Цель работы: построение гистограммы и эмпирической функции распределения.

Содержание работы

1. Для выборки объёма n из генеральной совокупности X реализовать в виде программы на ЭВМ:
   - вычисление максимального значения $M_{\max}$ и минимального значения $M_{\min}$,
   - размаха R выборки,
   - вычисление оценок $\hat{\mu}$ и S^2 математического ожидания MX и дисперсии DX,
   - группировку значений выборки в $m = [\log_2 n] + 2$ интервала,
   - построение на одной координатной плоскости гистограммы и графика функции плотности распределения вероятностей нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2,
   - построение на другой координатной плоскости графика эмпирической функции распределения и функции распределения нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2.
2. Провести вычисления и построить графики для выборки из индивидуального варианта.

1 Вариант 21, выборка

$\vec{x} = ($

-14.34, -16.97, -14.09, -14.74, -16.69, -13.85, -15.55, -14.62, -13.30, -15.52,
-14.75, -16.51, -17.15, -16.87, -15.06, -13.60, -14.48, -14.71, -14.17, -13.88,
-14.55, -15.37, -14.81, -16.05, -17.06, -15.86, -15.12, -15.98, -14.16, -15.81,
-15.06, -16.19, -16.22, -16.19, -14.87, -15.62, -15.86, -15.25, -16.34, -14.44,
-14.72, -15.17, -15.24, -14.44, -15.93, -14.87, -16.53, -15.76, -15.12, -12.91,
-16.06, -16.06, -14.89, -15.57, -13.59, -16.84, -13.88, -14.33, -15.45, -16.58,
-16.05, -14.34, -13.55, -16.78, -14.15, -14.28, -14.40, -13.98, -16.23, -15.35,
-14.77, -15.61, -15.59, -15.64, -14.76, -17.18, -15.13, -15.01, -14.21, -13.91,
-16.55, -15.44, -14.03, -16.44, -15.57, -15.07, -16.28, -16.30, -15.74, -14.03,
-14.85, -15.73, -15.81, -14.42, -14.14, -15.14, -15.49, -16.42, -14.22, -14.20,
-17.17, -15.82, -14.96, -14.75, -14.98, -13.64, -14.00, -17.29, -14.51, -16.18,
-15.70, -15.07, -14.28, -14.55, -13.85, -15.36, -15.74, -14.61, -16.32, -15.34

)

2 Формулы для вычисления величин

Пусть $\vec{x} = (x_1, ..., x_n)$ - выборка из генеральной совокупности X.

1. **Максимальное значение выборки** $M_{max} = max(x_1, .., x_n)$
2. **Минимальное значение выборки** $M_{min} = min(x_1, .., x_n)$
3. **Размах выборки** $R = M_{max} - M_{min}$
4. **Выборочное среднее (математическое ожидание)** $\hat{\mu}(\vec{x}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$
5. **Состоятельная оценка дисперсии** $S^2(\vec{x}) = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2$

   где $\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$

3 Определение эмпирической плотности и гистограммы

Эмпирической плотностью (отвечающей выборке $\vec{x}$) называют функцию

$$\hat{f}(x) = \begin{cases} \frac{n_i}{n\Delta}, x \in J_i, i = \overline{1;p} \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}$$

где J_i – полуинтервал статистического ряда, n_i – количество элементов выборки, входящих в полуинтервал, n – количество элементов выборки.

Пусть $\vec{x}$ – выборка из генеральной совокупности X. Если объем n этой выборки велик, то значения x_i группируют не только в статистический ряд, но и в интервальный статистический ряд. Для этого отрезок $J = [x_{(1)}, x_{(n)}]$ (где $x_{(1)} = min(x_1, .., x_n)$, $x_{(n)} = max(x_1, .., x_n)$) делят на m равновеликих частей:

$$J_i = [a_i, a_{i+1}), i = \overline{1; m-1}$$

$$J_m = [a_m, a_{m+1}]$$

$$a_i = x_{(1)} + (i-1)\cdot\Delta, i = \overline{1; m+1}$$

$$\Delta = \frac{|J|}{m} = \frac{x_{(n)} - x_{(1)}}{m}$$

Интервальным статистическим рядом называют таблицу

J_1	...	J_i	...	J_m
n_1	...	n_i	...	n_m

Здесь n_i – количество элементов выборки $\vec{x}$, которые $\in J_i$

Требуемый интервал $m = [\log_2 n] + 2$

Гистограмма – это график эмпирической плотности.

4 Определение эмпирической функции распределения

Пусть $\vec{x} = (x_1, ..., x_n)$ – выборка из генеральной совокупности X. Обозначим $n(x, \vec{x})$ – число элементов вектора $\vec{x}$, которые имеют значения меньше x.

