

מדעי המחשב

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים.
פרק ראשון – בפרק זה שלוש שאלות, ענה על פי ההוראות בפרק. — $(10 \times 1) + (15 \times 1)$ — 25 נקודות
פרק שני – בפרק זה שלוש שאלות, ומהן עליך לענות על שתיים. — (25×2) — 50 נקודות
פרק שלישי – בפרק זה שאלות בארבעה מסלולים שונים.
ענה על שאלה אחת במסלול שלמדת. — (25×1) — 25 נקודות
סה"כ — 100 נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: כל חומר עזר, חוץ ממחשב הניתן לתכנות.
- ד. הוראות מיוחדות:
(1) את כל התוכניות שאתה נדרש לכתוב בשפת מחשב בפרקים הראשון והשני כתוב בשפה אחת בלבד — Java או C#.
(2) רשום על הכריכה החיצונית של המחברת באיזו שפה אתה כותב — Java או C#.
(3) רשום על הכריכה החיצונית של המחברת את שם המסלול שלמדת.
המסלול הוא אחד מארבעת המסלולים האלה:
מערכות מחשב ואסמבלי, מבוא לחקר ביצועים, מודלים חישוביים, תכנות מונחה עצמים.
הערה: בתוכניות שאתה כותב לא יורדו לך נקודות, אם תכתוב אות גדולה במקום אות קטנה או להפך.
כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב בטייטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
רשום "טייטה" בראש כל עמוד טייטה. רישום טייטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!
- ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.**

בהצלחה!

השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים.

עליך לענות על שאלות משלושת הפרקים, לפי ההוראות בכל פרק.

פרק ראשון (25 נקודות)

הערה: בכל שאלה שנדרשת בה קליטה, אין צורך לבדוק את תקינות הקלט.

לפותרים ב-Java: בכל שאלה שנדרשת בה קליטה, הנח שבתוכנית כתובה ההוראה:

```
Scanner input = new Scanner (System.in);
```

ענה על שאלה 1 – חובה (10 נקודות)

1. נתונה המחלקה **AllNumbers** שיש לה תכונה אחת: מערך חד־ממדי `arrayNum` , מטיפוס שלם.

במערך יש מספרים חיוביים הגדולים מאפס, שחלקם מספרים זוגיים וחלקם מספרים אי־זוגיים.

כתוב פעולה פנימית ב־Java או ב־C# שתחזיר את הערך של המספר האי־זוגי

האחרון במערך.

לדוגמה: בעבור המערך `arrayNum` בגודל 6 שלפניך, תחזיר הפעולה את המספר 3, שהוא הערך של

המספר האי־זוגי האחרון במערך.

	0	1	2	3	4	5
arrayNum	7	5	8	9	3	4

הנח שבמערך יש לפחות מספר אי־זוגי אחד.

ענה על אחת מן השאלות 2-3 (15 נקודות).

2. במצעד הפזמונים מתחרים 40 שירים שמספרם מ-1 ועד 40. 25 שופטים מדרגים את השירים. כל שופט בוחר את שלושת השירים הטובים ביותר לדעתו. לשיר במקום הראשון (הטוב ביותר) הוא מעניק 7 נקודות, לשיר במקום השני הוא מעניק 5 נקודות, ולשיר שבמקום השלישי הוא מעניק נקודה אחת. השיר שיצבור את מספר הנקודות הגבוה ביותר מכל השופטים יזכה במקום הראשון. לקראת מצעד הפזמונים הוגדרה מחלקה **Vote**. למחלקה שלוש תכונות:
- first — מספר השיר שהשופט דירג במקום הראשון, מטיפוס שלם.
 - second — מספר השיר שהשופט דירג במקום השני, מטיפוס שלם.
 - third — מספר השיר שהשופט דירג במקום השלישי, מטיפוס שלם.
- הנח שלכל תכונה הוגדרו ב-Java פעולות `get` ו-`set` וב-C# פעולות `Get` ו-`Set`. כתוב פעולה חיצונית `theWinner` ב-Java או `TheWinner` ב-C#, המקבלת מערך מטיפוס **Vote** של דירוגי השופטים, ומדפיסה את מספרו של השיר הזוכה במקום הראשון. הנח שקיים שיר זוכה אחד. הנח שערכי המערך תקינים.

3. נתונה המחלקה **Time** שיש לה שתי תכונות:

hour – מייצגת שעה בין 0 ל- 23 כולל, מטיפוס שלם.

minute – מייצגת דקה בין 0 ל- 59 כולל, מטיפוס שלם.

הנח שלכל תכונה הוגדרו ב- Java פעולות get ו- set וב- C# פעולות Get ו- Set.

א. כתוב ב- Java או ב- C# במחלקה **Time** פעולה בונה שתקבל ערכים בעבור כל תכונה.

עבור כל תכונה – אם הערך המתקבל אינו אפשרי לפי הגדרות התכונה, הוא יוחלף ב- 0.

ב. נתונה המחלקה **Flight** שיש לה ארבע תכונות: שם של חברת תעופה – name מטיפוס מחרוזת,

שם של ארץ יעד – destination מטיפוס מחרוזת, קוד טיסה – flightCode מטיפוס מחרוזת,

זמן טיסה – flightTime מטיפוס **Time**.

