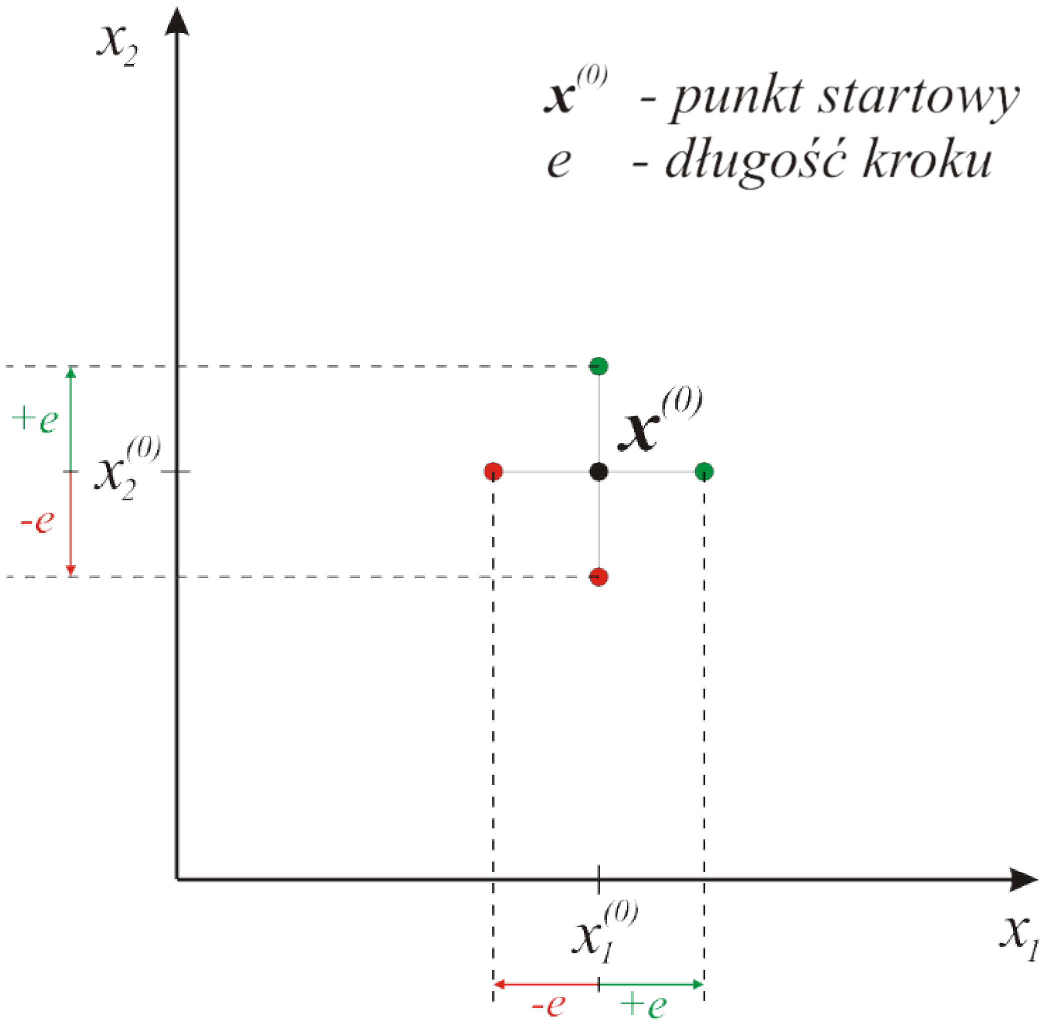
Metoda Hooke’a - Jeevesa

Metody optymalizacji

Opracowała: *dr Marta Kapturczak*

Schemat działania na przykładzie *f* (x_1, x_2)

W metodzie wyróżnić można dwa zasadnicze etapy: próbny oraz roboczy. Podczas etapu próbnego następuje badanie zachowania funkcji wokół punktu roboczego we wszystkich kierunkach bazy ortogonalnej. Etap roboczy następuje, gdy przynajmniej jeden z kroków etapu próbnego zakończył się sukcesem (tzn. osiągnęliśmy wartość funkcji lepszą niż w punkcie bazowym).
Jeżeli żaden z kroków etapu próbnego nie przyniósł oczekiwanego rezultatu, jest on powtarzany przy zmniejszonym kroku *e*. Jako kryterium stopu stosuje się długość kroku *e*, kończymy obliczenia w momencie gdy aktualna długość jest mniejsza od zadanej dokładności ε.



