

% Метод случайного баланса - ранжирование факторов

```
clear  
global m n a
```

Таблица 1 – Численные значения факторов

Уровни варьирования	Факторы					
	X_1 , об/мин	X_2 , рад	X_3 , м	X_4 , рад	X_5 , м	X_6 , м/с
Верхний (+)	157,1	0,05	0,27	0,66	0,062	0,65
Нижний (-)	52,3	0,31	0,12	-0,96	0,025	0,41

```
X=[157.1 0.05 0.27 0.66 0.062 0.65;  
    52.3 0.31 0.12 -0.96 0.025 0.41];
```

Таблица 2 – Матрица планирования и результаты
отсеивающих экспериментов

Номер опыта	Факторы и их уровни						Численные значения целевой функции Y	
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Исход.	I коррект.
1	+	+	+	-	+	-	33,57	8,99
2	-	+	+	+	+	+	12,67	3,09
3	+	-	+	+	+	-	25,19	0,69
4	-	-	+	+	-	-	6,83	-2,74
5	+	+	-	+	-	+	16,67	1,67
6	-	+	-	-	-	-	4,58	4,58
7	+	-	-	-	+	+	18,08	3,09
8	-	-	-	-	-	+	4,45	4,45
9	+	-	+	-	-	-	28,50	3,94
10	+	-	-	+	-	-	10,76	-4,23

```
B=[1 1 1 -1 1 -1;  
    -1 1 1 1 1 1;  
    1 -1 1 1 1 -1;  
    -1 -1 1 1 -1 -1;  
    1 1 -1 1 -1 1;  
    -1 1 -1 -1 -1 -1;  
    1 -1 -1 -1 1 1;  
    -1 -1 -1 -1 -1 1;  
    1 -1 1 -1 -1 -1;  
    1 -1 -1 1 -1 -1];
```

```
a=0.95; % уровень доверительной вероятности  
m=length(B(:,1)); %количество строк B  
n=length(B(1,:)); %количество столбцов B
```

% Определение численных значений целевой функции Y и вывод их на экран

```
for i=1:m  
    for j=1:n  
        switch B(i, j)
```

```

        case 1
            M(i,j)=X(1,j);
        case -1
            M(i,j)=X(2,j);
        end
    end
end
end

```

$$Y = \frac{X_1 [X_5 \cos X_2 + X_3 \cos(X_2 + X_4)] X_3 X_1 \cos(X_2 + X_4) + X_6 (1 - \sin X_2)}{X_1 X_3 (1 + \sin X_2) \cos(X_2 + X_4) + X_6 \cos^2 X_2} \quad (1)$$

```

for i=1:length(M(:, 1))
    X=M(i, :);
    Y(i, 1)=(X(1)*(X(5)*cos(X(2))+X(3)*cos(X(2)+X(4)))*X(3)*X(1)*cos(X(2)+X(4))+ ...
        X(6)*(1-sin(X(2))))/(X(1)*X(3)*(1+sin(X(2)))*cos(X(2)+X(4))+X(6)*(cos(X(2)))^2);
end

[B Y]

```

```

ans = 10x7
    1.0000    1.0000    1.0000   -1.0000    1.0000   -1.0000   33.5710
   -1.0000    1.0000    1.0000    1.0000    1.0000    1.0000   12.6112
    1.0000   -1.0000    1.0000    1.0000    1.0000   -1.0000   25.1908
   -1.0000   -1.0000    1.0000    1.0000   -1.0000   -1.0000    6.8535
    1.0000    1.0000   -1.0000    1.0000   -1.0000    1.0000   16.6730
   -1.0000    1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000    4.5486
    1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000    1.0000    1.0000   18.0861
   -1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000    1.0000    4.4495
    1.0000   -1.0000    1.0000   -1.0000   -1.0000   -1.0000   28.5062
    1.0000   -1.0000   -1.0000    1.0000   -1.0000   -1.0000   10.7646

```

%Расчет медианы каждого фактора

```

figure
for j=1:n
    A1=[]; A2=[];
    for i=1:m
        if B(i, j)==1
            A1(end+1)=Y(i);
        else
            A2(end+1)=Y(i);
        end
    end
    A(j)=abs(mean(A1)-mean(A2)); %вычисление медианы каждого j фактора

    subplot(2,1,1)
    plot(j-0.2, A1, 'ok', j-0.2, mean(A1), '>r', j+0.2, mean(A2), '<k', j+0.2, A2, 'or');
    %MarkerSize=15; %Размер узлов-маркеров
    xtickformat('X%,.0f')
    hold on; grid on;

    subplot(2,1,2)
    bar(j, A(j), 'b' )