Эмпирической функцией распределения называют функцию
$F_n : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$, определенную условием $F_n(x) = \frac{n(x,\vec{x})}{n}$.

5 Листинг

Листинг 1: Реализация

```
function main()
    X=[-5.05,-5.74,-6.39,-5.01,-4.94,-6.32,-4.73,-5.44,-4.79,-5.40,...
        -4.50,-3.43,-5.21,-5.22,-5.07,-5.51,-4.45,-5.24,-6.50,-4.99,...
        -5.42,-3.30,-5.06,-5.38,-6.48,-3.31,-5.56,-6.50,-5.22,-5.68,...
        -4.80,-6.67,-4.95,-5.32,-5.68,-6.32,-3.72,-4.59,-6.33,-5.03,...
        -4.49,-4.80,-6.04,-6.21,-3.60,-3.93,-5.89,-5.29,-7.41,-3.73,...
        -6.61,-4.34,-5.99,-5.24,-4.08,-4.68,-5.38,-6.38,-4.66,-3.67,...
        -4.61,-4.54,-4.51,-5.43,-6.47,-5.31,-4.30,-6.32,-5.82,-3.44,...
        -5.92,-4.76,-4.45,-3.52,-4.91,-5.65,-5.02,-5.00,-5.26,-4.98,...
        -6.16,-6.21,-4.42,-6.20,-5.84,-5.58,-5.34,-5.21,-5.78,-7.80,...
        -5.21,-4.79,-4.53,-4.78,-6.39,-7.04,-4.82,-5.53,-3.52,-6.24,...
        -3.58,-5.01,-5.79,-4.80,-6.04,-5.15,-7.03,-4.71,-4.38,-5.77,...
        -4.05,-5.76,-5.86,-6.45,-4.81,-5.68,-7.48,-3.97,-5.16,-3.48];

    % 1)
```

```
% а) Максимальное и минимальное значения
Mmax = max(X);
Mmin = min(X);
fprintf("\nа) Mmax (максимальное значение) = %f; Mmin (минимальное значенение) = %f", Mmax, Mmin);

% б) Размах
R = Mmax - Mmin;
fprintf("\nб) R (размах) = %f", R);

% в) Оценки
mu = sum(X) / length(X);
s2 = sum((X - mean(X)).^2) / (length(X) - 1);
fprintf("\nв)mu (оценка математического ожидания) = %f; s^2 (оценка дисперсии) = %f", mu, s2);

% г) Группировка значений выборки
% Нахождение количества интервалов
m = floor(log2(length(X))) + 2;
fprintf("\nг)Группировка значений выборки в m = [log2 n] + 2 интервала: m = %f\n", m);

% Разбиение выборки на интервалы от min до max, с помощью BinLimits
% объединяем только те значения, которые находятся в интервале от мин
% до макс
[counts, edges] = histcounts(X, m, 'BinLimits', [min(X), max(X)]);

for i = 1: length(counts)
    fprintf("[%f : %f] - %d\n", edges(i), edges(i + 1), counts(i));
end

% д) Построение гистограмы
hist = histogram();
hist.BinEdges = edges;
hist.BinCounts = counts / length(X) / ((max(X) - min(X)) / m);

hold on; % Продолжаем работать с той же системой

% График функции плотности рапределения вероятностей нормальной случайно величины
delta = R/m;
sigma = sqrt(s2);
Xn = min(X):delta/20:max(X);
Y = normpdf(Xn, mu, sigma);
plot(Xn, Y, 'blue');

% е) График распределения сормальной случайной величины
figure;
[yy, xx] = ecdf(X);
```

```
    stairs(xx, yy);

    hold on;

    % График эмпирической функции распределения нормальной случайной величины
    delta = R/m;
    Xn = min(X):delta/20:max(X);
    Y = 1/2 * (1 + erf((Xn - mu) / sqrt(2*s2)));
    plot(Xn, Y, 'black');

end
```

6 Результаты расчетов для выборки варианта 21

1. Максимальное значение $M_{max} =$,
2. Минимальное значение выборки $M_{min} =$,
3. Размах выборки $R =$,
4. Оценки: $\hat{\nu} =, S^2 =$,
5. Группировка значений выборки в $m = [log_2 n] + 2$ интервала предоставлена на рисунке 1.

inc/img/output.png

Рис. 1: Поток вывода программы.

6. Гистограмма и график функции плотности распределения вероятностей нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2 2.

inc/img/outputGraph.png

Рис. 2: Гистограмма и график функции плотности распределения вероятностей нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2.

7. График эмпирической функции распределения и функции распределения нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2 3.

inc/img/outputGraph2.png

Рис. 3: График эмпирической функции распределения и функции распределения нормальной случайной величины с математическим ожиданием $\hat{\mu}$ и дисперсией S^2.