כתוב ב- Java או ב- C# את כותרת המחלקה ואת תכונות המחלקה.

ג. נתונה המחלקה **Airport** שיש לה תכונה אחת: מערך חד-ממדי flights מטיפוס **Flight**.

הנח שלכל תכונה הוגדרו ב- Java פעולות get ו- set וב- C# פעולות Get ו- Set.

במחלקה **Airport** נתונה פעולה פנימית בוליאנית, isFly ב- Java ו- IsFly ב- C#, שמטרתה לבדוק אם

במערך הטיסות flights יש טיסה של חברת התעופה "Sky". הפעולה מחזירה true אם במערך flights יש

טיסה של חברת התעופה "Sky". אחרת – הפעולה מחזירה false.

הנח שכל התאים במערך שונים מ- null.

הפעולה הנתונה שלפניך (isFly ב- Java ו- IsFly ב- C#) שגויה.

<u>Java</u>	<u>C#</u>
<pre> public boolean isFly() { for (int i = 0; i < this.flights.length; i++) { if (this.flights[i].getName().equals ("Sky")) return true; return false; } } </pre>	<pre> public bool IsFly() { for (int i = 0; i < this.flights.Length; i++) { if (this.flights[i].GetName() == "Sky") return true; return false; } } </pre>

(שים לב: התת-סעיפים של סעיף ג בעמוד הבא.)

(1) כתוב מה תחזיר הפעולה השגויה הנתונה עבור מערך flights בגודל 4, שערכי תכונת name של העצמים במערך

הם:

במקום הראשון: "Cloud",

במקום השני: "Air",

במקום השלישי: "Sky",

במקום הרביעי "Travel".

(2) הסבר מהי השגיאה בפעולה.

(3) תקן את הפעולה כדי שהיא תבצע את הנדרש, והעתק למחברתך את הפעולה המתוקנת.

פרק שני (50 נקודות)

שים לב: בכל שאלה שנדרש בה מימוש אתה יכול להשתמש בפעולות של המחלקות: תור, מחסנית, עץ בינרי וחוליה, בלי לממש אותן. אם אתה משתמש בפעולות נוספות, עליך לממש אותן.

ענה על שתיים מן השאלות 4-6 (לכל שאלה — 25 נקודות).

4. א. כתוב פעולה חיצונית ב-Java או ב-C# LastAndRemove, המקבלת מחסנית מטיפוס שלם, מוחקת את האיבר התחתון במחסנית, ומחזירה את ערכו. בסיום הפעולה האיברים האחרים במחסנית נשארים ללא שינוי. הנח שהמחסנית אינה ריקה.

לאחר הפעולה יוחזר הערך 9, והמחסנית תיראה כך:

1	← ראש המחסנית
6	
32	
5	
5	
7	
4	

לדוגמה, עבור המחסנית שלפניך:

1	← ראש המחסנית
6	
32	
5	
5	
7	
4	
9	

(שים לב: סעיף ב של השאלה בעמוד הבא.)

ב. נתונה המחלקה:

TwoItems	
int num1 int num2	תכונות:
TwoItems (int number1, int number2)	פעולה בונה:

הנח שלכל תכונה הוגדרו ב־ Java פעולות get ו־ set וב־ C# פעולות Get ו־ Set. כתוב פעולה חיצונית ב־ Java או StackTwoItems ב־ C#, המקבלת מחסנית stk1 שאינה ריקה, מטיפוס שלם ובגודל זוגי, ומחזירה מחסנית מטיפוס TwoItems. האיבר התחתון במחסנית המוחזרת יכיל הפניה למופע של TwoItems שהתכונה שלו num1 היא האיבר שבראש המחסנית stk1, והתכונה שלו num2 היא האיבר התחתון במחסנית stk1. האיבר שמעל האיבר התחתון במחסנית המוחזרת יכיל הפניה למופע של TwoItems שהתכונה שלו num1 היא האיבר שמתחת לאיבר שבראש המחסנית stk1, והתכונה שלו num2 היא האיבר שמעל האיבר התחתון במחסנית stk1, וכן הלאה, כך שהאיבר שבראש המחסנית המוחזרת יכיל הפניה למופע של TwoItems שהתכונות שלו num1 ו־ num2 הם שני איברים סמוכים, הנמצאים באמצע המחסנית stk1.



עליך להיעזר בפעולה שכתבת בסעיף א.

הערה: אין צורך לשמור על התוכן המקורי של מחסנית stk1.

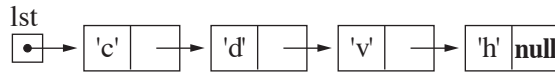
5. שים לב: לשאלה זו נוסח אחד ב' Java, בעמוד 8, ונוסח אחר ב' C# בעמוד 9.

לפותרים בשפת Java

נתונה הפעולה sod1:

```
public static Node <Character> sod1(Node <Character> lst, char ch)
{
    if (lst == null)
        return null;
    if (lst.getValue() == ch)
        return lst;
    return sod1(lst.getNext(), ch);
}
```

א. (1) עקוב אחר הפעולה וכתוב מה יוחזר עבור $ch = 'v'$ וההפניה lst לשרשרת חוליות של תווים:



(2) מהי מטרת הפעולה sod1 ?

(3) מהי סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה sod1 ? נמק.