```

```

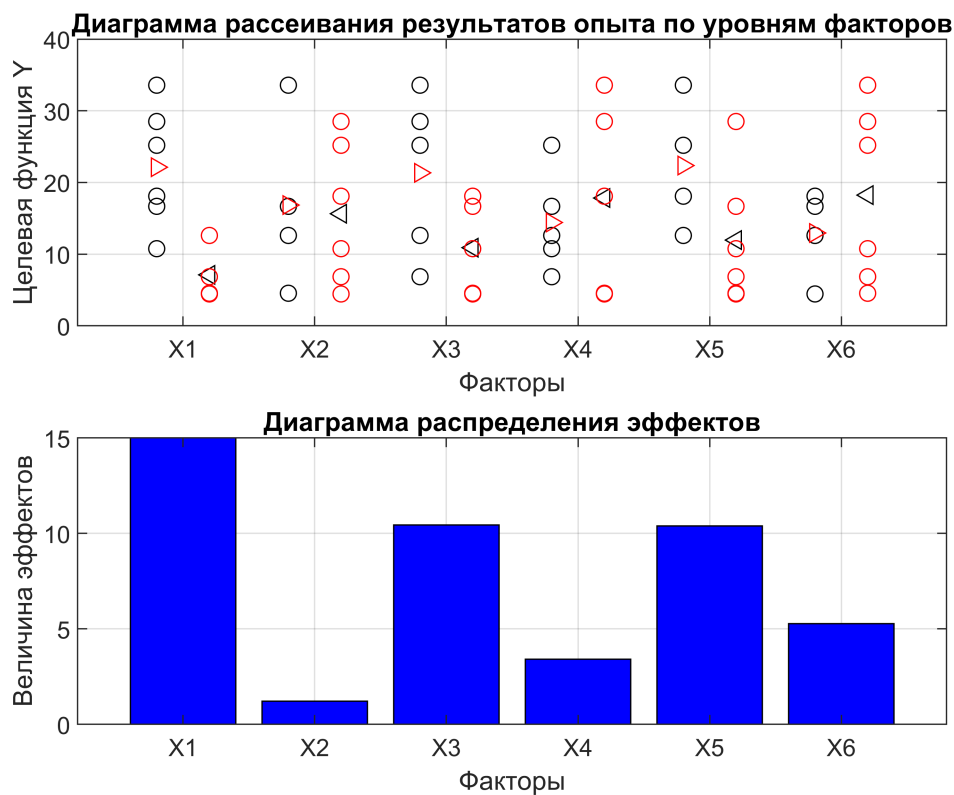
set(gca,'XTickMode','Auto')
xtickformat('X%,.0f')
hold on; grid on;
end

subplot(2,1,1)
title('Диаграмма рассеивания результатов опыта по уровням факторов')
xlabel('Факторы')
ylabel('Целевая функция Y')
xlim([0.2 n+0.8])

subplot(2,1,2)
title('Диаграмма распределения эффектов')
xlabel('Факторы')
ylabel('Величина эффектов')
xlim([0.2 n+0.8])

hold off

```



```

% Выделение двух факторов наибольших по влиянию (по медиане)
[~, idx]=sort(A,'descend')

```

```

idx = 1x6
      1   3   5   6   4   2

```

```

Tab1=[]; Tab2=[]; Tab3=[]; Tab4=[];

```

```

for i=1:m
    if B(i, idx(1))==1 && B(i, idx(2))==1
        Tab1(end+1)=Y(i);
    elseif B(i, idx(1))==-1 && B(i, idx(2))==1
        Tab2(end+1)=Y(i);
    elseif B(i, idx(1))==1 && B(i, idx(2))==-1
        Tab3(end+1)=Y(i);
    else
        Tab4(end+1)=Y(i);
    end
end
Tab1, Tab2, Tab3, Tab4

```

```

Tab1 = 1x3
    33.5710    25.1908    28.5062
Tab2 = 1x2
    12.6112     6.8535
Tab3 = 1x3
    16.6730    18.0861    10.7646
Tab4 = 1x2
     4.5486     4.4495

