

# Matematika A2

## 7. gyakorlat megoldása

1. Keressük meg a megadott mátrix (i) sorainak egy bázisát, (ii) oszlopainak egy bázisát, (iii) és határozzuk meg a mátrix rangját!

- (a)  $\begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 2 & -6 \end{bmatrix}$  A feladat megoldásához Gauss-eliminációt végzünk. Ugyanis ennek segítségével megadható az oszlopoknak, a soroknak egy bázisa és a mátrix rangja egyaránt. A Gauss-elimináció során csak a megengedett sorműveleteket végezzük.

$$\begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 2 & -6 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} 1 & -3 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

A második sor csupa 0-ból áll, így a sorok és oszlopok bázisa 1 dimenziós lesz, és a mátrix rangja is 1 lesz. (Rang= lineárisan független oszlopok száma= lineárisan független sorok száma= legnagyobb nem 0 aldetemináns mérete).

A sorok bázisa:  $(1, -3)$ .

Az oszlopok bázisa:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ .

A mátrix rangja: 1.

- (b)  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \end{bmatrix}$

A feladat megoldásához Gauss-eliminációt végzünk. Ugyanis ennek segítségével megadható az oszlopoknak, a soroknak egy bázisa és a mátrix rangja egyaránt. A Gauss-elimináció során csak a megengedett sorműveleteket végezzük.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 2 & 1 & 3 & 4 \end{bmatrix} \sim \dots \sim \begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Mivel nincs a mátrixnak csupa 0 sora, így a sorok és oszlopok bázisa 3 dimenziós lesz, emellett a mátrix rangja is 3.

A sorok bázisa:  $(1, 1, 2, 1), (1, 0, 1, 2), (2, 1, 3, 4)$ .

Az oszlopok bázisa:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 4 \end{pmatrix}$ .

A mátrix rangja: 3.

- (c)  $\begin{bmatrix} 1 & -3 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 6 & 0 & -2 \\ 2 & -3 & -2 & 4 & 4 \\ 3 & -3 & 6 & 6 & 3 \\ 5 & -3 & 10 & 10 & 5 \end{bmatrix}$

A feladat megoldásához Gauss-eliminációt végzünk. Ugyanis ennek segítségével megadható az oszlopoknak, a soroknak egy bázisa és a mátrix rangja egyaránt. A Gauss-elimináció során csak a megengedett sorműveleteket végezzük.

$$\begin{bmatrix} 1 & -3 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 6 & 0 & -2 \\ 2 & -3 & -2 & 4 & 4 \\ 3 & -3 & 6 & 6 & 3 \\ 5 & -3 & 10 & 10 & 5 \end{bmatrix} \sim \dots \sim \begin{bmatrix} 1 & -3 & 2 & 2 & 1 \\ 0 & 3 & 6 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & -12 & 0 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

A kapott mátrixnak van 2 csupa 0 sora, így a sorok és oszlopok bázisa 3 dimenziós lesz, emellett a mátrix rangja is 3.

A sorok bázisa:  $(1, -3, 2, 2, 1), (0, 3, 6, 0, -2), (2, -3, -2, 4, 4)$ .

Az oszlopok bázisa:  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -3 \\ 3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \\ -2 \\ 6 \\ 10 \end{pmatrix}$ .

A mátrix rangja: 3.

2. Keressünk egy olyan részhalmazát az alábbi vektoroknak, amely az öt vektor által kifeszített tér egy bázisát alkotja! Minden vektort írjuk fel a kapott bázis eleminek lineáris kombinációjaként!  $\mathbf{v}_1 = (1, 2, 0, 3), \mathbf{v}_2 = (2, -5, -3, 6), \mathbf{v}_3 = (0, 1, 3, 0), \mathbf{v}_4 = (2, -1, 4, -7), \mathbf{v}_5 = (5, -8, 1, 2)$ . Ezt a feladatot is az előzőhöz hasonlóan Gauss-eliminációval kell megoldanunk. És az így kapott alakból mér egyszerűen meg tudjuk majd adni a bázist.