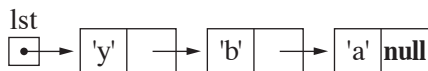
ב. נתונה הפעולה sod2:

```
public static boolean sod2(Node <Character> lst)
{
    if (sod1(lst,'a') != null && sod1(lst,'b') != null)
        return true;
    return false;
}
```

מה מטרת הפעולה sod2 ?

ג. כתוב פעולה בוליאנית המקבלת הפניה לשרשרת חוליות של תווים ומחזירה true אם מופיעות בה שתי חוליות סמוכות שערכיהן 'b' 'a' או 'a' 'b'. אחרת – הפעולה מחזירה false.

דוגמה לשרשרת חוליות שמופיעים בה 'b' 'a' ברצף: דוגמה לשרשרת חוליות שמופיעים בה 'a' 'b' ברצף:



דוגמה לשרשרת חוליות ש- 'b' 'a' ו- 'a' 'b' אינם מופיעים בה ברצף:



עליך להשתמש בפעולה sod1.

הנח שכל התווים שונים זה מזה.

C# לפותרים בשפת

נתונה הפעולה Sod1:

```
public static Node <char> Sod1(Node <char> lst, char ch)
{
    if (lst == null)
        return null;
    if (lst.GetValue() == ch)
        return lst;
    return Sod1(lst.GetNext(), ch);
}
```

א. (1) עקוב אחר הפעולה וכתוב מה יוחזר עבור $ch = 'v'$ וההפניה lst לשרשרת חוליות של תווים:



(2) מהי מטרת הפעולה Sod1 ?

(3) מהי סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה Sod1? נמק.

ב. נתונה הפעולה Sod2:

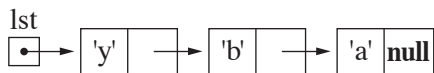
```
public static bool Sod2(Node <char> lst)
{
    if (Sod1(lst,'a') != null && Sod1(lst,'b') != null)
        return true;
    return false;
}
```

מהי מטרת הפעולה Sod2 ?

ג. כתוב פעולה בוליאנית המקבלת הפניה לשרשרת חוליות של תווים ומחזירה true אם מופיעות בה שתי חוליות

סמוכות שערכיהן 'b' 'a' או 'a' 'b'. אחרת – הפעולה מחזירה false.

דוגמה לשרשרת חוליות שמופיעים בה 'b' 'a' ברצף: דוגמה לשרשרת חוליות שמופיעים בה 'b' 'a' ברצף:



דוגמה לשרשרת חוליות ש- 'b' 'a' ו- 'a' 'b' אינם מופיעים בה ברצף:



עליך להשתמש בפעולה Sod1.

הנח שכל התווים שונים זה מזה.

.6 נתונה הפעולה:

ב־Java:

```
public static boolean lessThanTree (BinNode <Integer> t, int x)
```

ב־C#:

```
public static bool LessThanTree (BinNode <int> t, int x)
```

הפעולה מחזירה true אם x קטן מכל הערכים בעץ t . אחרת – הפעולה מחזירה false.

סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה היא $O(n)$. n מייצג את מספר הצמתים בעץ t .

א. כתוב פעולה חיצונית ב־Java או ב־C# `TreeLessThanTree`, המקבלת שני עצים

בינאריים t_1 ו־ t_2 של ערכים שלמים. נתון שב־ t_2 קיים לפחות צומת אחד. הפעולה מחזירה true אם כל ערך

בעץ t_1 קטן מכל אחד מהערכים בעץ t_2 , אחרת – הפעולה מחזירה false.

אם t_1 הוא null – הפעולה תחזיר true.

אפשר להשתמש בפעולה הנתונה בלי לממש אותה. אם אתה משתמש בפעולות אחרות, עליך לממש אותן.

ב. מהי סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה שכתבת בסעיף א? נמק.

פרק שלישי (25 נקודות)

בפרק זה שאלות בארבעה מסלולים:
 מערכות מחשב ואסמבלי, עמודים 11-13.
 מבוא לחקר ביצועים, עמודים 14-17.
 מודלים חישוביים, עמוד 18-19.
 תכנות מונחה עצמים ב־ Java, עמודים 20-23; תכנות מונחה עצמים ב־ C#, עמודים 24-27.
ענה על שאלה אחת במסלול שלמדת.

מערכות מחשב ואסמבלי

אם למדת מסלול זה, ענה על אחת מן השאלות 7-8 (25 נקודות).

7. בשאלה זו שני סעיפים, א-ב. אין קשר בין הסעיפים. עליך לענות על שניהם.

א. לפניך קטע תוכנית באסמבלי.

הנח שהמספרים בלתי מכוונים (Unsigned).

```

CMP AH, AL
JAE AA
XCHG AH, AL
AA:  CMP AL, AH
      JAE CC
      INC AL
      DEC AH
      JMP AA
CC:  MOV SI, 100H
      MOV [SI], AL
    
```

(1) תוכן האוגר AX הוא 0109H. עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר ביצוע קטע התוכנית, וכתוב מה יתקבל בתא שכתובתו 100H לאחר הביצוע.

(2) מה מבצע קטע התוכנית עבור מספרים אי־זוגיים באוגרים AH, AL? בתשובתך התייחס גם לתוכן האוגרים AH, AL לפני ביצוע קטע התוכנית.

