

סוג הבחינה: א. בגרות לבתי ספר על-יסודיים
ב. בגרות לנבחנים חיצוניים
מועד הבחינה: קיץ תשע"ב, 2012
מספר השאלון: 603,899205

מדעי המחשב ב'

2 יחידות לימוד (השלמה ל-5 יח"ל)

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים.
פרק ראשון — בפרק זה ארבע שאלות, — (25×2) — 50 נקודות
ומהן יש לענות על שתיים.
פרק שני — בפרק זה שאלות בארבעה מסלולים שונים. — (25×2) — 50 נקודות
ענה על שאלות רק במסלול שלמדת,
לפי ההוראות בקבוצת השאלות במסלול זה.
סה"כ — 100 נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: כל חומר עזר, חוץ ממחשב הניתן לתכנות.
- ד. הוראות מיוחדות:
- (1) את כל התכניות שאתה נדרש לכתוב בשפת מחשב בפרק הראשון
כתוב בשפה אחת בלבד — C# או Java.
 - (2) רשום על הכריכה החיצונית של המחברת באיזו שפה אתה כותב — C# או Java.
 - (3) רשום על הכריכה החיצונית של המחברת את שם המסלול שלמדת,
אחד מארבעת המסלולים: מערכות מחשב ואסמבלר, מבוא לחקר ביצועים,
מודלים חישוביים, תכנות מונחה עצמים.
- הערה: בתכניות 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 כטייטה (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!

/המשך מעבר לדף/

השאלות

בשאלון זה שני פרקים: פרק ראשון ופרק שני.

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

פרק ראשון (50 נקודות)

שים לב: בכל שאלה שנדרש בה מימוש אתה יכול להשתמש בפעולות של המחלקות `Node<T>`, `Stack<T>`, `BinTreeNode<T>`, בלי לממש אותן. אם אתה משתמש בפעולות נוספות עליך לממש אותן.

ענה על שתיים מהשאלות 1-4 (לכל שאלה — 25 נקודות).

שים לב: לשאלה זו שני נוסחים: אחד ב-Java (עמודים 2-3), ואחד ב-C# (עמוד 4). עבוד על פי השפה שלמדת.

1.

לפותרים ב-Java

לפניך הפעולה הרקורסיבית `karamba` המקבלת מספר שלם `k`, מערך `a` שאיבריו מטיפוס שלם, ושני מספרים שלמים נוספים `s`, `e`, כאשר `s <= e`.

```
public static int karamba (int k , int[] a , int s , int e)
{
    if (s == e)
        if (a[s] > k)
            return a[s];
        else
            return 0;
    else
    {
        int p1 = karamba (k, a, s, (s+e)/2);
        int p2 = karamba (k, a, ((s+e)/2) + 1, e);
        return p1 + p2;
    }
}
```

א.

0	1	2	3	4	5
2	8	4	14	5	18

נתון מערך a :

לפניך זימון הפעולה karamba :

`System.out.println(karamba (6 , a , 1 , 5));`

עקוב אחר ביצוע הפעולה בעבור המערך a והזימון הנתון, ורשום מה יהיה הפלט כתוצאה מזימון הפעולה.

ב.

בעבור המערך b שלפניך:

0	1	2	3	4	5
2	2	2	2	2	2

תן דוגמה לזימון הפעולה karamba, שבעבורו יוחזר הערך 6.

ג.

מה מבצעת הפעולה karamba ?

ד.

מהי סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה karamba ? נמק את תשובתך.

לפותרים ב- C#

לפניך הפעולה הרקורסיבית Karamba המקבלת מספר שלם k , מערך a שאיבריו מטיפוס שלם, ושני מספרים שלמים נוספים s, e , כאשר $s \leq e$.

```
public static int Karamba (int k , int[] a , int s , int e)
{
    if (s == e)
        if (a[s] > k)
            return a[s];
        else
            return 0;
    else
    {
        int p1 = Karamba (k, a, s, (s+e)/2);
        int p2 = Karamba (k, a, ((s+e)/2) + 1, e);
        return p1 + p2;
    }
}
```

0	1	2	3	4	5	א.
2	8	4	14	5	18	נתון מערך a :

לפניך זימון הפעולה Karamba :

```
Console.WriteLine(Karamba (6 , a , 1 , 5));
```

עקוב אחר ביצוע הפעולה בעבור המערך a והזימון הנתון, ורשום מה יהיה הפלט כתוצאה מזימון הפעולה.

ב. בעבור המערך b שלפניך:

0	1	2	3	4	5
2	2	2	2	2	2

ג. תן דוגמה לזימון הפעולה Karamba, שבעבורו יוחזר הערך 6.

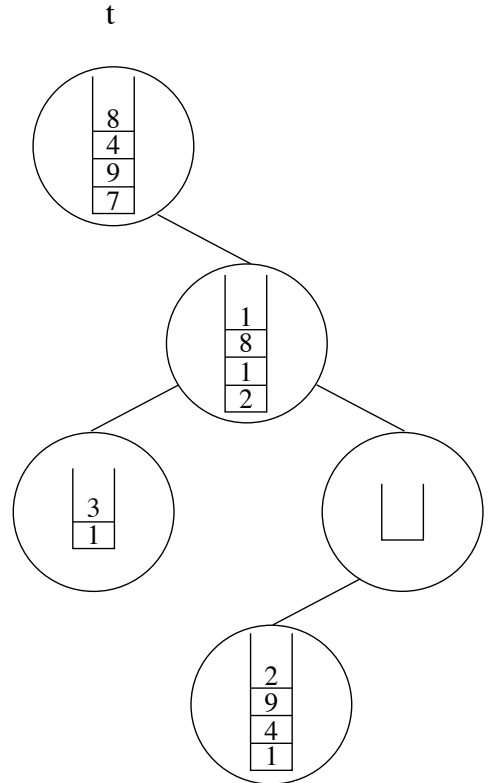
ד. מה מבצעת הפעולה Karamba ?