```

Численные значения эффектов вычисляются по формуле

$$X_i = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3 + \dots + \bar{Y}_n}{k_i} + \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_4 + \dots + \bar{Y}_{n+1}}{k_i}, \quad (2)$$

где $\bar{Y}_1, \bar{Y}_3, \dots, \bar{Y}_n$ – среднее значение критерия оптимизации
в соответствующей клетке таблицы для уровня факторов (+);
 $\bar{Y}_2, \bar{Y}_4, \dots, \bar{Y}_{n+1}$ – среднее значение критерия оптимизации
в соответствующей клетке таблицы для уровня факторов(-);
 k_i – число средних значений критерия оптимизации;
 n – нечетный член ряда.

%Вычисление эффектов факторов

```
Eff1=(mean(Tab1)+mean(Tab3))/2-(mean(Tab2)+mean(Tab4))/2
```

```
Eff1 = 15.0163
```

```
Eff2=(mean(Tab1)+mean(Tab2))/2-(mean(Tab3)+mean(Tab4))/2
```

```
Eff2 = 9.5741
```

%Проверка значимости факторов по критерию Стьюдента

S_R – среднеквадратическая ошибка, характеризующая рассеивание относительно средних в клетках таблицы с несколькими входами, определяется по формуле

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum Y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}};$$

n_i – число наблюдений в каждой клетке.

%Вычисление среднеквадратической ошибки S_r

```

Tab=Tab1;
c=length(Tab);
Sr(1, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

Tab=Tab2;
c=length(Tab);
Sr(2, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

Tab=Tab3;
c=length(Tab);
Sr(3, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

Tab=Tab4;
c=length(Tab);
Sr(4, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

%Расчетное значение критерия Стьюдента для 1 и 2 значимого фактора
t1=((mean(Tab1)+mean(Tab3))- (mean(Tab2)+mean(Tab4)))/sqrt(sum(Sr));
t2=((mean(Tab1)+mean(Tab2))- (mean(Tab3)+mean(Tab4)))/sqrt(sum(Sr));

%Вычисление числа степени свободы
f=length([Tab1 Tab2 Tab3 Tab4])-4; % где 4 - число клеток в таблице 3

%Табличное значение критерия Стьюдента
ts=tinv((1+a)/2, f);

%Вывод на экран результатов проверки значимости факторов
if abs(t1)>abs(ts)
    fprintf('Фактор X%d значим при доверительной вероятности %.2f \n', idx(1), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f|> теор=%f \n', t1, ts)
else
    fprintf('Фактор X%d незначим при доверительной вероятности %.2f \n', idx(1), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| < теор=%f \n', t1, ts)
end

```

Фактор X1 значим при доверительной вероятности 0.95
т.к. трасч=|6.844017|> теор=2.446912

```

if abs(t2)>abs(ts)
    fprintf('Фактор X%d значим при доверительной вероятности %.2f \n', idx(2), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| > теор=%f \n', t2, ts)
else
    fprintf('Фактор X%d незначим при доверительной вероятности %.2f \n', idx(2), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| < теор=%f \n', t2, ts)
end

```

Фактор X3 значим при доверительной вероятности 0.95
т.к. трасч=|4.363603| > теор=2.446912

%1 Корректировка значений целевой функции с учетом влияния эффектов факторов

```

for i=1:m
    if B(i, idx(1))==1 && B(i, idx(2))==1

```

```

        Yk(i)=Y(i)-Eff1-Eff2;
elseif B(i, idx(1))==1 && B(i, idx(2))==-1
    Yk(i)=Y(i)-Eff1;
elseif B(i, idx(1))==-1 && B(i, idx(2))==1
    Yk(i)=Y(i)-Eff2;
else
    Yk(i)=Y(i);
end
end
Yk=Yk'

```

```

Yk = 10x1
    8.9807
    3.0371
    0.6005
   -2.7206
    1.6567
    4.5486
    3.0698
    4.4495
    3.9159
   -4.2517