ב. (אין קשר לסעיף א.)

לפניך שישה היגדים. לכל אחד מהם קבע אם הוא נכון או אינו נכון. אם ההיגד אינו נכון, הסבר מדוע.

(1) שני הקטעים 1 ו-2 שלפניך מבצעים את אותו הדבר.

קטע 2	קטע 1
SHR AX, 1	SHL AX, 1
SHL AX, 1	SHR AX, 1

(2) שני הקטעים 1 ו-2 שלפניך מבצעים את אותו הדבר.

קטע 2	קטע 1
SHR AX, 1	AND AX, 0FEh
SHL AX, 1	

(3) שני הקטעים 1 ו-2 שלפניך מבצעים את אותו הדבר.

קטע 2	קטע 1
XCHG AX, BX	PUSH AX
	PUSH BX
	POP AX
	POP BX

(4) שני הקטעים 1 ו-2 שלפניך מבצעים את אותו הדבר.

קטע 2	קטע 1
CMP AX, 0	SUB AX, 0
JNZ A1	JNE A1

(5) במקטע הנתונים הוגדר מערך:

ARR DW 50 dup (?)

הנח שבאוגר BX מאוחסנת כתובת של איבר מסוים במערך ARR.
קטע תוכנית זה מאחסן באוגר BX את האינדקס של אותו האיבר.

```
LEA SI, ARR
SUB BX, SI
INC BX
```

(6) הערך של המספר 11101011 שמאוחסן לפי השיטה: משלים ל-2 ב-8 סיביות

הוא (-21) בבסיס 10.

8. במקטע הנתונים שלפניך הוגדרו הנתונים:

ARR DB 100 DUP (?)

REZ DB ?

הנח שהמספרים מכוונים (Signed).

הנח שכל המספרים במערך שונים זה מזה.

מערך נקרא "גלי" אם הוא מקיים את התנאים האלה:

האיבר הראשון קטן מהאיבר השני, האיבר השני גדול מהאיבר השלישי, האיבר השלישי קטן מהאיבר הרביעי,

האיבר הרביעי גדול מהאיבר החמישי, וכן הלאה.

דוגמה למערך הנקרא "גלי":

0	1	2	3	4
-2	8	6	17	-7

הסבר הדוגמה: האיבר הראשון (- 2) קטן מהאיבר השני (8), האיבר השני (8) גדול מהאיבר השלישי (6) , האיבר השלישי (6) קטן מהאיבר הרביעי (17) והאיבר הרביעי (17) גדול מהאיבר החמישי (-7).

כתוב קטע תוכנית הבודק אם המערך ARR הוא מערך "גלי". אם כן, עליך להציב במשתנה REZ את הערך 1 .
אחרת – עליך להציב במשתנה REZ את הערך 0 .

מבוא לחקר ביצועים

אם למדת מסלול זה, ענה על אחת מן השאלות 9-10 (25 נקודות).

9. נתונה בעיית תכנון לינארי:

$$\max \{z = 4x_1 + 6x_2\}$$

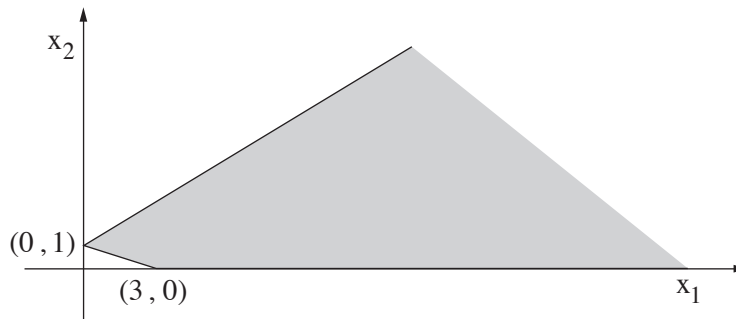
בכפוף לאילוצים האלה:

$$(1) \quad -5x_1 + 4x_2 \leq 4$$

$$(2) \quad x_1 + 3x_2 \geq 3$$

$$(3) \quad x_2 \geq 0$$

לפניך סרטוט של תחום הפתרונות האפשריים לבעיה הנתונה.



כל אחד מן הסעיפים א-ו שבעמוד הבא מתייחס לבעיית התכנון הלינארי הנתונה.

הסעיפים א-ו אינם קשורים זה לזה. ענה על כל הסעיפים.

נתונים ארבעה היגדים i-iv. לכל אחד מן הסעיפים א-ו שבעמוד הבא יש רק היגד אחד שהוא נכון.

i יש רק פתרון אופטימלי יחיד.

ii יש אין-סוף פתרונות אופטימליים.

iii הפתרון האופטימלי לא חסום.

iv אין פתרון אופטימלי.

בעבור כל אחד מן הסעיפים א-ו קבע איזה מן ההיגדים i-iv הוא הנכון. ציין את הסעיף, העתק את ההיגד הנכון למחברתך, ונמק את קביעתך.

— אם בחרת בהיגד i בסעיף כלשהו, עליך למצוא את הפתרון האופטימלי היחיד, ואת הערך של פונקציית המטרה בפתרון זה.

— אם בחרת בהיגד ii בסעיף כלשהו, עליך לרשום את הפתרון האופטימלי הכללי לבעיה, ואת הערך של פונקציית המטרה בתחום הפתרונות האופטימליים.