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 3 \\ 2 & -5 & -3 & 6 \\ 0 & 1 & 3 & 0 \\ 2 & -1 & 4 & -7 \\ 5 & -8 & 1 & 2 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} 1 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & -9 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{8}{3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -13 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Látható tehát, hogy ennek a mátrixnak 4 független sora van, azaz az öt vektor egy négydimenziós teret feszít ki. Tehát a  $v_1, v_2, v_3, v_4$  vektor bázist alkot ebben a térben. De természetesen nem csak ez a vektornégyes a jó választás, hanem a fenti öt vektorból bármely 4 bázist alkot.

A feladat alapján még ki kell fejeznünk a vektorokat a bázis lineáris kombinációjaként:

$v_1, v_2, v_3, v_4$  bázis esetén  $v_5 =$

$v_1, v_2, v_3, v_5$  bázis esetén  $v_4 =$

$v_1, v_2, v_5, v_4$  bázis esetén  $v_3 =$

$v_1, v_5, v_3, v_4$  bázis esetén  $v_2 =$

$v_5, v_2, v_3, v_4$  bázis esetén  $v_1 =$

3. Keressünk egy csak sorvektorokból álló bázisát a sortérnek, és egy csak oszlopvektorokból álló bázisát az oszloptérnek.

(a)  $\begin{bmatrix} 1 & -2 & -4 & 3 \\ -3 & 6 & 12 & -9 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{bmatrix}$  Ezt a feladatot is az eddigiekhez hasonlóan Gauss-eliminációval oldjuk meg. Ugyanis ekkor meg tudjuk állapítani a sor illetve oszloptér dimenzióját, így meg tudjuk állapítani a bázist is.

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & -4 & 3 \\ -3 & 6 & 12 & -9 \\ 1 & 0 & 1 & 3 \end{bmatrix} \sim \dots \sim \begin{bmatrix} 1 & -2 & -4 & 3 \\ 0 & 12 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$

Látható, hogy a mátrixnak nincs csupa 0 sora vagy oszlopa, így a sorok és oszlopok terének dimenziója 3. Így 3 elemű bázist kell kijelölni. Egyedül az oszloptérben van választásunk. Itt arra kell figyelni, hogy a kiválasztott 3 vektor ne legyen összefüggő. az utolsó oszlop az elsőnek 3-szorosa, így ez a két vektor nem kerülhet bele egyszerre az oszloptér bázisába.

Sortér bázisa:  $(1, -2, -4, 3), (-3, 6, 12, -9), (1, 0, 1, 3)$ .

Oszloptér bázisa:  $\begin{pmatrix} 1 \\ -3 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -2 \\ 6 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -4 \\ 12 \\ 1 \end{pmatrix}$ .

(b)  $\begin{bmatrix} 2 & -4 & 6 & 8 \\ 2 & -1 & 3 & -5 \\ 4 & -5 & 9 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & -2 \end{bmatrix}$  Ezt a feladatot is az eddigiekhez hasonlóan Gauss-eliminációval oldjuk meg. Ugyanis ekkor meg tudjuk állapítani a sor illetve oszloptér dimenzióját, így meg tudjuk

állapítani a bázist is.

$$\begin{bmatrix} 2 & -4 & 6 & 8 \\ 2 & -1 & 3 & -5 \\ 4 & -5 & 9 & 3 \\ 0 & 1 & 1 & -2 \end{bmatrix} \sim \dots \sim \begin{bmatrix} 2 & -4 & 6 & 8 \\ 0 & 3 & -3 & -13 \\ 0 & 0 & 2 & \frac{7}{3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Látható tehát, hogy a mátrixnak van csupa 0 sora. Tehát a sorok és az oszlopok terének dimenziója 3. Így 3 elemű bázist kell kijelölni. Itt bármely olyan 3 három sor v. oszlopvektor jó lesz, amelyek függetlenek. Az első három sor nem lesz megfelelő, ugyanis az első és második sor összege kiadja a harmadik sort, így ezek nem lehetnek egyszerre a bázisban. Oszlopok esetében sem választhatom az első három oszlopot, ugyanis az első és második oszlop különbsége kiadja a harmadik oszlopot, így ez a három oszlop nem lehet benne egyszerre a bázisban