```

%Расчет медианы каждого фактора с учетом отброшенных первых двух значимых факторов
 %Определение 3 и 4 фактора

```

figure
for j=1:n
    A1=[]; A2=[];
    for i=1:m
        if B(i, j)==1
            A1(end+1)=Yk(i);

            else
                A2(end+1)=Yk(i);
            end
        end
    A(j)=abs(mean(A1)-mean(A2)); %вычисление медианы каждого j фактора

    subplot(2,1,1)
    plot(j-0.2, A1, 'ok', j-0.2, mean(A1), '>r', j+0.2, mean(A2), '<k', j+0.2, A2, 'or');
    %MarkerSize=15; %Размер узлов-маркеров
    xtickformat('X%,.0f')
    hold on; grid on;

    subplot(2,1,2)
    bar(j, A(j), 'b' )
    set(gca, 'XTickMode', 'Auto')
    xtickformat('X%,.0f')
    hold on; grid on;

end

subplot(2,1,1)
title('Диаграмма рассеивания результатов опыта по уровням факторов')

```

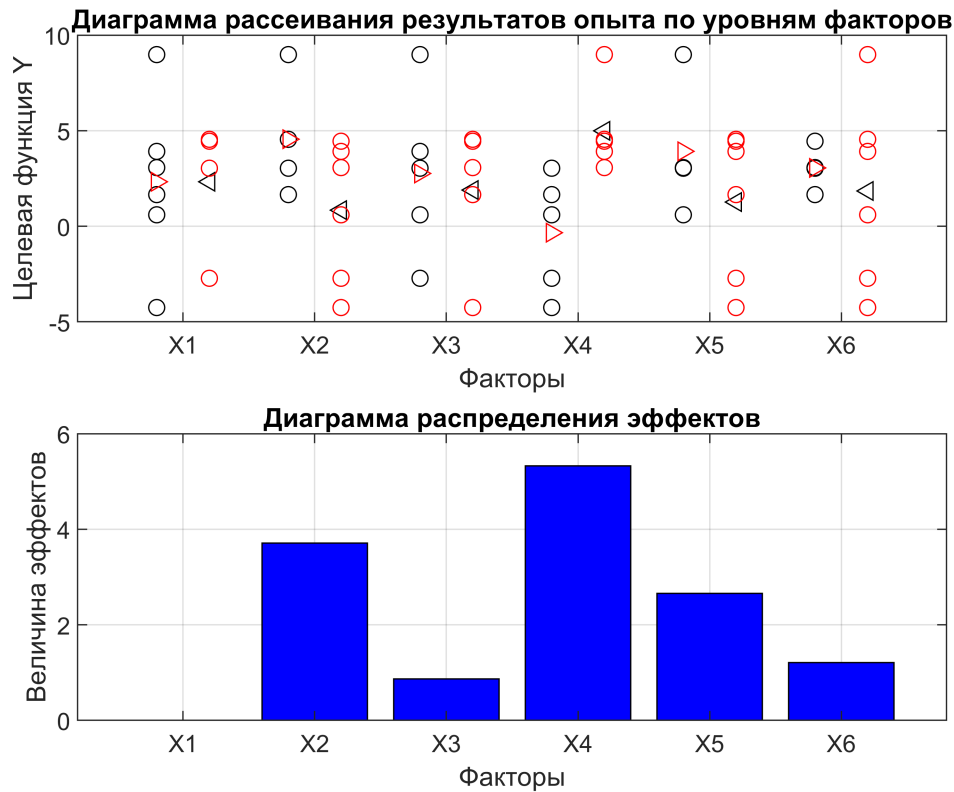
```

xlabel('Факторы')
ylabel('Целевая функция Y')
xlim([0.2 n+0.8])

subplot(2,1,2)
title('Диаграмма распределения эффектов')
xlabel('Факторы')
ylabel('Величина эффектов')
xlim([0.2 n+0.8])

hold off

```



```

% Выделение двух факторов наибольших по влиянию (по медиане)
[~, idx2]=sort(A,'descend')

```

```

idx2 = 1x6
      4      2      5      6      3      1

```

```

Tab1=[]; Tab2=[]; Tab3=[]; Tab4=[];

for i=1:m
    if B(i, idx2(1))==1 && B(i, idx2(2))==1
        Tab1(end+1)=Yk(i);
    elseif B(i, idx2(1))==-1 && B(i, idx2(2))==1
        Tab2(end+1)=Yk(i);
    elseif B(i, idx2(1))==1 && B(i, idx2(2))==-1
        Tab3(end+1)=Yk(i);
    end
end

```

```

else
    Tab4(end+1)=Yk(i);
end
end
%Вычисление эффектов факторов
Effk1=(mean(Tab1)+mean(Tab3))/2-(mean(Tab2)+mean(Tab4))/2