Dane

- $\boldsymbol{x}^{(0)}$ –punkt startowy, $\boldsymbol{x}^{(B0)}$, $\boldsymbol{x}^{(B)}$ – punkty bazowe
- $\boldsymbol{\xi}_1, \boldsymbol{\xi}_2, \ldots, \boldsymbol{\xi}_n$ – baza wektorów ortogonalnych:

  $\boldsymbol{\xi}_1 = (1; 0; \ldots; 0)$, $\boldsymbol{\xi}_2 = (0; 1; \ldots; 0)$, … , $\boldsymbol{\xi}_n = (0; 0; \ldots; 1)$,
- e – początkowa długość kroku,
- β – współczynnik zmniejszenia kroku ($0 < \beta < 1$),
- ε – dokładność obliczeń,
- n – liczba zmiennych niezależnych,
- $f(\boldsymbol{x}) = f(x_1; x_2; \ldots; x_n)$ – optymalizowana funkcja

Etap próbny (poszukiwanie minimum)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\boldsymbol{x}^{(0)})$, $f^{(B)} = f(\boldsymbol{x}^{(B)})$
2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ to podstaw $f^{(0)} = f$ i przejdź do punktu 5,
   w p. p. wykonaj krok próbny w przeciwnym kierunku: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$
   oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ to podstaw $f^{(0)} = f$, w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$
5. Jeżeli $j \neq n$ to $j = j + 1$ i wróć do kroku 2, w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne ($f^{(B)} > f^{(0)}$)
6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy dla $\boldsymbol{x}^{(j)}$, w p. p.:
7. Jeżeli $e > \varepsilon$, to przy pierwszej iteracji zmień punkt startowy, a przy następnych zmniejsz długość kroku $e = \beta e$, podstaw $\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)}$ i wróć do kroku 1

Etap próbny (poszukiwanie maksimum)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\boldsymbol{x}^{(0)})$, $f^{(B)} = f(\boldsymbol{x}^{(B)})$
2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
3. Jeżeli $f > f^{(0)}$ to podstaw $f^{(0)} = f$ i przejdź do punktu 5,
   w p. p. wykonaj krok próbny w przeciwnym kierunku: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$
   oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
4. Jeżeli $f > f^{(0)}$ to podstaw $f^{(0)} = f$, w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$
5. Jeżeli $j \neq n$ to $j = j + 1$ i wróć do kroku 2, w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne ($f^{(B)} < f^{(0)}$)
6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy dla $\boldsymbol{x}^{(j)}$, w p. p.:
7. Jeżeli $e > \varepsilon$, to przy pierwszej iteracji zmień punkt startowy, a przy następnych zmniejsz długość kroku $e = \beta e$, podstaw $\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)}$ i wróć do kroku 1

Etap roboczy

1. Podstaw $\boldsymbol{x}^{(B0)} = \boldsymbol{x}^{(B)}$ oraz $\boldsymbol{x}^{(B)} = \boldsymbol{x}^{(j)}$
2. Wykonaj krok roboczy:

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} + (\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}) = 2\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}$$

3. wróć do etapu próbnego.

Przykład (Dane)

- $f(\boldsymbol{x}) = f(x_1, x_2) = 2.5(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2$
- $\boldsymbol{x}^{(B)} = \boldsymbol{x}^{(B0)} = \boldsymbol{x}^{(0)} = (-\,0{,}5;1)$,
- $\boldsymbol{\xi}_1 = (1;\ 0)$, $\boldsymbol{\xi}_2 = (0;\ 1)$,
- $e = 0{,}5$,
- $\beta = 0{,}5$,
- $\varepsilon = 0{,}01$,
- $n = 2$,
- poszukiwane minimum (1; 1)

Przykład (I etap próbny)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\mathbf{x}^{(0)}) = 3{,}65625$