Sortér bázisa:  $(2, -4, 6, 8), (2, -1, 3, -5), (0, 1, 1, -2)$

Oszloptér bázisa:  $\left( \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ 9 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 8 \\ -5 \\ 3 \\ -2 \end{pmatrix} \right).$

4. Az alább megadott információk alapján határozzuk meg, hogy az  $A\mathbf{x} = \mathbf{b}$  lineáris egyenletrendszernek hány megoldása van, és hogy a megoldásoknak hány paramétere van!

	$A$ mérete	$A$ rangja	$[A b]$ rangja
(a)	$3 \times 3$	3	3
(b)	$3 \times 3$	2	3
(c)	$3 \times 3$	1	1
(d)	$5 \times 9$	2	2
(e)	$5 \times 9$	2	3
(f)	$4 \times 4$	0	0
(g)	$6 \times 2$	2	2

Egy tétel alapján tudjuk meghatározni a megoldások és így a paraméterek számát is.

(a) részben az eredeti mátrix rangja = kibővített mátrix rangja = ismeretlenek száma = 3. Ebből azt állapíthatjuk meg, hogy az egyenletrendszer megoldása egyértelmű, azaz 1 megoldás létezik csupán és nincs szabad paraméter.

(b) részben az eredeti mátrix rangja  $\neq$  kibővített mátrix rangja. Azaz ennek az egyenletrendszernek nem lesz megoldása, mivel a két rang egyenlősége a megoldhatóság szükséges feltétele.

(c) részben eredeti mátrix rangja = kibővített mátrix rangja < ismeretlenek száma. Ebből azt állapíthatjuk meg, hogy ez egyenletrendszernek végtelen sok megoldása van és a szabad paraméterek száma  $3 - 1 = 2$ .

(d) részben eredeti mátrix rangja = kibővített mátrix rangja < ismeretlenek száma. Ebből azt állapíthatjuk meg, hogy ez egyenletrendszernek végtelen sok megoldása van és a szabad paraméterek száma  $9 - 2 = 7$

(e) részben részben az eredeti mátrix rangja  $\neq$  kibővített mátrix rangja. Azaz ennek az egyenletrendszernek nem lesz megoldása, mivel a két rang egyenlősége a megoldhatóság szükséges feltétele.

(f) részben

(g) részben az eredeti mátrix rangja = kibővített mátrix rangja = ismeretlenek száma = 2. Ebből azt állapíthatjuk meg, hogy az egyenletrendszer megoldása egyértelmű, azaz 1 megoldás létezik csupán és nincs szabad paraméter.

Megjegyzés: az ismeretlenek száma = oszlopok száma.

5. Legyen  $\mathbf{p} = a_0 + a_1x + a_2x^2$  és  $\mathbf{q} = b_0 + b_1x + b_2x^2$  a  $P_2$  tér két vektora. Igazoljuk, hogy a  $\langle \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle = a_0b_0 + a_1b_1 + a_2b_2$  képlettel definiált művelet tényleg skaláris szorzat (belső szorzat) a  $P_2$  téren!

Ahhoz, hogy ez tényleg skaláris szorzat, ahhoz ellenőriznünk kell a tulajdonságait.