א. איזה היגד הוא הנכון בעבור בעיית התכנון הלינארי הנתונה בתחילת השאלה? נמק את תשובתך.

ב. מְשַׁנֵּים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה ל- $\min \{z = 4x_1 + 6x_2\}$. איזה היגד הוא הנכון לאחר השינוי? נמק את תשובתך.

ג. משנים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה ל- $\max \{z = 2x_1 + 6x_2\}$. איזה היגד הוא הנכון לאחר השינוי? נמק את תשובתך.

ד. משנים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה ל- $\min \{z = 2x_1 + 6x_2\}$. איזה היגד הוא הנכון לאחר השינוי? נמק את תשובתך.

ה. מוסיפים אילוץ לבעיה הנתונה בתחילת השאלה, והוא: $x_1 + x_2 \leq 1$. איזה היגד הוא הנכון לאחר הוספת האילוץ? נמק את תשובתך.

ו. מוסיפים אילוץ לבעיה הנתונה בתחילת השאלה, והוא: $x_2 \leq -x_1$. איזה היגד הוא הנכון לאחר הוספת האילוץ? נמק את תשובתך.

10. בשאלה זו שני סעיפים א-ב. אין קשר בין הסעיפים. עליך לענות על שניהם.
 א. $G = (V, E)$ הוא גרף מכוון המיוצג על ידי מטריצת הסמיכויות שלפניך.

$$\begin{matrix} & \begin{matrix} \mathbf{a} & \mathbf{b} & \mathbf{c} & \mathbf{d} & \mathbf{e} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \mathbf{a} \\ \mathbf{b} \\ \mathbf{c} \\ \mathbf{d} \\ \mathbf{e} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- (1) סרטט את גרף G המיוצג על ידי מטריצת הסמיכויות.
 (2) מצא את רכיבי הקשירות החזקה (Strong Connected Components – רק"חים) שבגרף הנתון. בעבור כל רק"ח שמצאת רשום את קבוצת הקודקודים שלו.
 (3) קבע מהו המספר המקסימלי של קשתות שאפשר להסיר מן הגרף הנתון, והגרף עדיין יכיל את אותו מספר רק"חים שמצאת בתת-סעיף א(2). מהי הקשת או מה הן הקשתות?

ב. (אין קשר לסעיף א.)

- (1) בטבלה שלפניך נתונה בעיית תובלה וחלק מפתרון בסיסי אפשרי: $x_{11} = 9$, $x_{12} = 1$.

מקורות	יעדים			היצע
	1	2	3	
1	1	5	7	10
2	1	8	4	11
3	5	2	8	10
ביקוש	9	12	10	

העקת את הטבלה למחברתך, והשלם בה את הערכים לפי שיטת הפינה הצפונית-מערבית.

(2) בטבלה שלפניך נתון חלק מפתרון בסיסי אפשרי לבעיית תובלה, ונתונים ערכיהם של

$$u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3$$

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	3 20	5	7	20	1
2	2	8 10	14	10	0
3	2	6	8 10	15	-2
ביקוש	20	15	10		
v_j	2	8	10		

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם אותה בהתחשב בערכים של u_i ו- v_j ימים וכל ה- v_j ימים כדי שיתקבל פתרון בסיסי אפשרי.

(3) בטבלה שלפניך נתון פתרון בסיסי אפשרי לבעיית תובלה, ונתונים ערכיהם של $u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3$.

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	34 15	15 15	17 3	18	0
2	10 10	8 0	4	10	-7
3	25	18	18 10	10	1
ביקוש	10	15	13		
v_j	17	15	17		

האם הפתרון הוא אופטימלי? נמק את תשובתך.

מודלים חישוביים

אם למדת מסלול זה, ענה על אחת מן השאלות 11-12 (25 נקודות).

11. בשאלה זו שני סעיפים א-ב. אין קשר בין הסעיפים. ענה על שניהם.

א. לפניך הגדרה: **רישא** של מילה x היא כל מילה המתקבלת על ידי הורדת מספר כלשהו של תווים מסוף המילה x , כולל המילה הריקה והמילה x עצמה.

לדוגמה: עבור המילה $x = abcbad$ כל הרישות של המילה x הן:

$\epsilon, a, ab, abc, abcb, abcba, abcbad$

לפניך השפה L מעל הא"ב $\Sigma = \{a, b, c, d\}$.

L היא אוסף המילים שבכל אחת מהן עבור **כל רישא** שבמילה — ההפרש בין מספר הפעמים שמופיע התו c לבין מספר הפעמים שמופיע התו d הוא גדול מ-0 או שווה לו, וקטן מ-3 או שווה לו:

$$0 \leq \#_c(w) - \#_d(w) \leq 3$$

$\#_c(w)$ מציינ את מספר המופעים של c במילה w .

$\#_d(w)$ מציינ את מספר המופעים של d במילה w .

