# אלגברה ליניארית

## פרק 2 - מטריצות

### תוכן העניינים

1. מטריצות ..... 1
2. המטריצה ההופכית ..... 3
3. מטריצה אלמנטרית ..... 7
4. פירוק LU ..... 9
5. בחזרה למערכת משוואות ליניארית ..... 10
6. מטריצות סימטריות ומטריצות אנטי-סימטריות ..... 15
7. דרגה של מטריצה ..... 16
8. רגרסיה לינארית ..... 19

# מטריצות

## שאלות

**1)** נתונות המטריצות הבאות: $A_{4\times6},\ B_{4\times6},\ C_{6\times2},\ D_{4\times2},\ E_{6\times4}$.
קבע אילו מבין המטריצות הבאות מוגדרות.
במידה והמטריצה מוגדרת, רשום את סדר המטריצה:

| | | | |
|---|---|---|---|
| א. $A+B$ | ב. $AB$ | ג. $AC-D$ | ד. $AE-B$ |
| ה. $B+AB$ | ו. $E(B+A)$ | ז. $(E+A^T)D$ | ח. $E^TB$ |
| ט. $E(AC)$ | י. $E(B-A)$ | | |

**2)** מצא את $x,y,z$, אם ידוע כי: $\begin{pmatrix} x+2y & 3x-2y \\ 2x-5y & 2x+8y \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 2-2z & 5+z \\ -4-3z & -12z \end{pmatrix}$.

בשאלות **3-8** נתונות המטריצות הבאות:

$$A=\begin{pmatrix} 4 & 0 \\ 1 & 2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix} 4 & 1 \\ 0 & -2 \end{pmatrix},\ C=\begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \end{pmatrix},\ D=\begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 1 & 0 & -1 \\ 4 & 2 & 10 \end{pmatrix},$$

$$E=\begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 4 & 1 & -1 \end{pmatrix},\quad I_2=\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix},\ I_3=\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

חשב (במידה וניתן):

**3)** א. $E+D$ ב. $E-D+I_3$

ג. $5C$ ד. $2D+4EI_3$

**4)** $2tr\left(D^2-2E\right)$

**5)** א. $4C^T+A$ ב. $\frac{1}{2}A^T+\frac{1}{4}C$

**6)** $I_2BC$

**7)** $tr\left(C^TC\right)$

**8)** $DABC$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

1) א. $4\times6$ ב. לא. ג. $4\times2$ ד. לא. ה. לא
ו. $6\times6$ ז. $6\times2$ ח. לא. ט. $6\times4$ י. $6\times6$

2) $(x,y,z)=(2,1,-1)$

3) א. $\begin{pmatrix}5&5&3\\0&0&0\\8&3&9\end{pmatrix}$ ב. $\begin{pmatrix}4&-3&-1\\-2&1&2\\0&-1&-10\end{pmatrix}$ ג. $\begin{pmatrix}5&20&10\\20&5&25\end{pmatrix}$
ד. $\begin{pmatrix}18&12&8\\-2&0&2\\24&8&16\end{pmatrix}$

4) 230

5) א. $\begin{pmatrix}8&16\\17&6\\7&21\end{pmatrix}$ ב. $\begin{pmatrix}2.25&1.5&0\\1&1.25&1.75\end{pmatrix}$

6) $\begin{pmatrix}8&17&13\\-8&-2&-10\end{pmatrix}$

7) 63

8) $\begin{pmatrix}-32&82&-22\\48&87&75\\-48&108&-36\end{pmatrix}$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# המטריצה ההופכית

## שאלות

בשאלות **1-9** מצא את ההפוכה של כל מטריצה.
בדוק תשובתך על ידי כפל מטריצות מתאים.