```

```
Effk1 = -5.1767
```

```
Effk2=(mean(Tab1)+mean(Tab2))/2-(mean(Tab3)+mean(Tab4))/2
```

```
Effk2 = 3.7119
```

```
%Проверка значимости факторов по критерию Стьюдента
```

```
%Вычисление среднеквадратической ошибки Sr
```

```

Tab=Tab1;
c=length(Tab);
Sr(1, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

```

```

Tab=Tab2;
c=length(Tab);
Sr(2, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

```

```

Tab=Tab3;
c=length(Tab);
Sr(3, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

```

```

Tab=Tab4;
c=length(Tab);
Sr(4, 1)=(sum(Tab.^2)/(c-1)-((sum(Tab)^2)/(c*(c-1))))/c;

```

```
%Расчетное значение критерия Стьюдента для 1 и 2 значимого фактора
```

```

t1=((mean(Tab1)+mean(Tab3))-(mean(Tab2)+mean(Tab4)))/sqrt(sum(Sr));
t2=((mean(Tab1)+mean(Tab2))-(mean(Tab3)+mean(Tab4)))/sqrt(sum(Sr));

```

```
%Вычисление числа степени свободы
```

```
f=length([Tab1 Tab2 Tab3 Tab4])-4; % где 4 - число клеток в таблице 3
```

```
%Табличное значение критерия Стьюдента
```

```
ts=tinv((1+a)/2, f);
```

```
%Вывод на экран результатов проверки значимости факторов
```

```

if abs(t1)>abs(ts)
    fprintf('Фактор X%d значим при доверительной вероятности %.2f \n', idx2(1), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f|> теор=%f \n', t1, ts)

```

```

else
    fprintf('Фактор X%d незначим при доверительной вероятности %.2f \n', idx2(1), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| < теор=%f \n', t1, ts)

```

```
end
```

```
Фактор X4 значим при доверительной вероятности 0.95
```

```
т.к. трасч=-3.755667|> теор=2.446912
```



```

if abs(t2)>abs(ts)
    fprintf('Фактор X%d значим при доверительной вероятности %.2f \n', idx2(2), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| > ттеор=%f \n', t2, ts)
else
    fprintf('Фактор X%d незначим при доверительной вероятности %.2f \n', idx2(2), a)
    fprintf('т.к. трасч=|%f| < ттеор=%f \n', t2, ts)
end

```

Фактор X2 значим при доверительной вероятности 0.95
 т.к. трасч=|2.692955| > ттеор=2.446912

%Вычисление эффектов 5 и 6 факторов

```
Tab11=[]; Tab22=[]; Tab33=[]; Tab44=[];
```

```

for i=1:m
    if B(i, idx(3))==1 && B(i, idx(4))==1
        Tab11(end+1)=Yk(i);
    elseif B(i, idx2(3))==-1 && B(i, idx2(4))==1
        Tab22(end+1)=Yk(i);
    elseif B(i, idx2(3))==1 && B(i, idx2(4))==-1
        Tab33(end+1)=Yk(i);
    else
        Tab44(end+1)=Yk(i);
    end
end

```

%Вычисление эффектов факторов

```
Effk3=(mean(Tab11)+mean(Tab33))/2-(mean(Tab22)+mean(Tab44))/2;
```

```
Effk4=(mean(Tab11)+mean(Tab22))/2-(mean(Tab33)+mean(Tab44))/2;
```

```
b=abs([Eff1, Eff2, Effk1, Effk2, Effk3, Effk4])
```

```

b = 1x6
    15.0163    9.5741    5.1767    3.7119    2.2089    0.4715

```

```
x=[idx(1), idx(2), idx2(1), idx2(2), idx2(3), idx2(4)]
```

```

x = 1x6
     1     3     4     2     5     6

```

```

figure
for i=1:n
    str_k=['X',num2str(x(i))];
    bar(i, abs(b(i)), 'r' );
    text(i, 0.5+b(i), str_k, 'FontSize', 10)
    hold on;
    grid on;
    %set(gca,'XTickMode','Auto')
end
title('Диаграмма распределения факторов в зависимости от величины эффекта')
xlabel('Факторы')
ylabel('Величина эффектов факторов')

```

Диаграмма распределения факторов в зависимости от величины эффекта:

