

1. Naj bo

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & -2 & 0 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}.$$

- (a) Poišči bazo za $V := C(A)^\perp$ in določi njegovo dimenzijo.
 (b) Poišči bazo za $U := C(A^\top)^\perp$ in določi njegovo dimenzijo. Zapiši še matriko P_U pravokotne projekcije na U .

Rešitev: (a) $V = C(A)^\perp = N(A^\top)$, zato $B_V = \{[4, 3, -2]^\top\}$ in $\dim V = 1$.

(b) $U = C(A^\top)^\perp = N(A)$, zato $B_U = \{[-1, 0, 1]^\top\}$ in $\dim U = 1$. $P_U = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$.

2. Dana sta matrika $A = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$ in vektor $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix}$.

- (a) Ali je sistem $A\mathbf{x} = \mathbf{b}$ rešljiv?
 (b) Zapiši vektor $\mathbf{b}$ kot vsoto $\mathbf{b} = \mathbf{b}' + \mathbf{e}$ tako, da bo vektor $\mathbf{b}'$ v $C(A)$, vektor $\mathbf{e}$ pa bo na $C(A)$ pravokoten. Je taka vsota enolična?
 (c) Poišči rešitev sistema $A\mathbf{x} = \mathbf{b}'$.
 (d) Zapiši matriko $P_{C(A)}$ pravokotne projekcije na podprostor $C(A) \subseteq \mathbb{R}^3$.

Rešitev: (a) Ni. (b) $\mathbf{b}' = [4, 2, 3]^\top$, $\mathbf{e} = [-2, 1, 2]^\top$. Vsota $\mathbf{b} = \mathbf{b}' + \mathbf{e}$ je enolična. (c) $\mathbf{x} = [2, -1]^\top$.

(d) $P_{C(A)} = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 5 & 2 & 4 \\ 2 & 8 & -2 \\ 4 & -2 & 5 \end{bmatrix}$.

3. Funkcijo f imamo dano pri petih vrednostih argumenta x :

$$\begin{array}{c|ccccc} x_i & -1 & 0 & 1 & 2 & 4 \\ \hline f(x_i) & -3 & -1 & 1 & 2 & 2 \end{array}.$$

Želimo jo aproksimirati s funkcijo oblike $g(x) = ax + b$.

- (a) Iz enakosti $g(x_i) = f(x_i)$ dobimo (predoločen) sistem linearnih enačb za a in b . Zapiši ta predoločen sistem; $A \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \mathbf{f}$!
 (b) Zapiši pripadajoč normalni sistem; $A^\top A \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = A^\top \mathbf{f}$.
 (c) Določi parametra a in b po metodi najmanjših kvadratov, da bo g najboljša aproksimacija za f pri zgornjih podatkih.

Rešitev: (a) $A = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 2 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$, $\mathbf{f} = \begin{bmatrix} -3 \\ -1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix}$. (b) $A^\top A = \begin{bmatrix} 22 & 6 \\ 6 & 5 \end{bmatrix}$, $A^\top \mathbf{f} = \begin{bmatrix} 16 \\ 1 \end{bmatrix}$.

(c) $a = 1$, $b = -1$, torej $g(x) = x - 1$.

4. Izmerjene vrednosti iz tabele

$$\begin{array}{c|cccc} x & -2 & -1 & 1 & 2 \\ \hline y & 18 & 2 & 4 & 12 \end{array}$$

želimo aproksimirati s funkcijama f in g oblike

$$f(x) = ax^2 + bx + c \text{ in } g(x) = ax^2 + c$$

po linearni metodi najmanjših kvadratov.

- (a) Zapiši pripadajoča predoločena sistema.
- (b) Reši ustrezna normalna sistema.
- (c) Ocení vrednost, ki bi jo izmeril pri $x = 0$.

Rešitev: (a) Za funkcijo f je matrika sistema $A_f = \begin{bmatrix} 4 & -2 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$, za funkcijo g je matrika sistema

$$A_g = \begin{bmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}. \text{ Desna stran je v obeh primerih } \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 18 \\ 2 \\ 4 \\ 12 \end{bmatrix}.$$

(b) Sistem $A_f^T A_f \mathbf{x}_f = A_f^T \mathbf{b}$ ima rešitev $\mathbf{x}_f = [a, b, c]^T = [4, -1, -1]^T$, torej $f(x) = 4x^2 - x - 1$. Sistem $A_g^T A_g \mathbf{x}_g = A_g^T \mathbf{b}$ ima rešitev $\mathbf{x}_g = [a, c]^T = [4, -1]^T$, torej $g(x) = 4x^2 - 1$.

(c) Ocenjena vrednost je vrednost funkcije pri $x = 0$, torej $f(0) = -1$ oziroma $g(0) = -1$.