   $f^{(B)} = f(\mathbf{x}^{(B)}) = 3{,}65625$,

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\mathbf{x}^{(j)} = \mathbf{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz

   oblicz $f = f(\mathbf{x}^{(j)})$,

   $\mathbf{x}^{(1)} = \mathbf{x}^{(0)} + e \cdot \xi_1 = (-0{,}5;\ 1) + 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (0;\ 1)$ $f = f(0;\ 1) = 3{,}5$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($3{,}5 < 3{,}65625$) to podstaw $f^{(0)} = f = 3{,}5$ i przejdź do punktu 5,

5. Jeżeli $j \neq n$ ($1 \neq 2$) to $j = j + 1 = 2$ i wróć do kroku 2.

Przykład (I etap próbny)

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\mathbf{x}^{(j)} = \mathbf{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$
   oraz oblicz $f = f(\mathbf{x}^{(j)})$
   $\mathbf{x}^{(2)} = \mathbf{x}^{(1)} + e \cdot \xi_2 = (0;\ 1) + 0{,}5 \cdot (0;\ 1) = (0;\ 1{,}5)$ $\quad f = f(0;\ 1{,}5) = 6{,}625$
3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($6{,}625 < 3{,}5$ – NIE!), w p. p. wykonaj krok próbny
   w przeciwnym kierunku: $\mathbf{x}^{(j)} = \mathbf{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\mathbf{x}^{(j)})$
   $\mathbf{x}^{(2)} = \mathbf{x}^{(2)} - 2e \cdot \xi_2 = (0;\ 1{,}5) - 2 \cdot 0{,}5 \cdot (0;\ 1) = (0;\ 0{,}5)$ $\quad f = f(0;\ 0{,}5) = 1{,}625$
4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($1{,}625 < 3{,}5$) to podstaw $f^{(0)} = f = 1{,}625$,
5. Jeżeli $j \neq n$ ($2 = 2$), w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne
   $f^{(B)} > f^{(0)}$ $\qquad$ ($3{,}65625 > 1{,}625$)
6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy

Przykład (I etap roboczy)

1. Podstaw:

$$\boldsymbol{x}^{(B0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} = (-0{,}5;\ 1) \qquad\qquad \boldsymbol{x}^{(B)} = \boldsymbol{x}^{(j)} = (0;\ 0{,}5)$$

2. Wykonaj krok roboczy:

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} + (\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}) = 2\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}$$

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = 2\cdot(0;\ 0{,}5) - (-\,0{,}5;1) = (0{,}5;\ 0)$$

3. wróć do etapu próbnego.

Przykład (II etap próbny)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\boldsymbol{x}^{(0)}) = 0{,}40625$,
   $f^{(B)} = f(\boldsymbol{x}^{(B)}) = 1{,}625$
2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j\text{-}1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
   $\boldsymbol{x}^{(1)} = \boldsymbol{x}^{(0)} + e \cdot \xi_1 = (0{,}5;\ 0) + 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (1;\ 0)$ $f = f(1;\ 0) = 2{,}5$
3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($2.5 > 0{,}40625$), w p. p. wykonaj krok próbny w przeciwnym kierunku: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
   $\boldsymbol{x}^{(1)} = \boldsymbol{x}^{(1)} - 2e \cdot \xi_1 = (1;\ 0) - 2 \cdot 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (0;\ 0)$ $f = f(0;\ 0) = 1$
4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($1 > 0{,}40625$), w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$
   $\boldsymbol{x}^{(1)} = \boldsymbol{x}^{(1)} + e \cdot \xi_1 = (0;\ 0) + 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (0{,}5;\ 0)$ $f = f(0{,}5;\ 0) = 0{,}40625$
5. Jeżeli $j \neq n$ ($1 \neq 2$) to $j = j + 1 = 2$ i wróć do kroku 2,

Przykład (II etap próbny)

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(1)} + e \cdot \xi_2 = (0{,}5;\ 0) + 0{,}5 \cdot (0;\ 1) = (0{,}5;\ 0{,}5)$ $\quad f = f(0{,}5;\ 0{,}5) = 0{,}40625$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}40625 = 0{,}40625$), w p. p. wykonaj krok próbny w kierunku przeciwnym: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(2)} - 2e \cdot \xi_2 = (0{,}5;\ 0{,}5) - 2 \cdot 0{,}5 \cdot (0;\ 1) = (0{,}5;\ -0{,}5)$ $\quad f = f(0{,}5;\ -0{,}5) = 1{,}65625$