**1)** $\begin{pmatrix}1&2\\3&4\end{pmatrix}$ **2)** $\begin{pmatrix}5&2\\7&3\end{pmatrix}$ **3)** $\begin{pmatrix}4&1.5\\2&1\end{pmatrix}$

**4)** $\begin{pmatrix}1&0&2\\4&-1&8\\2&1&3\end{pmatrix}$ **5)** $\begin{pmatrix}2&1&1\\0&2&-1\\5&2&3\end{pmatrix}$ **6)** $\begin{pmatrix}2&-1&1\\3&-2&2\\5&-3&4\end{pmatrix}$

**7)** $\begin{pmatrix}1&0&0&0\\1&2&0&0\\1&2&3&0\\1&2&3&4\end{pmatrix}$ **8)** $\begin{pmatrix}1&4&2&4\\1&2&-1&0\\0&1&1&1\\1&3&-1&-2\end{pmatrix}$ **9)** $\begin{pmatrix}1&1&0&1\\4&2&2&3\\2&-1&2&-1\\4&0&2&-2\end{pmatrix}$

**10)** עבור אילו ערכים של הקבוע $k$ המטריצה הבאה: $\begin{pmatrix}1&-1&1\\5&-7&k^2+3\\3&-1&k+3\end{pmatrix}$ <u>הפיכה</u>?

**11)** עבור אילו ערכים של הקבוע $k$ המטריצה $\begin{pmatrix}1&1&1&1&k\\1&1&1&k&1\\1&1&k&1&1\\1&k&1&1&1\\k&1&1&1&1\end{pmatrix}$ <u>איננה</u> הפיכה?

הנח שהמטריצות בשאלות **12-14** הן הפיכות מסדר $n$, וחלץ את $X$:

**12)** א. $AXC=D$ ב. $A^{-1}XC=A^{-1}DC$ ג. $P^{-1}X^TP=A$

**13)** א. $C^{-1}(A+X)D^{-2}=I$ ב. $(A-AX)^{-1}=X^{-1}C$

**14)** $ABC^TX^{-1}BA^TC=AB^T$

**15)** נתון $B=\begin{pmatrix}1&2\\4&9\end{pmatrix}$.

חשב את $X$, אם ידוע כי $B^2X\left(2B\right)^{-1}=B+I$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**16)** נתון $B^{-1}=\begin{pmatrix}1&0&2\\4&-1&8\\2&1&3\end{pmatrix}$. חשב את $Y$, אם ידוע כי $BYB^T=B^{-1}+B$.

**17)** נתון $A^{-1}=\begin{pmatrix}2&3\\4&7\end{pmatrix}$.

חשב את $B$, אם נתון בנוסף כי: $5A^TB(I+2A)^{-2}=(7A)^{-2}$.

**18)** ענה על הסעיפים הבאים:

א. נתון: $A$ מטריצה ריבועית המקיימת $A^2-5A-2I=0$.

הוכח כי $A$ הפיכה ובטא את $A^{-1}$ במונחי $A$ ו- $I$.

ב. נתון: $A$ מטריצה ריבועית המקיימת $(A-3I)(A+2I)=0$.

הוכח כי $A$ הפיכה ובטא את $A^{-1}$ במונחי $A$ ו- $I$.

**19)** נתון כי: $p(x)=x^3-4x^2-20x+48$, $A=\begin{pmatrix}-1&3&0\\3&-1&0\\-2&-2&6\end{pmatrix}$.

א. חשב את $p(A)$.

ב. בעזרת תוצאת סעיף א (ולא בדרך אחרת), הוכח ש-$A$ הפיכה, ובטא את $A^{-1}$ בעזרת $A$ ו- $I$ בלבד.

**20)** נתון כי $A$ מטריצה ריבועית המקיימת $A^4=0$.

א. הוכח כי $A$ לא הפיכה.

ב. הוכח כי המטריצה $I-A$ הפיכה, ומצא את ההופכית שלה.

**21)** נתון: $\begin{cases}P^{-1}AP=B\\Q^{-1}BQ=C\end{cases}$.

הוכח כי קיימת מטריצה הפיכה $D$, כך ש-$D^{-1}AD=C$.

* הנח שכל המטריצות הנתונות ריבועיות, מאותו סדר והפיכות.

** לסטודנטים המכירים את המושג **דמיון מטריצות**, ניתן לנסח את השאלה כך:

הוכח: אם $A$ דומה ל-$B$ ו-$B$ דומה ל-$C$, אז $A$ דומה ל-$C$.