(a) linearitás:  $\langle \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2, \mathbf{q} \rangle = \langle \mathbf{p}_1, \mathbf{q} \rangle + \langle \mathbf{p}_2, \mathbf{q} \rangle$

$$\langle \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2, \mathbf{q} \rangle = (a_0 + A_0)b_0 + (a_1 + A_1)b_1 + (a_2 + A_2)b_2 =$$

$$(a_0b_0 + a_1b_1 + a_2b_2) + (A_0b_0 + A_1b_1 + A_2b_2) = \langle \mathbf{p}_1, \mathbf{q} \rangle + \langle \mathbf{p}_2, \mathbf{q} \rangle$$

Tehát ez a tulajdonság rendben van.

- (b) konstansszoros:  $\langle \lambda \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle = \lambda \langle \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle$

$$\langle \lambda \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle = \lambda a_0 b_0 + \lambda a_1 b_1 + \lambda a_2 b_2 = \lambda (a_0 b_0 + a_1 b_1 + a_2 b_2) = \lambda \langle \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle$$

Tehát ez a tulajdonság is rendben van.

- (c) szimmetrikusság:  $\langle \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle = \langle \mathbf{q}, \mathbf{p} \rangle$

$$\langle \mathbf{p}, \mathbf{q} \rangle = a_0 b_0 + a_1 b_1 + a_2 b_2 = b_0 a_0 + b_1 a_1 + b_2 a_2 = \langle \mathbf{q}, \mathbf{p} \rangle$$

Ez is teljesül.

- (d) pozitivitás:  $\langle \mathbf{p}, \mathbf{p} \rangle \geq 0$ ,  $\langle \mathbf{p}, \mathbf{p} \rangle = 0$  akkor és csak akkor, ha  $\mathbf{p} = 0$

$$\langle \mathbf{p}, \mathbf{p} \rangle = a_0^2 + a_1^2 + a_2^2 \geq 0$$

A fenti egyenlőtlenség azért teljesül, mivel négyzetszámokat adunk össze, amik mindig nem negatívak, és csak akkor egyenlő a fenti összeg nullával, ha  $a_0 = a_1 = a_2 = 0$ . Azaz a nullpolinomról van szó, azaz  $\mathbf{p} = 0$ .

6. Legyen  $\mathbf{u} = (u_1, u_2, u_3)$  és  $\mathbf{v} = (v_1, v_2, v_3)$ . Határozzuk meg, hogy a következők közül melyek skalár szorzatok az  $R^3$ -on

A feladat megoldásához ellenőriznünk kell a skaláris szorzat fenti tulajdonságainak teljesülését.

- (a)  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = u_1 v_1 + u_3 v_3$

Ez skaláris szorzat lesz, a fentiekhez hasonlóan vezethető le, és minden tulajdonság teljesül majd.

- (b)  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = u_1^2 v_1^2 + u_2^2 v_2^2 + u_3^2 v_3^2$

Ez sajnos nem lesz skaláris szorzat, mivel a linearitás nem teljesül rá. Ugyanis:

$$\langle \mathbf{u}_1 + \mathbf{u}_2, \mathbf{v} \rangle = (u_1 + U_1)^2 v_1^2 + (u_2 + U_2)^2 v_2^2 + (u_3 + U_3)^2 v_3^2 \neq (u_1^2 v_1^2 + u_2^2 v_2^2 + u_3^2 v_3^2) + (U_1^2 v_1^2 + U_2^2 v_2^2 + U_3^2 v_3^2)$$

A fenti egyenlőség azért nem áll fent, mivel két tag négyzete három tagból áll, így nem egy kéttagú összeget kapnánk hanem háromtagút. Azaz nem teljesül már a skaláris szorzat első tulajdonsága sem, így a fent definiált kifejezés NEM skaláris szorzat.

- (c)  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = 2u_1 v_1 + u_2 v_2 + 4u_3 v_3$

Ez skaláris szorzat lesz, a fentiekhez hasonlóan vezethető le, és minden tulajdonság teljesül majd.