4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($1{,}65625 > 0{,}40625$), w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(2)} + e \cdot \xi_2 = (0{,}5;\ -0{,}5) + 0{,}5 \cdot (0;\ 1) = (0{,}5;\ 0)$ $\quad f = f(0{,}5;\ 0) = 0{,}40625$

5. Jeżeli $j \neq n$ ($2 = 2$), w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne

   $f^{(B)} > f^{(0)}$ $\quad$ ($1{,}625 > 0{,}40625$)

6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy

Przykład (II etap roboczy)

1. Podstaw:

$$\boldsymbol{x}^{(B0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} = (0;\ 0{,}5) \qquad\qquad \boldsymbol{x}^{(B)} = \boldsymbol{x}^{(j)} = (0{,}5;\ 0)$$

2. Wykonaj krok roboczy:

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} + (\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}) = 2\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}$$

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = 2\cdot(0{,}5;\ 0) - (0;0{,}5) = (1;\ -0{,}5)$$

3. wróć do etapu próbnego.

Przykład (III etap próbny)

1. Podstaw j =1, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\boldsymbol{x}^{(0)}) = 5{,}625$,
   $f^{(B)} = f(\boldsymbol{x}^{(B)}) = 0{,}40625$
2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j\text{-}1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
   $\boldsymbol{x}^{(1)} = \boldsymbol{x}^{(0)} + e \cdot \xi_1 = (1; -0{,}5) + 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (1{,}5; -0{,}5)$ $\quad f = f(1{,}5; -0{,}5) = 19{,}15625$
3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($19{,}15625 > 5{,}625$), w p. p. wykonaj krok próbny w przeciwnym kierunku: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
   $\boldsymbol{x}^{(1)} = \boldsymbol{x}^{(1)} - 2e \cdot \xi_1 = (1{,}5; -0{,}5) - 2 \cdot 0{,}5 \cdot (1;\ 0) = (0{,}5; -0{,}5)$ $\quad f = f(0{,}5; -0{,}5) = 1{,}515625$
4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($1{,}515625 < 5{,}625$) to podstaw $f^{(0)} = f = 1{,}515625$,
5. Jeżeli $j \neq n$ ($1 \neq 2$) to $j = j + 1 = 2$ i wróć do kroku 2,

Przykład (III etap próbny)

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j\text{-}1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(1)} + e \cdot \xi_2 = (0{,}5; -0{,}5) + 0{,}5 \cdot (0; 1) = (0{,}5; 0)$ $\quad f = f(0{,}5; 0) = 0{,}40625$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}40625 < 1{,}515625$), to podstaw

   $f^{(0)} = f = 0{,}40625$ i przejdź do punktu 5

5. Jeżeli $j \neq n$ ($2 = 2$), w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne

   $f^{(B)} > f^{(0)}$ $\quad$ ($0{,}40625 = 0{,}40625$)

6. w p.p.

7. Jeżeli $e > \varepsilon$ ($0{,}5 > 0{,}01$), zmniejsz długość kroku $e = 0{,}5 \cdot 0{,}5 = 0{,}25$, podstaw

   $\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} = (0{,}5; 0)$ i wróć do kroku 1

Przykład (IV etap próbny)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\boldsymbol{x}^{(0)}) = 0{,}40625$,
   $f^{(B)} = f(\boldsymbol{x}^{(B)}) = 0{,}40625$

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$,
   $\boldsymbol{x}^{(1)}=\boldsymbol{x}^{(0)}+e \cdot \xi_1=(0,5;\ 0)+0,25\cdot(1;\ 0)=(0,75;\ 0)$ $\quad f=f(0,75;\ 0)=0,8535$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}8535 > 0{,}40625$) w p. p. wykonaj krok próbny w przeciwnym kierunku: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$
   $\boldsymbol{x}^{(1)}=\boldsymbol{x}^{(1)}-2e\cdot\xi_1=(0,75;\ 0)-2\cdot 0,25\cdot(1;\ 0)=(0,25;\ 0)$ $\quad f = f(0,25;\ 0)=0,5723$

4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}5723 < 0{,}40625$), w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$
   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(2)} + e \cdot \xi_2 = (0,25;\ 0) + 0,25\cdot(1;\ 0) = (0,5;\ 0)$ $\quad f = f(0,5;\ 0) = 0,40625$