(כלומר יחס הדמיון הוא יחס טרנזיטיבי)


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**22)** תהיינה $A,B$ מטריצות ריבועיות ממשיות מסדר $n\geq 2$.
הוכח או הפרך כל אחת מהטענות הבאות:

א. $AB=BA$.

ב. אם $A^2-AB=I_n$, אז בהכרח $B$ הפיכה.

ג. אם $A^2-AB=I_n$, אז בהכרח $A$ הפיכה.

ד. אם $(AB)^{100}=I$, אז בהכרח $(BA)^{100}=I$.

ה. אם $(AB)^{100}=0$, אז בהכרח $(BA)^{101}=0$.

**23)** תהיינה $A,B$ מטריצות מסדר $n\times n$, עבורן $A^2+AB=I$.

א. הוכיחו ש-$AB=BA$.

ב. אם נתון בנוסף ש-$B^2+BA$ היא מטריצת האפס,
הוכיחו שגם $B$ היא מטריצת האפס.

**24)** תהיינה $A,B$ מטריצות כלשהן.
הוכח או הפרך את הטענות הבאות:

א. אם $AB=I$ אז $B=A^{-1}$.

ב. אם המכפלה $AB$ היא מטריצה ריבועית, אזי $A,B$ מטריצות ריבועיות.

ג. אם המכפלה $AB$ היא מטריצה הפיכה, אזי $A,B$ מטריצות ריבועיות.

ד. המכפלה $AB$ לא הפיכה.

ה. אם $A$ מטריצה ריבועית והמכפלה $AB$ מוגדרת, אזי $B$ מטריצה ריבועית.

**25)** מטריצה ריבועית $A$ תיקרא אידמפוטנטית אם $A^2=A$.
הוכח:

א. למעט המקרה בו $A=I$, מטריצה אידמפוטנטית היא לא הפיכה.

ב. אם נחסר מטריצה אידמפוטנטית ממטריצת היחידה נקבל מטריצה אידמפוטנטית.

ג. אם $A$ מטריצה אידמפוטנטית ריבועית מסדר 2,
אז $tr(A)=1$ או ש-$A$ מטריצה אלכסונית.

ד. $A$ אידמפוטנטית $\Leftrightarrow$ $A^n=A$, לכל $n$ טבעי.

**הערה:** בפרק 3 (דטרמיננטות) תמצא שאלות נוספות הנוגעות למטריצה ההפוכה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

**1)** $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1.5 & -0.5 \end{pmatrix}$

**2)** $\begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -7 & 5 \end{pmatrix}$

**3)** $\begin{pmatrix} 1 & -1.5 \\ -2 & 4 \end{pmatrix}$

**4)** $\begin{pmatrix} -11 & 2 & 2 \\ 4 & -1 & 0 \\ 6 & -1 & -1 \end{pmatrix}$

**5)** $\begin{pmatrix} 8 & -1 & -3 \\ -5 & 1 & 2 \\ -10 & 1 & 4 \end{pmatrix}$

**6)** $\begin{pmatrix} 2 & -1 & 0 \\ 2 & -3 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$

**7)** $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{pmatrix}$

**8)** $\begin{pmatrix} 7 & -10 & -20 & 4 \\ -2 & 3 & 6 & -1 \\ 3 & -5 & -8 & 2 \\ -1 & 2 & 3 & -1 \end{pmatrix}$

**9)** $\begin{pmatrix} 7 & -2 & 3 & -1 \\ -10 & 3 & -5 & 2 \\ -10 & 3 & -4 & 1.5 \\ 4 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$

**10)** $k \neq 1,\ k \neq -2$

**11)** $k = 1,\ k = -4$

**12)** א. $A^{-1}DC^{-1}$ ב. $D$ ג. $\left(P^{-1}\right)^T A^T P^T$

**13)** א. $CD^2 - A$ ב. $\left(A + C^{-1}\right)^{-1} A$

**14)** $BA^T C(B^{-1})^T BC^T$

**15)** $X = 4\begin{pmatrix} 5 & -1 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$

**16)** $Y = \begin{pmatrix} 22 & 86 & 38 \\ 64 & 246 & 114 \\ 60 & 238 & 100 \end{pmatrix}$

**17)** $B = \frac{1}{245}\begin{pmatrix} 264 & 450 \\ 448 & 768 \end{pmatrix}$

**18)** א. $A^{-1} = 0.5A - 2.5I$ ב. $A^{-1} = \frac{1}{6}A - \frac{1}{6}I$

**19)** א. $f(B) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ ב. $B^{-1} = -\frac{1}{48}B^2 + \frac{1}{12}B + \frac{5}{12}I$