- (d)  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = u_1 v_1 - u_2 v_2 + u_3 v_3$

lesz skaláris szorzat Ez sajnos nem lesz skaláris szorzat. A 4. tulajdonság a pozitivitás nem teljesül rá minden esetben. Például  $u = (1, 2, 1)$  esetén  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{u} \rangle = 1 - 4 + 1 = -2 < 0$ . Tehát ez emiatt nem lesz skaláris szorzat.

7. Igazoljuk, hogy ha  $\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle$  euklideszi skalár szorzat  $R^n$ -en és  $A$  pedig egy  $n \times n$ -es mátrix, akkor

$$\langle \mathbf{u}, A\mathbf{v} \rangle = \langle A^T \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle$$

8. A  $2\pi$  szerint periódikus integrálható függvények terén tekintsük a következő műveletet:

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} f(x)g(x)dx$$

, ahol  $\mathbf{f} = f(x)$ , és  $\mathbf{g} = g(x)$ . Igazoljuk, hogy ez a művelet valóban skalár szorzás! Számítsuk ki a  $\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle$  értékét!

Először is igazolnunk kell, hogy a fent definiált művelet valóban skaláris szorzás, azaz teljesül rá az a bizonyos 4 tulajdonság.

(i) linearitás:  $\langle \mathbf{f}_1 + \mathbf{f}_2, \mathbf{g} \rangle = \langle \mathbf{f}_1, \mathbf{g} \rangle + \langle \mathbf{f}_2, \mathbf{g} \rangle$

Ez a tulajdonság teljesül az integrálás linearitása miatt. Ugyanis:

$$\langle \mathbf{f}_1 + \mathbf{f}_2, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} (f_1(x) + f_2(x))g(x)dx = \int_0^{2\pi} f_1(x)g(x)dx + \int_0^{2\pi} f_2(x)g(x)dx = \langle \mathbf{f}_1, \mathbf{g} \rangle + \langle \mathbf{f}_2, \mathbf{g} \rangle$$

(ii) skalárszorítás:  $\langle \lambda \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \lambda \langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle$

Ez is teljesül a konstans kiemelhetősége miatt. Ugyanis:

$$\langle \lambda \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} \lambda f(x)g(x)dx = \lambda \int_0^{2\pi} f(x)g(x)dx = \lambda \langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle$$

(iii) szimmetrikusság:  $\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \langle \mathbf{g}, \mathbf{f} \rangle$

Ez is teljesül, ugyanis:

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} f(x)g(x)dx = \int_0^{2\pi} g(x)f(x)dx = \langle \mathbf{g}, \mathbf{f} \rangle$$

(iv) pozitívítás:  $\langle \mathbf{f}, \mathbf{f} \rangle \geq 0$

Ez is teljesül, mivel pozitív függvény integráljának értéke is pozitív. És csak akkor egyenlő 0-val, ha a 0 függvény integráljuk. De ez csak abban az esetben áll fenn, ha  $f(x) = 0$ .

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{f} \rangle = \int_0^{2\pi} f^2(x)dx \geq 0$$

A feladat következő részében csak ki kell számolni a megfelelő integrálokat.

(a)  $\mathbf{f} = \cos x$ ,  $\mathbf{g} = \sin x$

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} \cos x \sin x dx = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \sin 2x = \frac{1}{2} \left[ -\frac{\cos 2x}{2} \right]_0^{2\pi} = 0$$

(b)  $\mathbf{f} = \cos kx$ ,  $\mathbf{g} = \sin lx$ , ahol  $k$  és  $l$  egész számok

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} \cos kx \sin lx dx = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \sin(l+k)x + \sin(l-k)x dx = \dots = 0$$

Az integrál meghatározásánál használtuk az ismert trigonometrikus azonosságot.

(c)  $\mathbf{f} = \tan \frac{x}{8}$ ,  $\mathbf{g} = 1$

$$\langle \mathbf{f}, \mathbf{g} \rangle = \int_0^{2\pi} \tan \frac{x}{8} dx = \int_0^{2\pi} \frac{\sin \frac{x}{8}}{\cos \frac{x}{8}} = \left[ -8 \ln \cos \frac{x}{8} \right]_0^{2\pi} = 4 \ln 2$$

9. Az 5. feladatban megadott skaláris szorzattal számítsuk ki  $\|\mathbf{p}\|$ -t!

Egy adott kifejezés normáját a skaláris szorzat segítségével a következő módon számoljuk ki:  $\|\mathbf{p}\| = \sqrt{\langle \mathbf{p}, \mathbf{p} \rangle}$ . Ezt használjuk a feladat megoldásában.

(a)  $\mathbf{p} = -1 + 2x + x^2$

$$\|\mathbf{p}\| = \sqrt{(-1)^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{6}$$

(b)  $\mathbf{p} = 3 - 4x^2$

$$\|\mathbf{p}\| = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5$$

10. Legyen  $\mathbf{u} = (3, 0, 1, 2)$ ,  $\mathbf{v} = (-1, 2, 7, -3)$ , és  $\mathbf{w} = (2, 0, 1, 1)$ . Számítsuk ki az alábbi kifejezéseket! Itt is az előbb megismert képletet fogjuk használni, illetve azt amit a vektorokkal kapcsolatos műveletekről tudunk.

(a)  $\|\mathbf{u} + \mathbf{v}\|$

$$\mathbf{u} + \mathbf{v} = (2, 2, 8, -1)$$
$$\|\mathbf{u} + \mathbf{v}\| = \sqrt{4 + 4 + 64 + 1} = \sqrt{73}$$

(b)  $\|\mathbf{u}\| + \|\mathbf{v}\|$

$$\|\mathbf{u}\| = \sqrt{9 + 0 + 1 + 4} = \sqrt{14}$$
$$\|\mathbf{v}\| = \sqrt{1 + 4 + 49 + 9} = \sqrt{63}$$
$$\|\mathbf{u}\| + \|\mathbf{v}\| = \sqrt{14} + \sqrt{63}$$

(c)  $\| -2\mathbf{u}\| + 2\|\mathbf{v}\|$

$$\| -2\mathbf{u}\| = \sqrt{36 + 0 + 4 + 16} = \sqrt{56}$$
$$\| -2\mathbf{u}\| + 2\|\mathbf{v}\| = \sqrt{56} + 2\sqrt{63}$$

(d)  $\|3\mathbf{u} - 5\mathbf{v} + \mathbf{w}\|$

$$3\mathbf{u} - 5\mathbf{v} + \mathbf{w} = (15, -10, -31, 22)$$
$$\|3\mathbf{u} - 5\mathbf{v} + \mathbf{w}\| = \sqrt{15^2 + (-10)^2 + (-31)^2 + 22^2}$$

(e)  $\frac{1}{\mathbf{w}}\mathbf{w}$

(f)  $\left\| \frac{1}{\mathbf{w}}\mathbf{w} \right\|$

11. Írjuk fel az  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$  vektorok közötti euklideszi távolságot!

A feladat megoldása során a következőt használjuk. Az  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$  vektorok közötti euklideszi távolság a következő módon számolható:  $\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\|$

(a)  $\mathbf{u} = (2, -1)$ ;  $\mathbf{v} = (3, 2)$

$$\mathbf{u} - \mathbf{v} = (-1, -3)$$
$$\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\| = \sqrt{1 + 9} = \sqrt{10}$$

(b)  $\mathbf{u} = (1, 1, -1)$ ;  $\mathbf{v} = (2, 6, 0)$

$$\mathbf{u} - \mathbf{v} = (-1, -5, -1)$$
$$\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\| = \sqrt{1 + 25 + 1} = \sqrt{27}$$