דוגמאות למילים ששייכות לשפה L :

$accbdcacab$, $bacaabdbcb$, $abba$, $cdcdcd$, $abcbadb$

דוגמאות למילים שאינן שייכות לשפה L :

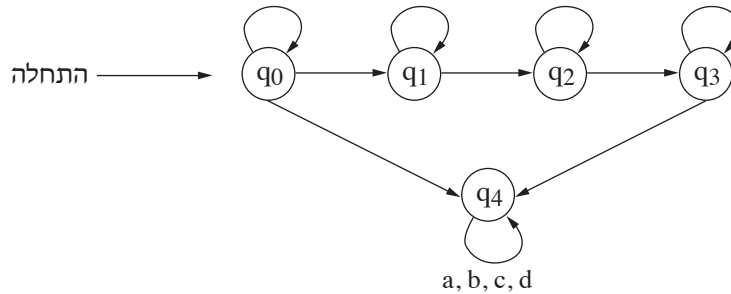
$daac$ — כי קיימת הרישא d , שבה: $\#_c(w) - \#_d(w) = -1 < 0$

$cdcd$ — כי קיימת הרישא cdd , שבה: $\#_c(w) - \#_d(w) = -1 < 0$

$accbdcacac$ — כי קיימת הרישא $accbdcacac$, שבה: $\#_c(w) - \#_d(w) = 4 > 3$

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לפניך סרטוט חלקי של אוטומט סופי **דטרמיניסטי** המקבל את השפה L . בסרטוט חסרים מעברים, סימני קלט ומצבים מקבלים. בסרטוט נכללים כל המצבים של האוטומט.



העתק למחברתך את הסרטוט, והשלם אותו כך שהאוטומט יהיה **דטרמיניסטי** ויקבל את השפה L . עליך להשלים את המעברים החסרים, את סימני הקלט החסרים, ולסמן את **כל המצבים המקבלים**. שים לב: אין להוסיף לאוטומט מצבים, ואין להוריד ממנו מצבים ומעברים.

ב. (אין קשר לסעיף א.)

Σ^* היא אוסף כל המילים מעל הא"ב Σ , כולל המילה הריקה.

נתונות שתי שפות L_1, L_2 מעל הא"ב Σ .

$L_1 = \Sigma^*$ ו- L_2 היא שפה שאינה רגולרית.

נגדיר: $L_3 = L_2 \cap \bar{L}_1$.

(1) מהי השפה \bar{L}_1 ?

(2) האם השפה L_3 רגולרית? נמק את תשובתך.

12. בשאלה זו שני סעיפים, א-ב. אין קשר בין הסעיפים. ענה על שניהם.

א. נתון הא"ב $\Sigma = \{a, b\}$. בנה אוטומט מחסנית בעבור השפה:

$$L = \{a^2 b^k a^n \mid n > 0, k > 0, n < k\}$$

ב. (אין קשר לסעיף א.)

בנה מכונת טיורינג המקבלת כקלט מספר x בייצוג אוני, ומחשבת את ערכה של הפונקציה שלפניך.

$$f(x) = \begin{cases} x + 1 & x < 2 \\ x - 1 & x \geq 2 \end{cases}$$

13. אם למדת מסלול זה ואתה כותב ב־ Java, ענה על אחת מן השאלות 13-14. (25 נקודות)
 לפניך פרויקט שהוגדרו בו המחלקות האלה: A, B, C, D, E. בפרויקט מומשה פעולה f() בשתי מחלקות.
 קטע הקוד שלפניך תקיין.

```
A a1 = new A();
A e1 = new E();
E c1 = new C();
C b1 = new B();
C d1 = new D();
```

נתון:

ההוראה B d2 = new D(); גורמת לשגיאת הידור (קומפילציה).
 ההוראה a1.f(); גורמת לשגיאת הידור (קומפילציה).
 ההוראה: ((E)e1).f(); תקינה ומדפיסה "bye-bye".
 ההוראה ((B)b1).f(); תקינה ומדפיסה "hello".
 ההוראה ((D)d1).f(); גורמת לשגיאת זמן ריצה.
 א. צייר עץ ירושה של כל המחלקות, וציין באילו שתי מחלקות מומשה הפעולה f().
 ב. נתונה המחלקה Z:

```
public class Z
{
    public void g(){ }
}
```

(1) הוסף את המחלקה Z לעץ הירושה שציירת בסעיף א כך שההוראה שלפניך תהיה תקינה:

```
Z x = new A();
```

(2) קטע הקוד שלפניך תקיין.

```
A a2 = new A();
Z z1 = new Z();
Z a3 = new A();
```

לכל אחת מן ההוראות v-i שלפניך, ציין אם היא תקינה או אינה תקינה.
 אם ההוראה אינה תקינה, נמק מדוע.
 הסעיפים v-i אינם תלויים זה בזה.

```
i    a2 = z1;
ii   a3 = z1;
iii  ((A)z1).g();
iv   a2.g();
v    ((A)a3).g();
```

ג. נתונה המחלקה Y :

```
public class Y
{
    public void m(){}
```

(1) הוסף את המחלקה Y לעץ הירושה שציירת בסעיף א כך שההוראה שלפניך תהיה תקינה (ללא התייחסות לנתונים בסעיף ב).

```
C f = new Y();
```

(2) קטע הקוד שלפניך תקין.

```
A a2 = new A();
```

```
Y y1 = new Y();
```

```
C y2 = new Y();
```

עבור כל אחת מן ההוראות v-i שלפניך, ציין אם היא תקינה א אינה תקינה. אם ההוראה אינה תקינה, נמק מדוע. הסעיפים v-i אינם תלויים זה בזה.

i a2 = y1;

ii y2 = y1;

iii ((A)y1).m();

iv y2.m();

v ((A)y2).m();

14. תשלום מיסי ארנונה (Property tax) הוא תשלום לרשויות המקומיות בעבור שטח המגורים והקרקע הנוספת שבבעלות התושבים. מחיר הארנונה הוא 10 ש"ח למ"ר של שטח המיועד למגורים ו- 0.5 ש"ח למ"ר של קרקע נוספת. לדוגמה, תושב שבבעלותו שטח למגורים בגודל 100 מ"ר ושטח קרקע בגודל 500 מ"ר משלם מיסי ארנונה בסכום של $100 \cdot 10 + 500 \cdot 0.5 = 1250$.

התושבים חולקו לשלוש קבוצות:

- תושב עיר משלם מיסי ארנונה עבור שטח המגורים והקרקע שבבעלותו, ומקבל מענק בסך 250 ש"ח לתשלום הארנונה.

- תושב עיר ותיק – תושב עיר בן 60 ומעלה – משלם מיסי ארנונה כפי שמשלם תושב עיר, ונוסף לכך זכאי להנחה בהתאם לגילו: 1% הנחה עבור כל שנת חיים לאחר גיל 60. ההנחה מחושבת לאחר הפחתת המענק מהסכום המקורי.

- תושב כפר משלם ארנונה עבור שטח המגורים והקרקע שבבעלותו וזכאי להנחה של 10%. **תושב כפר בן 60 ומעלה אינו זכאי להנחה התלויה בגיל.**

אם לאחר הפחתת ההנחה והמענק הסכום לתשלום מיסי הארנונה הוא מספר שלילי, התושב פטור מהתשלום (משלם 0 ש"ח).

הוחלט לפתח תוכנה לחישוב מיסי ארנונה ולגבייתם מהתושבים, ולשם כך הוגדר הממשק שלפניך.

```
interface IData
```

```
{
    public String getName(); // מחזירה שם של תושב
    public double getPropertyTax(); // מחזירה גובה של מס ארנונה
}
```

בסעיפים א-ב שלפניך עליך להגדיר את המחלקות לפי עקרונות של תכנות מונחה עצמים בהתאם לדרישות:

- את הנתונים לחישוב מס הארנונה (תשלום עבור שטח של דירה במ"ר, תשלום עבור שטח של קרקע במ"ר, שיעור ההנחה באחוזים, סכום המענק בש"ח) הגדר פעם אחת בלבד כקבועים.
- את כל התכונות שאינן קבועות הגדר כפרטיות (private).

א. הגדר מחלקה Resident (המייצגת תושב), המממשת את הממשק IData, וכתוב בה את תכונות המחלקה (אין צורך לכתוב פעולה בונה).

ב. הגדר שלוש מחלקות לכל אחת מקבוצות התושבים: CityResident – תושב עיר, SeniorCityResident – תושב עיר ותיק, VillageResident – תושב כפר.

כתוב את תכונות המחלקות ואת הפעולה `getPropertyTax()` שתאפשר לחשב את תשלום מס הארנונה לכל אחת משלוש קבוצות התושבים (אין צורך לכתוב פעולה בונה).

ג. נתון גוף פעולה המקבל מערך a של נתוני התושבים, ומדפיס עבור כל תושב עיר ותיק את שמו ואת סכום הארנונה שהוא נדרש לשלם.

```
for (int i = 0; i < a.length; i++)  
{  
    if (a[i] instanceof SeniorCityResident)  
    {  
        System.out.println(a[i].getName()+" "+a[i].getPropertyTax());  
    }  
}
```

עבור כל אחת מכותרות הפעולה (1)-(3) שלפניך, ציין אם הפעולה תקינה או אינה תקינה. אם הפעולה אינה תקינה – נמק מדוע, תקן את הפעולה, והעתק את הפעולה המתוקנת למחברתך.

- (1) public static void print(Object [] a)
- (2) public static void print(IData [] a)
- (3) public static void print(Resident [] a)

תכנות מונחה עצמים

15. אם למדת מסלול זה ואתה כותב ב- C#, ענה על אחת מן השאלות 15-16. (25 נקודות)
 לפניך פרויקט שהוגדרו בו המחלקות האלה: A, B, C, D, E. בפרויקט מומשה פעולה F() בשתי מחלקות.
 קטע קוד שלפניך תקין.

```
A a1 = new A();
A e1 = new E();
E c1 = new C();
C b1 = new B();
C d1 = new D();
```

נתון:

ההוראה: B d2=new D(); גורמת לשגיאת הידור (קומפילציה).
 ההוראה: a1.F(); גורמת לשגיאת הידור (קומפילציה).
 ההוראה: ((E)e1).F(); תקינה ומדפיסה "bye-bye".
 ההוראה: ((B)b1).F(); תקינה ומדפיסה "hello".
 ההוראה: ((D)d1).F(); גורמת לשגיאת זמן ריצה.