**20)** א. הוכחה. ב. $(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3$

**21)** הוכחה.

**22)** הוכחה.

**23)** הוכחה.

**24)** הוכחה.

**25)** הוכחה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# מטריצה אלמנטרית

## שאלות

**1)** רשום את המטריצה $A=\begin{pmatrix}1 & 2\\ 3 & 4\end{pmatrix}$ כמכפלה של מטריצות אלמנטריות.

**2)** רשום את המטריצה $A=\begin{pmatrix}1 & -1 & -1\\ 3 & -4 & -2\\ 2 & -3 & -2\end{pmatrix}$ כמכפלה של מטריצות אלמנטריות.

**3)** הוכח או הפרך כל אחד מסעיפים א-ד.
נתון כי $A$ מטריצה ריבועית, ו-$B$ מתקבלת מ-$A$ ע"י סדרת פעולות דירוג.
ע"י הפעלת אותה סדרה של פעולות תתקבל גם:

א. $B^2$ מ-$A^2$.

ב. $BA$ מ-$A^2$.

ג. $B^2$ מ-$BA$.

ד. $B^2$ מ-$AB$.

**4)** תהי $A\in M_3[R]$, כך שסכום איברי השורה הראשונה שלה הוא 4, סכום איברי השורה השנייה שלה הוא 1 וסכום איברי השורה השלישית שלה הוא 10.

נגדיר את המטריצות האלמנטריות $E_1=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ -4 & 0 & 1\end{pmatrix}$, $E_2=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & 3 & 1\end{pmatrix}$.

למה שווה סכום איברי השורה השלישית במטריצה $E_2E_1A$?

**פתור בשתי דרכים:**
**דרך א'** – בעזרת תכונות המטריצה האלמנטרית.
**דרך ב'** – בעזרת כפל מטריצות.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

**1)** $\underbrace{\begin{pmatrix}1&0\\3&1\end{pmatrix}}_{e_1}\underbrace{\begin{pmatrix}1&-1\\0&1\end{pmatrix}}_{e_2}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0\\0&-2\end{pmatrix}}_{e_3}=\underbrace{\begin{pmatrix}1&2\\3&4\end{pmatrix}}_{A}$

**2)** $\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\3&1&0\\0&0&1\end{pmatrix}}_{e_1}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\2&0&1\end{pmatrix}}_{e_2}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&1&1\end{pmatrix}}_{e_3}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&-1\\0&0&1\end{pmatrix}}_{e_4}\bullet$

$\bullet\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&1\\0&1&0\\0&0&1\end{pmatrix}}_{e_5}\underbrace{\begin{pmatrix}1&1&0\\0&1&0\\0&0&1\end{pmatrix}}_{e_6}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\0&-1&0\\0&0&1\end{pmatrix}}_{e_7}\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&-1\end{pmatrix}}_{e_8}=A$

**3)** הוכחה.

**4)** $-3$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# פירוק LU

## שאלות

**1)** רשום את פירוק LU של המטריצה $A=\begin{pmatrix}1&-1&-1\\3&-4&-2\\2&-3&-2\end{pmatrix}$.

**2)** רשום את פירוק LU של המטריצה $A=\begin{pmatrix}1&2&-3&4\\2&3&-8&5\\1&3&1&3\\3&8&-1&13\end{pmatrix}$.

**3)** רשום את פירוק LU של המטריצה $A=\begin{pmatrix}2&-6&6\\-4&5&-7\\3&5&-1\\-6&4&-8\\8&-3&9\end{pmatrix}$.

## תשובות סופיות

**1)**
$$\underbrace{\begin{pmatrix}1&-1&-1\\3&-4&-2\\2&-3&-2\end{pmatrix}}_{A}=\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0\\3&1&0\\2&1&1\end{pmatrix}}_{L}\cdot\underbrace{\begin{pmatrix}1&-1&-1\\0&-1&1\\0&0&-1\end{pmatrix}}_{U}$$