(c)  $\mathbf{u} = (2, 0, 1, 3)$ ;  $\mathbf{v} = (-1, 4, 6, 6)$

$$\mathbf{u} - \mathbf{v} = (3, -4, -5, -3)$$
$$\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\| = \sqrt{9 + 16 + 25 + 9} = \sqrt{59}$$

(d)  $\mathbf{u} = (6, 0, 1, 3, 0)$ ;  $\mathbf{v} = (-1, 4, 2, 8, 3)$

$$\mathbf{u} - \mathbf{v} = (7, -4, -1, -5, -3)$$
$$\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\| = \sqrt{49 + 16 + 1 + 25 + 9} = \sqrt{100} = 10$$

12. Igazoljuk az

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = \frac{1}{4}\|\mathbf{u} + \mathbf{v}\|^2 - \frac{1}{4}\|\mathbf{u} - \mathbf{v}\|^2$$

egyenlőséget bármely  $R^n$ -beli  $\mathbf{u}$ ,  $\mathbf{v}$  vektorokra!

Az egyenlőség igazolásánál csupán a norma és skaláris szorzat közötti kapcsolatot kell használni. Emellett a skaláris szorzat linearitását kell használni.

13. Határozzuk meg, hogy a megadott vektorok merőlegesek-e egymásra az euklideszi skaláris szorzat szerint!

Két vektor akkor merőleges egymásra, ha az euklideszi skaláris szorzatuk 0. Ezt kell tehát ellenőriznünk minden esetben.

(a)  $\mathbf{u} = (-1, 2, 4)$ ,  $\mathbf{v} = (2, 3 - 1)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = -2 + 6 - 4 = 0$$

Tehát ez a két vektor merőleges egymásra.

(b)  $\mathbf{u} = (1, 1, 1)$ ,  $\mathbf{v} = (-1, -1, -1)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = -1 - 1 - 1 = -3$$

Tehát ez a két vektor nem merőleges egymásra.

(c)  $\mathbf{u} = (a, b, c)$ ,  $\mathbf{v} = (0, 0, 0)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = 0 + 0 + 0 = 0$$

Minden a,b,c paraméter esetén merőleges lesz egymásra a két vektor.

(d)  $\mathbf{u} = (-2, 3, -5, 1)$ ,  $\mathbf{v} = (2, 1, -2, -9)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = -4 + 3 + 10 - 9 = 0$$

Tehát a két vektor merőleges egymásra.

(e)  $\mathbf{u} = (0, -1, 2, 5)$ ,  $\mathbf{v} = (1, -2, 3, 0)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = 0 + 2 + 6 + 0 = 8$$

Tehát ez a két vektor nem merőleges egymásra.

(f)  $\mathbf{u} = (a, b)$ ,  $\mathbf{v} = (-b, a)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = -ab + ab = 0$$

Tehát ez a két vektor is merőleges egymásra bármely a,b paraméter esetén.

14. Tekintsük  $R^3$ -on az euklideszi skalár szorzatot. Milyen  $k$  értékek mellett merőleges egymásra  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$ ?

Ebben a feladatban is a fenti feltételt kell ellenőrizni. Azon  $k$  paramétereket keressük, amelyek esetén a két vektor euklideszi skaláris szorzata 0.

(a)  $\mathbf{u} = (2, 1, 3)$ ,  $\mathbf{v} = (1, 7, k)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = 2 + 7 + 3k = 0, \quad k = -3$$

Tehát  $k = -3$  esetén a két vektor merőleges egymásra.

(b)  $\mathbf{u} = (k, k, 1)$ ,  $\mathbf{v} = (k, 5, 6)$

$$\langle \mathbf{u}, \mathbf{v} \rangle = k^2 + 5k + 6 = 0, \quad k_1 = 2, k_2 = 3$$

Tehát  $k_1 = 2$  és  $k_2 = 3$  esetén lesz merőleges egymásra a két vektor.