5. Jeżeli $j \neq n$ ($1 \neq 2$) to $j = j + 1 = 2$ i wróć do kroku 2,

Przykład (IV etap próbny)

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j-1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)}=\boldsymbol{x}^{(1)}+e\cdot\xi_2=(0,5;0)+0,25\cdot(0;1)=(0,5;0,25)$ $\quad$ $f=f(0,5;0,25)=0,25$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0,25 < 0,40625$), to podstaw $f^{(0)} = f = 0,25$

   i przejdź do punktu 5

5. Jeżeli $j \neq n$ ($2 = 2$), w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne

   $f^{(B)} > f^{(0)}$ $\quad$ ($0,40625 > 0,25$)

6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy

Przykład (III etap roboczy)

1. Podstaw:

$$\boldsymbol{x}^{(B0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} = (0{,}5;\ 0) \qquad \boldsymbol{x}^{(B)} = \boldsymbol{x}^{(j)} = (0{,}5;\ 0{,}25)$$

2. Wykonaj krok roboczy:

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = \boldsymbol{x}^{(B)} + (\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}) = 2\boldsymbol{x}^{(B)} - \boldsymbol{x}^{(B0)}$$

$$\boldsymbol{x}^{(0)} = 2\cdot(0{,}5;\ 0{,}25) - (0{,}5;\ 0) = (0{,}5;\ 0{,}5)$$

3. wróć do etapu próbnego.

Przykład (V etap próbny)

1. Podstaw $j = 1$, oblicz wartości funkcji $f^{(0)} = f(\mathbf{x}^{(0)}) = 0{,}40625$,

   $f^{(B)} = f(\mathbf{x}^{(B)}) = 0{,}25$

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\mathbf{x}^{(j)} = \mathbf{x}^{(j\text{-}1)} + e \cdot \xi_j$ oraz

   oblicz $f = f(\mathbf{x}^{(j)})$,

$\mathbf{x}^{(1)}=\mathbf{x}^{(0)}+e \cdot \xi_1=(0{,}5;\ 0{,}5)+0{,}25\cdot(1;\ 0)=(0{,}75;\ 0{,}5)$ $\quad f=f(0{,}75;\ 0{,}5)=0{,}0723$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}0723 < 0{,}40625$) to podstaw $f^{(0)} = f = 0{,}0723$

   i przejdź do punktu 5,

5. Jeżeli $j \neq n$ ($1 \neq 2$) to $j = j + 1 = 2$ i wróć do kroku 2.

Przykład (V etap próbny)

2. Wykonaj krok próbny w kierunku ξ_j: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j\text{-}1)} + e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)}=\boldsymbol{x}^{(1)}+e\cdot\xi_2=(0{,}75;0{,}5)+0{,}25\cdot(0;1)=(0{,}75;0{,}75)$ $\quad f=f(0{,}75;0{,}75)=0{,}1504$

3. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}1504 > 0{,}0723$), w p. p. wykonaj krok próbny w kierunku przeciwnym: $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} - 2e \cdot \xi_j$ oraz oblicz $f = f(\boldsymbol{x}^{(j)})$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(2)} - 2e \cdot \xi_2 = (0{,}75;\ 0{,}75) - 2\cdot 0{,}25\cdot(0;\ 1) = (0{,}75;\ 0{,}25)$ $\quad f = f(0{,}75;\ 0{,}25) = 0{,}3065$

4. Jeżeli $f < f^{(0)}$ ($0{,}3065 > 0{,}0723$), w p. p. $\boldsymbol{x}^{(j)} = \boldsymbol{x}^{(j)} + e \cdot \xi_j$

   $\boldsymbol{x}^{(2)} = \boldsymbol{x}^{(2)} + e \cdot \xi_2 = (0{,}75;\ 0.25) + 0{,}25\cdot(0;\ 1) = (0{,}75;\ 0{,}5)$ $\quad f = f(0{,}5;\ 0) = 0{,}0723$

5. Jeżeli $j \neq n$ ($2 = 2$), w p. p. zbadaj, czy wystąpiły kroki pomyślne

   $f^{(B)} > f^{(0)}$ $\qquad$ ($0{,}25 > 0{,}0723$)

6. Jeżeli tak, to wykonaj etap roboczy itd…