**2)**
$$\underbrace{\begin{pmatrix}1&2&-3&4\\2&3&-8&5\\1&3&1&3\\3&8&-1&13\end{pmatrix}}_{A}=\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0&0\\2&1&0&0\\1&-1&1&0\\3&-2&2&1\end{pmatrix}}_{L}\cdot\underbrace{\begin{pmatrix}1&2&-3&4\\0&-1&-2&-3\\0&0&2&-4\\0&0&0&3\end{pmatrix}}_{U}$$

**3)**
$$\underbrace{\begin{pmatrix}2&-6&6\\-4&5&-7\\3&5&-1\\-6&4&-8\\8&-3&9\end{pmatrix}}_{A}=\underbrace{\begin{pmatrix}1&0&0&0&0\\-2&1&0&0&0\\\frac{3}{2}&-2&1&0&0\\-3&2&0&1&0\\4&-3&0&0&1\end{pmatrix}}_{L}\cdot\underbrace{\begin{pmatrix}2&-6&6\\0&-7&5\\0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{pmatrix}}_{U}$$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# בחזרה למערכת משוואות ליניארית

## שאלות

**1)** בסעיפים הבאים מצא מטריצות $A$ , $\underline{x}$ ו- $\underline{b}$ , המבטאות את מערכת המשוואות הנתונה ע"י המשוואה היחידה $A\underline{x}=\underline{b}$ :

א. $\begin{aligned}2x+y-z&=3\\x+2y-4z&=5\\6x+4y+z&=2\end{aligned}$

ב. $\begin{aligned}2x-3y+z+t&=1\\4x+y+2z&=4\\y+z+t&=1\\x-4z-2y&=10\end{aligned}$

בשאלות **2-6** נתון כי: $\underline{b}=\begin{pmatrix}1\\2\\3\end{pmatrix}$ $\underline{x}=\begin{pmatrix}x\\y\\z\end{pmatrix}$ $A=\begin{pmatrix}4&-2&4\\1&-1&1\\1&-6&3\end{pmatrix}$.

בטא כל אחת מהמשוואות בשאלות אלה כמערכת משוואות לינאריות:

**2)** $A\underline{x}=\underline{b}$ **3)** $A\underline{x}=4\underline{x}+\underline{b}$ **4)** $A\underline{x}=-k\underline{x}+\underline{b}$

**5)** $A\underline{x}=\underline{x}$ **6)** $A^T\underline{x}=2\underline{x}+3\underline{b}$

**7)** פתור את מערכת המשוואות הבאה,

בעזרת המטריצה ההפוכה: $\begin{aligned}2x-y+z&=3\\3x-2y+2z&=5\\5x-3y+4z&=11\end{aligned}$.

**8)** פתור את מערכת המשוואות הבאה,

בעזרת המטריצה ההפוכה: $\begin{aligned}x+4y+2z+4t&=1\\x+2y-z&=0\\y+z+t&=1\\x+3y-z-2t&=0\end{aligned}$.

**9)** למערכת משוואות מסוימת יש את שני הפתרונות הבאים:

$(x,y,z)=(-1,4,-2)$ , $(x,y,z)=(2,-8,4)$.

הוכח שהמערכת חייבת להיות הומוגנית.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**10)** למערכת משוואות לא הומוגנית יש את שני הפתרונות הבאים:
$(x,y,z)=(-1,4,-2)$ , $(x,y,z)=(2,3,4)$.
מצא פתרון לא טריוויאלי כלשהו של המערכת ההומוגנית המתאימה.

**11)** נתונה המערכת: $\begin{cases} x+y-z=1 \\ 3x-7y+(k^2+1)z=k^2-1 \\ 4x-6y+(k+2)z=4 \end{cases}$.
מצא עבור אילו ערכים של הקבוע $k$, למערכת:
א. פתרון יחיד. ב. אין פתרון. ג. אינסוף פתרונות.

