиксированных значений x1, x2, x3, x4, x5 с вероятностями p1, p2, p3, p4, p5 соответственно. Вычислить математическое ожидание и дисперсию величины Х. Рассчитать и построить график функции распределения.

Таблица 1 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | -5 | -2 | 0 | 1 | 2 |
|  | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,3 |

Решение

1. Математическое ожидание и дисперсию величины Х:







1. Построим ряд распределения СВ X:

Таблица 2 –Ряд распределения СВ X

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | -5 | -2 | 0 | 1 | 2 | >2 |
|  | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0 |
|  | 0,0 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,0 |











Построим график функции распределения (рисунок 2):

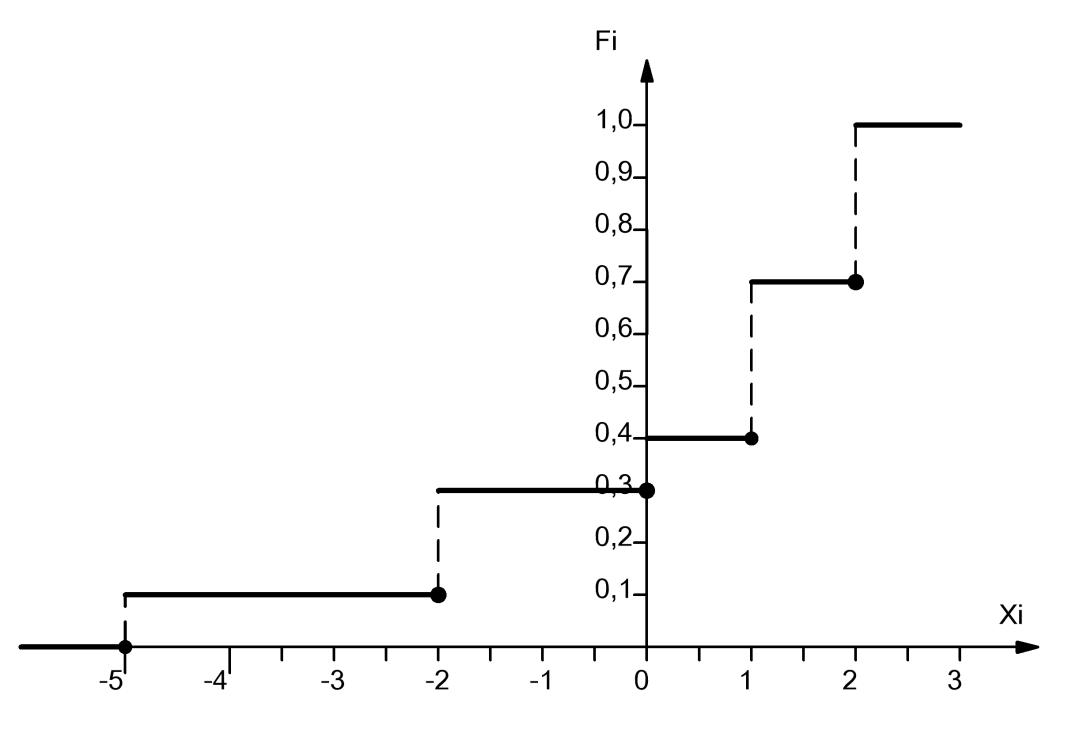


Рисунок 2 - график функции распределения F(X­i)

**Задача № 6.18**

Случайная величина *Х* задана плотностью вероятности:



Определить константу *С*, математическое ожидание, дисперсию, функцию распределения величины Х, а также вероятность ее попадания в интервал.



Решение

1. Вычислим константу исходя из условия нормировки:



Отсюда константа :



1. Определим математическое ожидание СВ *Х:*



1. Определим дисперсию СВ *Х*:



1. Определим функцию распределения величины Х:









1. Определим вероятность попадания величины Х в заданный интервал :



**Ответ:**



**Задача № 7.30**

Случайная величина *Х* распределена равномерно на интервале [*a,b*]. Построить график случайной величины *Y=ϕ(X)* и определить плотность вероятности *g(y).*



Решение

1. Построим график случайной величины  для в интервале значений  и определим диапазон значений  (Рисунок 3):  [0; 2]
2. В зависимости от числа обратных функций выделим следующие интервалы для :

обратных функций не существует





 обратных функций не существует

1. Вычислим модули производных обратных функций:



**Y**

**X**

Рисунок 3 – график функции 

Так как случайная величина *Х* распределена равномерно на интервале [-1;16] , то её плотность вероятности равна:



Определим плотность вероятности величины :



**Задача № 8.16**

Двухмерный случайный вектор (*Х, У*) равномерно распределен внутри выделенной жирными прямыми линиями на рисунок 4 области B. Двухмерная плотность вероятности *f(x,y)* одинакова для любой точки этой области B:

Вычислить коэффициент корреляции между величинами X и Y.

Таблица 3 – Исходные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | y1 | y2 |
| 8.16 | 0 | 0 | 5 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 |



Рисунок 4

Решение

1. Построим область *B* согласно координатам из таблицы 4 и рисунку 5.

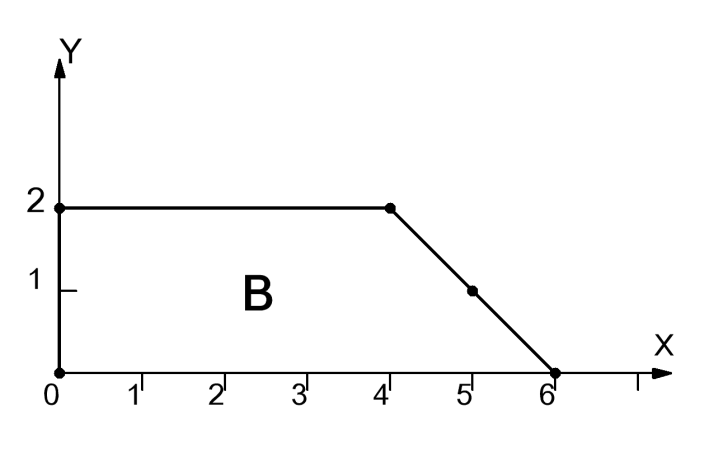


Рисунок 5

Проанализируем рисунок 5: область *B* на промежутке  ограничена сверху прямой  , снизу , справа прямой 

Следовательно, совместная плотность вероятности примет вид:



1. Найдём константу  из условия нормировки:



Таким образом:



Проверим полученный результат геометрически. Объём тела, ограниченного поверхностью распределения В и плоскостью xOy равен 1, т.е:



Следовательно, константа  рассчитана верно.

1. Вычислим математические ожидания:









1. Вычислим дисперсии:

Вычислим корреляционный момент:







1. Вычислим коэффициент корреляции между величинами X и Y:



**Ответ:** 

**Задача № 9**

По выборке одномерной случайной величины:

- получить вариационный ряд;

- построить график эмпирической функции распределения *F\*(x)*;

- построить гистограмму равноинтервальным способом;

- построить гистограмму равновероятностным способом;

- вычислить точечные оценки математического ожидания и дисперсии;

- вычислить интервальные оценки математического ожидания и дисперсии (γ = 0,95);

- выдвинуть гипотезу о законе распределения случайной величины и проверить ее при помощи критерия согласия *χ2*  и критерия Колмогорова (*α* = 0,05).

Одномерная выборка:

Размер выборки 

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| -2,70 | 4,16 | -6,85 | 5,77 | -0,75 | -1,09 | -0,92 | 6,89 | -5,36 | -6,59 | 4,60 | 2,24 | 4,09 | -1,47 | -4,06 |
| 5,72 | -1,84 | -2,33 | -1,94 | 5,26 | 5,89 | -0,84 | -4,44 | -3,97 | 0,54 | 0,45 | -4,62 | 5,46 | -2,57 | 0,51 |
| -0,07 | -1,93 | 4,06 | -0,33 | 6,58 | -3,92 | 3,01 | -3,88 | 2,57 | 1,53 | 0,10 | -7,77 | -4,27 | -7,25 | -1,21 |
| 0,77 | 2,92 | -3,02 | -0,63 | -6,61 | 6,91 | -0,04 | 1,79 | 9,39 | -3,52 | 0,35 | 2,26 | 5,49 | 0,71 | -6,03 |
| -4,12 | -4,04 | -6,61 | -3,41 | -0,85 | 0,61 | -0,70 | -1,01 | 0,23 | 0,41 | 6,13 | -1,59 | -7,48 | -0,31 | -1,98 |
| -2,83 | 3,21 | 3,61 | -2,22 | -5,66 | 1,38 | -2,89 | 1,53 | 5,30 | 1,21 | 0,22 | -2,07 | -5,27 | -0,15 | 7,58 |
| 2,51 | -4,00 | -3,03 | -3,81 | 0,82 | -2,87 | -5,05 | -0,87 | -7,54 | -1,59 |  |  |  |  |  |

Решение

1. Получим вариационный ряд из исходного:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| -7,77 | -7,54 | -7,48 | -7,25 | -6,85 | -6,61 | -6,61 | -6,59 | -6,03 | -5,66 | -5,36 | -5,27 | -5,05 | -4,62 | -4,44 |
| -4,27 | -4,12 | -4,06 | -4,04 | -4,00 | -3,97 | -3,92 | -3,88 | -3,81 | -3,52 | -3,41 | -3,03 | -3,02 | -2,89 | -2,87 |
| -2,83 | -2,70 | -2,57 | -2,33 | -2,22 | -2,07 | -1,98 | -1,94 | -1,93 | -1,84 | -1,59 | -1,59 | -1,47 | -1,21 | -1,09 |
| -1,01 | -0,92 | -0,87 | -0,85 | -0,84 | -0,75 | -0,70 | -0,63 | -0,33 | -0,31 | -0,15 | -0,07 | -0,04 | 0,10 | 0,22 |
| 0,23 | 0,35 | 0,41 | 0,45 | 0,51 | 0,54 | 0,61 | 0,71 | 0,77 | 0,82 | 1,21 | 1,38 | 1,53 | 1,53 | 1,79 |
| 2,24 | 2,26 | 2,51 | 2,57 | 2,92 | 3,01 | 3,21 | 3,61 | 4,06 | 4,09 | 4,16 | 4,60 | 5,26 | 5,30 | 5,46 |
| 5,49 | 5,72 | 5,77 | 5,89 | 6,13 | 6,58 | 6,89 | 6,91 | 7,58 | 9,39 |  |  |  |  |  |

2) Построим график эмпирической функции непосредственно по вариационному ряду, так как *F\*(x)* – неубывающая и практически все ступеньки графика имеют одинаковую величину  (Рисунок 6).

1. Построим гистограмму равноинтервальным способом (рисунок 7).

Для построения гистограммы составим интервальный статистический ряд, учитывая что длина у всех интервалов должна быть одинаковая.

 - количество интервалов;

 - ширина интервала;

- частота попадания СВ X в j-ый интервал;

 - статистическая плотность в j-ом интервале.

Таблица 4 – Интервальный статистический ряд

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | Aj | Bj | hj | vj | pj\* | fj\* |
| 1 | -7,77 | -6,054 | 1,716 | 8 | 0,08 | 0,047 |
| 2 | -6,054 | -4,338 | 1,716 | 7 | 0,07 | 0,041 |
| 3 | -4,338 | -2,622 | 1,716 | 17 | 0,17 | 0,099 |
| 4 | -2,622 | -0,906 | 1,716 | 15 | 0,15 | 0,087 |
| 5 | -0,906 | 0,81 | 1,716 | 22 | 0,22 | 0,128 |
| 6 | 0,81 | 2,526 | 1,716 | 9 | 0,09 | 0,052 |
| 7 | 2,526 | 4,242 | 1,716 | 8 | 0,08 | 0,047 |
| 8 | 4,242 | 5,958 | 1,716 | 8 | 0,08 | 0,047 |
| 9 | 5,958 | 7,674 | 1,716 | 5 | 0,05 | 0,029 |
| 10 | 7,674 | 9,39 | 1,716 | 1 | 0,01 | 0,006 |

**f\*(x)**

**X**

Рисунок 7

1. Построим гистограмму равновероятностным способом (рисунок 8).

Для построения гистограммы составим интервальный статистический ряд, учитывая что частота попадания СВ X в в каждый j-ый интервал должна быть одинаковая (Таблица 5).

Таблица 5 – Интервальный статистический ряд

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| j | Aj | Bj | hj | vj | pj\* | fj\* |
| 1 | -7,77 | -5,51 | 2,26 | 10 | 0,1 | 0,044 |
| 2 | -5,51 | -3,985 | 1,525 | 10 | 0,1 | 0,066 |
| 3 | -3,985 | -2,85 | 1,135 | 10 | 0,1 | 0,088 |
| 4 | -2,85 | -1,715 | 1,135 | 10 | 0,1 | 0,088 |
| 5 | -1,715 | -0,795 | 0,92 | 10 | 0,1 | 0,109 |
| 6 | -0,795 | 0,225 | 1,02 | 10 | 0,1 | 0,098 |
| 7 | 0,225 | 1,015 | 0,79 | 10 | 0,1 | 0,127 |
| 8 | 1,015 | 2,965 | 1,95 | 10 | 0,1 | 0,051 |
| 9 | 2,965 | 5,475 | 2,51 | 10 | 0,1 | 0,040 |
| 10 | 5,475 | 9,39 | 3,915 | 10 | 0,1 | 0,026 |

**f\*(x)**

**X**

Рисунок 8

1. Вычислим точечные оценки математического ожидания и дисперсии:





1. Вычислим интервальные оценки математического ожидания и дисперсии (γ = 0,95):











1. По виду графика эмпирической функции распределения и гистограмм выдвигаем двухальтернативную гипотезу о законе распределения случайной величины X:

H0 – величина X распределена по нормальному закону



H1 – величина X не распределена по экспоненциальному закону



Определим оценки неизвестных параметров  и  гипотетического (нормального) закона распределения по формулам:



Таким образом получаем полностью определенную гипотетическую функцию распределения:



Проверим гипотезу о нормальном законе по критерию Пирсона . Вычислим значение критерия  на основе равноинтервального статистического ряда:



Теоретические вероятности попадания в интервалы вычислим по формуле:



Таблица 6 – Результаты расчётов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  | -6,054 |  | -1,413 | -0,5000 | -0,4207 | 0,000 | 0,079 | 0,079 |
| 2 | -6,054 | -4,338 | -1,413 | -0,977 | -0,977 | -0,4207 | -0,3364 | 0,079 | 0,164 |
| 3 | -4,338 | -2,622 | -0,977 | -0,540 | -0,540 | -0,3364 | -0,2054 | 0,164 | 0,295 |
| 4 | -2,622 | -0,906 | -0,540 | -0,103 | -0,103 | -0,2054 | -0,0517 | 0,295 | 0,448 |
| 5 | -0,906 | 0,81 | -0,103 | 0,333 | 0,333 | -0,0517 | 0,1293 | 0,448 | 0,629 |
| 6 | 0,81 | 2,526 | 0,333 | 0,770 | 0,770 | 0,1293 | 0,2823 | 0,629 | 0,782 |
| 7 | 2,526 | 4,242 | 0,770 | 1,207 | 1,207 | 0,2823 | 0,3869 | 0,782 | 0,887 |
| 8 | 4,242 | 5,958 | 1,207 | 1,643 | 1,643 | 0,3869 | 0,4495 | 0,887 | 0,950 |
| 9 | 5,958 | 7,674 | 1,643 | 2,080 | 2,080 | 0,4495 | 0,4812 | 0,950 | 0,981 |
| 10 | 7,674 |  | 2,080 |  | 0,4812 | 0,5000 | 0,981 | 1,000 | 0,019 |
| Сумма: | | | | | | | 1,0 | 1,0 | 0,074 |

Проверим правильность вычислений :



Вычислим критерий Пирсона:



Определим число степеней свободы:



Выбираем критическое значения критерия Пирсона из таблицы [1, стр.63] для степени свободы и заданного уровня значимости :



Так как условие выполняется, то гипотеза H0 о нормальном законе распределения принимается (нет оснований ее отклонить).

8) Проверим гипотезу при помощи критерия Колмогорова. Для этого построим график гипотетической функции распределения в одной системе координат с эмпирической функцией (рисунок 6). В качестве опорных точек используем 10 значений из таблицы 6. По графику определим максимальное по модулю отклонение между функциями и :



Вычислим значение критерия Колмогорова:



Из таблицы Колмогорова [1, стр. 64] по заданному уровню значимости выбираем критическое значение критерия:



Так как условие выполняется, гипотеза H­0 о нормальном законе распределения принимается (нет оснований ее отклонить).

**Задача №10**

По выборке двухмерной случайной величины:

- вычислить точечную оценку коэффициента корреляции;

- вычислить интервальную оценку коэффициента корреляции ;

- проверить гипотезу об отсутствии корреляционной зависимости ;

- вычислить оценки параметров *a0* и *a1* линии регрессии ;

- построить диаграмму рассеивания и линию регрессии.

Выборка:

( 4.08; 3.09) ( 1.83; 3.47) ( 4.31; 3.85) ( 1.52; 2.33) ( 3.46; 2.73) ( 1.76; 1.63) ( 3.27; 4.43) ( -0.08; 0.47)

( 3.36; 3.87) ( 1.95; 3.02) ( 2.60; 2.96) ( 1.01; 1.86) ( 0.42; 1.65) ( -0.42; 0.31) ( -1.40; 0.72) ( 3.97; 2.78)

( 2.56; 2.61) ( -0.07; 0.39) ( 1.98; 3.16) ( 2.43; 3.07) ( -1.54; 0.39) ( 1.43; 1.66) ( 0.97; 2.80) ( 2.31; 2.56)

( 0.45; 1.57) ( 3.69; 5.21) ( 2.71; 3.55) ( 1.70; 2.65) ( 2.95; 2.46) ( 0.64; 1.53) ( 5.04; 5.08) ( 2.51; 2.01)

( 4.14; 3.45) ( 1.31; 3.64) ( 4.05; 4.04) ( 0.45; 0.99) ( 3.86; 5.20) ( -0.43; -0.27) ( -0.75; 0.27) ( 1.89; 2.87)

( 3.46; 3.21) ( 1.95; 2.60) ( 0.53; -0.13) ( 3.17; 3.73) ( 2.02; 3.27) ( 1.30; -0.40) ( 2.56; 2.49) ( 1.79; 1.77)

( 1.34; 1.79) ( 0.42; -0.07)

Решение

Для удобства все промежуточные вычисления поместим в таблицу 7, Вычислим:

1. Оценки математических ожиданий по каждой переменной:



1. Оценки начальных моментов второго порядка по каждой переменной:



1. Оценку смешанного начального момента второго порядка:



1. Оценки дисперсий:



1. Оценку корреляционного момента:



Таблица 7 – Результаты промежуточных вычислений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | x | y | x2 | y2­ | x\*y |
|  | 4,080 | 3,090 | 16,646 | 9,548 | 12,607 |
| 1,830 | 3,470 | 3,349 | 12,041 | 6,350 |
| 4,310 | 3,850 | 18,576 | 14,823 | 16,594 |
| 1,520 | 2,330 | 2,310 | 5,429 | 3,542 |
| 3,460 | 2,730 | 11,972 | 7,453 | 9,446 |
| 1,760 | 1,630 | 3,098 | 2,657 | 2,869 |
| 3,270 | 4,430 | 10,693 | 19,625 | 14,486 |
| -0,080 | 0,470 | 0,006 | 0,221 | -0,038 |
| 3,360 | 3,870 | 11,290 | 14,977 | 13,003 |
| 1,950 | 3,020 | 3,803 | 9,120 | 5,889 |
| 2,600 | 2,960 | 6,760 | 8,762 | 7,696 |
| 1,010 | 1,860 | 1,020 | 3,460 | 1,879 |
| 0,420 | 1,650 | 0,176 | 2,723 | 0,693 |
| -0,420 | 0,310 | 0,176 | 0,096 | -0,130 |
| -1,400 | 0,720 | 1,960 | 0,518 | -1,008 |
| 3,970 | 2,780 | 15,761 | 7,728 | 11,037 |
| 2,560 | 2,610 | 6,554 | 6,812 | 6,682 |
| -0,070 | 0,390 | 0,005 | 0,152 | -0,027 |
| 1,980 | 3,160 | 3,920 | 9,986 | 6,257 |
| 2,430 | 3,070 | 5,905 | 9,425 | 7,460 |
| -1,540 | 0,390 | 2,372 | 0,152 | -0,601 |
| 1,430 | 1,660 | 2,045 | 2,756 | 2,374 |
| 0,970 | 2,800 | 0,941 | 7,840 | 2,716 |
| 2,310 | 2,560 | 5,336 | 6,554 | 5,914 |
| 0,450 | 1,570 | 0,203 | 2,465 | 0,707 |
| 3,690 | 5,210 | 13,616 | 27,144 | 19,225 |
| 2,710 | 3,550 | 7,344 | 12,603 | 9,621 |
| 1,700 | 2,650 | 2,890 | 7,023 | 4,505 |
| 2,950 | 2,460 | 8,703 | 6,052 | 7,257 |
| 0,640 | 1,530 | 0,410 | 2,341 | 0,979 |
| 5,040 | 5,080 | 25,402 | 25,806 | 25,603 |
| 2,510 | 2,010 | 6,300 | 4,040 | 5,045 |
| 4,140 | 3,450 | 17,140 | 11,903 | 14,283 |
| 1,310 | 3,640 | 1,716 | 13,250 | 4,768 |
| 4,050 | 4,040 | 16,403 | 16,322 | 16,362 |
| 0,450 | 0,990 | 0,203 | 0,980 | 0,446 |
| 3,860 | 5,200 | 14,900 | 27,040 | 20,072 |
| -0,430 | -0,270 | 0,185 | 0,073 | 0,116 |
| -0,750 | 0,270 | 0,563 | 0,073 | -0,203 |
| 1,890 | 2,870 | 3,572 | 8,237 | 5,424 |
| 3,460 | 3,210 | 11,972 | 10,304 | 11,107 |
| 1,950 | 2,600 | 3,803 | 6,760 | 5,070 |
| 0,530 | -0,130 | 0,281 | 0,017 | -0,069 |
| 3,170 | 3,730 | 10,049 | 13,913 | 11,824 |
| 2,020 | 3,270 | 4,080 | 10,693 | 6,605 |
| 1,300 | -0,400 | 1,690 | 0,160 | -0,520 |
| 2,560 | 2,490 | 6,554 | 6,200 | 6,374 |
| 1,790 | 1,770 | 3,204 | 3,133 | 3,168 |
| 1,340 | 1,790 | 1,796 | 3,204 | 2,399 |
| 0,420 | -0,070 | 0,176 | 0,005 | -0,029 |
| Сумма: | 94,46 | 118,32 | 297,8238 | 382,594 | 315,827 |

1. Точечную оценку коэффициента корреляции:



1. Вычислим интервальную оценку коэффициента корреляции с заданной надёжностью , По таблице функции Лапласа [1, стр, 61] :





Таким образом, доверительный интервал для коэффициента корреляции имеет вид:



1. Проверим гипотезу о корреляционной зависимости:



Так как объём выборки велик (n>50), то критерий вычислим по формуле:



По таблице функции Лапласа .

Так как , то гипотеза  отклоняется, т.е, величины и  коррелированны.

1. Вычислим оценки параметров линии регрессии:



Уравнение линии регрессии имеет вид:



Исходя из двухмерной выборки построим диаграмму рассеивания и линию регрессии  (рисунок 9):

Список литературы

1. А, И, Волковец, А, Б, Гуринович, А, В,Аксенчик, Теория вероятностей и математическая статистика: метод, указания по типовому расчету ,– Минск БГУИР, 2009, – 65 с,: ил,
2. А, И, Волковец, А, Б, Гуринович, Теория вероятностей и математическая статистика: Конспект лекций для студ, всех спец, и форм обучения,– Минск БГУИР, 2003, – 84 л,