- א. צייר עץ ירושה של כל המחלקות, וציין באילו שתי מחלקות מומשה הפעולה F().
- ב. נתונה המחלקה Z:

```
public class Z
{
    public void G(){}
}
```

(1) הוסף את המחלקה Z לעץ הירושה שציירת בסעיף א כך שההוראה שלפניך תהיה תקינה:

```
Z x = new A();
```

(2) קטע הקוד שלפניך תקין.

```
A a2 = new A();
Z z1 = new Z();
Z a3 = new A();
```

לכל אחת מן ההוראות v-i שלפניך, ציין אם היא תקינה או אינה תקינה.
 אם ההוראה אינה תקינה, נמק מדוע.
 הסעיפים v-i אינם תלויים זה בזה:

- i a2 = z1;
- ii a3 = z1;
- iii ((A)z1).G();
- iv a2.G();
- v ((A)a3).G();

ג. נתונה המחלקה Y :

```
public class Y
{
    public void M(){
}
}
```

(1) הוסף את המחלקה Y לעץ הירושה שציירת בסעיף א כך שההוראה שלפניך תהיה תקינה (ללא התייחסות לנתונים בסעיף ב).

```
C f = new Y();
```

(2) קטע הקוד שלפניך תקין.

```
A a2 = new A();
```

```
Y y1 = new Y();
```

```
C y2 = new Y();
```

עבור כל אחת מן ההוראות v-i שלפניך, ציין אם היא תקינה א אינה תקינה.

אם ההוראה אינה תקינה, נמק מדוע.

הסעיפים v-i אינם תלויים זה בזה.

i a2 = y1;

ii y2 = y1;

iii ((A)y1).M();

iv y2.M();

v ((A)y2).M();

16. תשלום מיסי ארנונה (Property tax) הוא תשלום לרשויות המקומיות בעבור שטח המגורים והקרקע הנוספת שבבעלות התושבים. מחיר הארנונה הוא 10 ש"ח למ"ר של שטח המיועד למגורים ו- 0.5 ש"ח למ"ר של קרקע נוספת. לדוגמה, תושב שבבעלותו שטח למגורים בגודל 100 מ"ר ושטח קרקע בגודל 500 מ"ר משלם מיסי ארנונה בסכום של $100 \cdot 10 + 500 \cdot 0.5 = 1250$.

התושבים חולקו לשלוש קבוצות:

- **תושב עיר** משלם מיסי ארנונה עבור שטח המגורים והקרקע שבבעלותו, ומקבל מענק בסך 250 ש"ח לתשלום הארנונה.

- **תושב עיר ותיק** – תושב עיר בן 60 ומעלה – משלם מיסי ארנונה כפי שמשלם תושב עיר, ונוסף לכך זכאי להנחה בהתאם לגילו: 1% הנחה עבור כל שנת חיים לאחר גיל 60. ההנחה מחושבת לאחר הפחתת המענק מהסכום המקורי.

- **תושב כפר** משלם ארנונה עבור שטח המגורים והקרקע שבבעלותו וזכאי להנחה של 10%. **תושב כפר בן 60 ומעלה אינו זכאי להנחה התלויה בגיל.**

אם לאחר הפחתת ההנחה והמענק הסכום לתשלום מיסי הארנונה הוא מספר שלילי, התושב פטור מהתשלום (משלם 0 ש"ח).

הוחלט לפתח תוכנה לחישוב מיסי ארנונה ולגבייתם מהתושבים, ולשם כך הוגדר הממשק שלפניך.

```
interface IData
```

```
{
    string GetName(); // מחזירה שם של תושב
    double GetPropertyTax(); // מחזירה גובה של מס ארנונה
}
```

בסעיפים א-ב שלפניך עליך להגדיר את המחלקות לפי עקרונות של תכנות מונחה עצמים בהתאם לדרישות:

- את הנתונים לחישוב מס הארנונה (תשלום עבור שטח של דירה במ"ר, תשלום עבור שטח של קרקע במ"ר, שיעור ההנחה באחוזים, סכום המענק בש"ח) הגדר פעם אחת בלבד כקבועים.
- את כל התכונות שאינן קבועות הגדר כפרטיות (private).

א. הגדר מחלקה Resident (המייצגת תושב), המממשת את הממשק IData, וכתוב בה את תכונות המחלקה (אין צורך לכתוב פעולה בונה).

ב. הגדר שלוש מחלקות לכל אחת מקבוצות התושבים: CityResident – תושב עיר, SeniorCityResident – תושב עיר ותיק, VillageResident – תושב כפר.

כתוב את תכונות המחלקות ואת הפעולה GetPropertyTax() שתאפשר לחשב את תשלום מס הארנונה לכל אחת משלוש קבוצות התושבים (אין צורך לכתוב פעולה בונה).

ג. נתון גוף פעולה המקבל מערך a של נתוני התושבים ומדפיס עבור כל תושב עיר ותיק את שמו ואת סכום הארנונה שהוא נדרש לשלם.

```
for ( int i = 0; i < a.Length; i++)  
{  
    if (a[i] is SeniorCityResident)  
    {  
        Console.WriteLine (a[i].GetName()+" "+a[i].GetPropertyTax());  
    }  
}
```

עבור כל אחת מכותרות הפעולה (1)-(3) שלפניך, ציין אם הפעולה תקינה או אינה תקינה. אם הפעולה אינה תקינה — נמק מדוע, תקן את הפעולה, והעתק את הפעולה המתוקנת למחברתך.

- (1) public static void Print(Object [] a)
- (2) public static void Print(IData [] a)
- (3) public static void Print(Resident [] a)

בהצלחה!