* בפתרונך השתמש במושג 'דרגה של מטריצה'.

**12)** נתון $A=\begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 0 & 1 & 2 \\ 5 & 8 & 4 & 2 \\ 0 & -5 & 3 & k \end{pmatrix}$ , $b=\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ m \end{pmatrix}$.
ידוע כי $rank(A)=3$, וידוע כי למערכת $Ax=b$ יש פתרון.
מצאו את הקבועים $k,m$.

**13)** נתונה מטריצה ריבועית $A$, המקיימת את התכונה הבאה:
סכום האיברים בכל שורה של המטריצה $A$ שווה 0.
הוכח ש-$A$ מטריצה **לא** הפיכה.

**14)** נתונה מטריצה ריבועית הפיכה $A$, המקיימת את התכונה הבאה:
סכום האיברים בכל שורה של המטריצה $A$ שווה $k$.
הוכח שסכום האיברים בכל שורה של המטריצה הוא קבוע.
בטא קבוע זה בעזרת $k$.

**15)** מטריצה $A$ מקיימת: $A\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}=0$.
הוכיחו כי הווקטור $\begin{pmatrix} 6 \\ 15 \\ 24 \end{pmatrix}$ הוא פתרון של המערכת ההומוגנית $Ax=0$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**16)** יהיו $A,B$ מטריצות ממשיות מסדר $n\times n$.
עבור כל אחת מהטענות הבאות קבע האם היא נכונה או לא.

א. אם למערכת $(AB)x=0$ קיימים שני פתרונות שונים,
אז בהכרח $A$ לא הפיכה.

ב. אם קיים פתרון שונה מ-0 למערכת $(AB)x=0$,
אז למערכת $(BA)x=0$ קיים פתרון שונה מ-0.

ג. אם למערכת $Ax=0$ קיים פתרון יחיד, אז ייתכן ש- $A^2=0$.

ד. אם למערכת $(A^tA)x=0$ קיים פתרון יחיד, אז $A$ לא הפיכה.

ה. אם קיים פתרון שונה מ-0 למערכת ההומוגנית $(AB)x=0$,
אז למערכת ההומוגנית $Ax=0$ קיים פתרון שונה מ-0.

**17)** נתונה מערכת משוואות מעל $\mathbb{R}$ : $Ax=d$ $(d\neq 0)$.
נתון כי $A$ מטריצה ריבועית מסדר 4, המקיימת $rank(A)=2$.
ידוע כי הווקטורים הבאים פותרים את המערכת הנתונה:
$u=(x_1,x_2,6,7),\ v=(y_1,y_2,1,2),\ w=(z_1,z_2,4,3)$.
מי מבין הבאים הוא הפתרון הכללי של המערכת הנתונה:

א. $x=au+bv+cw$

ב. $x=(a+b+1)u-av-bw$

ג. $x=au+bv+w$

ד. $x=(a-b)u+(b-c)v+(c-a)w$

ה. $x=(a+b)u-(av+bw+u)$, כאשר $a,b,c\in\mathbb{R}$.

**הערה:** בחלקו האחרון של פתרון תרגיל זה נדרש הידע הבא מהפרק מרחבים וקטורים:
בהינתן מערכת הומוגנית $Ax=0$:
1. אוסף כל הפתרונות של המערכת נקרא מרחב הפתרונות של המערכת.
2. מספר המשתנים החופשיים במערכת לאחר דירוג נקרא המימד של מרחב הפתרונות.
בכל אופן, מומלץ לחזור לתרגיל זה אחרי שתעברו על הפרק מרחבים וקטורים.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

**1)** א. $A=\begin{pmatrix}2&1&-1\\1&2&-4\\4&4&1\end{pmatrix}$ $\underline{x}=\begin{pmatrix}x\\y\\z\end{pmatrix}$ $\underline{b}=\begin{pmatrix}3\\5\\2\end{pmatrix}$

ב. $A=\begin{pmatrix}2&-3&1&1\\4&1&2&0\\0&1&1&1\\1&-2&-4&0\end{pmatrix}$ $\underline{x}=\begin{pmatrix}x\\y\\z\\t\end{pmatrix}$ $\underline{b}=\begin{pmatrix}1\\4\\1\\10\end{pmatrix}$

**2)**
$$\begin{aligned}4x-2y+4z&=1\\x-y+z&=2\\x-6y+3z&=3\end{aligned}$$

**3)**
$$\begin{aligned}-2y+4z&=1\\x-5y+z&=2\\x-6y-z&=3\end{aligned}$$

**4)**
$$\begin{aligned}(4+k)x-2y+4z&=1\\x+(k-1)y+z&=2\\x-6y+(3+k)z&=3\end{aligned}$$

**5)**
$$\begin{aligned}3x-2y+4z&=0\\x-2y+z&=0\\x-6y+2z&=0\end{aligned}$$

**6)**
$$\begin{aligned}2x+y+z&=3\\-2x-3y-6z&=6\\4x+y+z&=9\end{aligned}$$

**7)** $(x,y,z)=(1,2,3)$

**8)** $(x,y,z,t)=(-13,4,-5,2)$

**9)** הוכחה.

**10)** $\begin{pmatrix}x\\y\\z\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-3\\1\\-6\end{pmatrix}$

**11)** אם $k\neq 2$ או $k\neq -1$, אז יש פתרון אחד.

אם $k=2$, אז יש אינסוף פתרונות.

אם $k=-1$, אז אין פתרונות.

**12)** $m=5,k=9$

**13)** הוכחה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**14)** סכום האיברים בכל שורה של $A^{-1}$ הוא קבוע השווה ל- $\frac{1}{k}$.

**15)** הוכחה.

**16)** הוכחה.

**17)** הוכחה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# מטריצות סימטריות ומטריצות אנטי-סימטריות

**שאלות**

מטריצה ריבועית $A$ תיקרא סימטרית אם $A^T = A$, ואנטי-סימטרית אם $A^T = -A$.

**1)** ידוע ש-$A$ מטריצה ריבועית.
מי מבין הבאים נכון (אחד או יותר):
1. $AA^T$ סימטרית.
2. $A + A^T$ סימטרית.
3. $A - A^T$ אנטי-סימטרית.

**2)** ידוע ש-$A$ ו-$B$ אנטי-סימטריות מאותו סדר.
מי מבין הבאים נכון:
1. $BABABA$ אנטי-סימטרית.
2. $A^2 - B^2$ סימטרית.
3. $A^2 + B$ סימטרית.

**3)** ידוע ש-$A$ ו-$B$ סימטריות מאותו סדר ונתון כי $AB = -BA$.
מי מבין הבאים נכון:
1. $AB^3$ אנטי-סימטרית.
2. $AB^2$ סימטרית.
3. $(A-B)^2$ סימטרית.

**4)** ידוע ש-$A$ סימטרית ו-$B$ אנטי סימטרית מאותו סדר ונתון כי $AB = BA$.
הוכח:
1. $AB$ אנטי-סימטרית.
2. $AB + B$ אנטי-סימטרית.

**5)** נתון: $A, B, AB$ סימטריות מאותו סדר.
הוכח כי $A^4B^4 = B^4A^4$.

## תשובות סופיות

**1)** 1,2,3
**2)** 2
**3)** 1,2,3
**4)** הוכחה.
**5)** הוכחה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# דרגה של מטריצה

## שאלות

**1)** אמת את המשפט $rank(A)=rank(A^T)$,

על המטריצה: $A=\begin{pmatrix}1&2&3&4&10\\5&6&7&8&14\\6&8&10&12&24\\3&2&1&0&-6\end{pmatrix}$.

**2)** אמת את המשפט $rank(AB)\le \min\{rank(A),rank(B)\}$,

עבור: $B=\begin{pmatrix}1&2&3\\4&5&6\\7&8&9\\1&1&1\end{pmatrix}$ $A=\begin{pmatrix}1&2&3&4\\5&6&7&8\\6&8&10&12\\3&2&1&0\end{pmatrix}$.

**3)** נתונה המטריצה: $A=\begin{pmatrix}1-k&0&0&0\\0&1-k&0&0\\0&0&4-k&1\\0&0&0&10-k\end{pmatrix}$.

חשב את $rank(A)$.

**4)** נתון כי $A$ מטריצה ריבועית מסדר $n>1$.
הוכח או הפרך:

א. $rank(A)=n-1 \Rightarrow rank(A^2)=n-1$

ב. $rank(A)=n-1 \Leftarrow rank(A^2)=n-1$

**5)** נתון כי $A,B$ מטריצות ריבועיות מסדר $n>1$.
הוכח או הפרך:

א. אם $rank(A)=rank(AB)$, אז בהכרח $B$ הפיכה.

ב. ייתכן ש-$rank(A)<rank(AB)$.

ג. אם $rank(A)>rank(B)$, אז $rank(AB)>rank(B)$.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

**6)** נתון $B=\begin{pmatrix}1&2&3\\0&4&5\\0&0&1\end{pmatrix}$ , $A=\begin{pmatrix}1&-2&3\\0&0&-1\\0&0&4\end{pmatrix}$.

א. חשב את $rank(B)$ , $rank(A)$.

ב. חשב את $rank\left(B^{10}A^{14}\right)$.

**7)** נניח כי $A,B$ שתי מטריצות ריבועיות מסדר $n$.

הוכיחו כי $rank\begin{pmatrix}A&A\\A&B\end{pmatrix}\le 2rank(A)+rank(B)$.

**8)** תהי $A_{8x7}$ מטריצה, כך ש- $rank(A)=3$.

הוכח כי קיימות 3 מטריצות $A_1,A_2,A_3$ , שלכל אחת מהן דרגה 1,

כך ש- $A=A_1+A_2+A_3$.

הראו כי לא ניתן לקבל זאת עם פחות מ-3 מטריצות.

הכלילו את תוצאת התרגיל למטריצה מסדר $mxn$ שדרגתה $k$.

**9)** נתונות שתי מטריצות $B_{5\times3}$ , $A_{3\times5}$.

הוכח או הפרך את הטענות הבאות:

א. $rank(AB)=rank(BA)$

ב. $rank(AB)\neq rank(BA)$

ג. המטריצה $BA$ לא הפיכה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

## תשובות סופיות

1) הוכחה.
2) הוכחה.
3) אם $k=1$, אז $rank(A)=2$. אם $k=4,k=10$, אז $rank(A)=3$.
אם $k\neq 1,4,10$ $rank(A)=4$.
4) א. הטענה אינה נכונה. ב. הטענה נכונה.
5) א. הטענה אינה נכונה. ב. הטענה אינה נכונה.
ג. הטענה אינה נכונה.
6) א. $rank(B)=3$, $rank(A)=2$. ב. $rank\left(B^{10}A^{14}\right)=2$
7) הוכחה.
8) הוכחה.
9) הוכחה.


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©

# רגרסיה לינארית

## שאלות

**1)** בטבלה הבאה הביקוש של מוצר מסוים ביחס למחיר שלו בתקופה של חודש:

| $price\,(x)$ | $Demand\ /\ sales\,(y)$ |
|---|---|
| 49 | 124 |
| 69 | 95 |
| 89 | 71 |
| 99 | 45 |
| 109 | 18 |

א. מצא את ישר הרגרסיה של הבעיה.

ב. בעזרת ישר זה נבא את הביקוש אם המחיר הוא 54$.

ג. מה משמעות השיפוע של ישר הרגרסיה?

ד. מצא את סכום ריבועי השגיאות בחישוב הנ"ל (SSE).

הערה: הנח שהביקוש הוא ביחידות מוצר והמחיר הוא בדולרים.

## תשובות סופיות

**1)** א. $f(x)=-1.7x+211$ ב. הביקוש הוא 119.2 יחידות מוצר.

ג. העלאת מחיר המוצר ב-1$ תביא לירידה במכירות של 1.7 יחידות מוצר בחודש. ד. $SSE=207.65$


לפתרון מלא בסרטוני וידאו היכנסו ל-www.GooL.co.il
כתב ופתר – גיא סלומון ©