ה. מהי סיבוכיות זמן הריצה של הפעולה Karamba ? נמק את תשובתך.

2. א. כתוב פעולה חיצונית שתקבל עץ בינארי t לא ריק, שבו כל צומת מכיל מחסנית של מספרים שלמים גדולים מ-0.
- הפעולה תחזיר מחסנית. בעבור כל צומת בעץ t יוכנס איבר למחסנית המוחזרת באופן הזה:
- אם במחסנית שבצומת יש איבר אחד, יוכנס ערכו למחסנית שתוחזר. אם במחסנית שבצומת יש שני איברים, יוכנס סכומם למחסנית שתוחזר. אם המחסנית שבצומת ריקה, יוכנס 0 למחסנית שתוחזר. בכל מקרה אחר יוכנס למחסנית שתוחזר הסכום של שלושת האיברים העליונים של המחסנית שבצומת.
- סדר האיברים במחסנית שתוחזר יהיה לפי סריקה בסדר תוכי (inorder) של צומתי העץ t .
- אין צורך לשמור את תוכן המחסניות שבצומתי העץ t .
- לדוגמה בעבור העץ t :

המחסנית שתוחזר:

0
15
10
4
21



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

3.

שים לב: לשאלה זו שני נוסחים: אחד ב־ Java (עמוד 6), ואחד ב־ C# (עמוד 7). עבוד על פי השפה שלמדת.

לפותרים ב־ Java

קבוצה ממשית (RealSet) היא אוסף של מספרים ממשיים בלי חזרות ובלי סדר מחייב של הערכים.

לפניך ממשק חלקי של המחלקה **RealSet**.

שם הפעולה	תיאור
RealSet()	הפעולה בונה קבוצה ממשית ריקה.
int size()	הפעולה מחזירה את מספר האיברים בקבוצה.
void insert(double num)	הפעולה מוסיפה לקבוצה את המספר num, אם הוא לא נמצא בקבוצה.
void remove(double num)	הפעולה מוחקת את המספר num מהקבוצה, אם הוא נמצא בקבוצה.
double findBiggest()	הפעולה מחזירה את המספר הגדול בקבוצה. הנח שהקבוצה אינה ריקה.

א. כתוב ב־ Java פעולה חיצונית בשם clone, שתקבל **קבוצה ממשית** rs לא ריקה,

ותחזיר **קבוצה ממשית** חדשה שתכיל את כל האיברים שיש ב־ rs.

לאחר סיום ביצוע הפעולה, על rs להכיל את כל המספרים שהיא הכילה לפני ביצוע הפעולה, ורק אותם.

ב. כתוב ב־ Java פעולה חיצונית בשם buildNeg, שתקבל **קבוצה ממשית** rs לא ריקה,

ותחזיר **קבוצה ממשית** שתכיל רק את המספרים השליליים שנמצאים ב־ rs.

לאחר סיום ביצוע הפעולה, על rs להכיל את כל המספרים שהיא הכילה לפני ביצוע הפעולה, ורק אותם.

השתמש בפעולה שכתבת בסעיף א.

הערה: אתה יכול להשתמש בפעולות המחלקה **RealSet** בלי לממש אותן.

אם אתה משתמש בפעולות נוספות, עליך לממש אותן.

לפותרים ב- C#

קבוצה ממשית (RealSet) היא אוסף של מספרים ממשיים בלי חזרות ובלי סדר מחייב של הערכים.

לפניך ממשק חלקי של המחלקה **RealSet**.

שם הפעולה	תיאור
RealSet()	הפעולה בונה קבוצה ממשית ריקה.
int Size()	הפעולה מחזירה את מספר האיברים בקבוצה.
void Insert(double num)	הפעולה מוסיפה לקבוצה את המספר num, אם הוא לא נמצא בקבוצה.
void Remove(double num)	הפעולה מוחקת את המספר num מהקבוצה, אם הוא נמצא בקבוצה.
double FindBiggest()	הפעולה מחזירה את המספר הגדול בקבוצה. הנח שהקבוצה אינה ריקה.

א. כתוב ב- C# פעולה חיצונית בשם Clone, שתקבל **קבוצה ממשית** rs לא ריקה,

ותחזיר **קבוצה ממשית** חדשה שתכיל את כל האיברים שיש ב- rs.

לאחר סיום ביצוע הפעולה, על rs להכיל את כל המספרים שהיא הכילה לפני ביצוע הפעולה, ורק אותם.

ב. כתוב ב- C# פעולה חיצונית בשם BuildNeg, שתקבל **קבוצה ממשית** rs לא ריקה,

ותחזיר **קבוצה ממשית** שתכיל רק את המספרים השליליים שנמצאים ב- rs.

לאחר סיום ביצוע הפעולה, על rs להכיל את כל המספרים שהיא הכילה לפני ביצוע הפעולה, ורק אותם.

השתמש בפעולה שכתבת בסעיף א.

הערה: אתה יכול להשתמש בפעולות המחלקה **RealSet** בלי לממש אותן.

אם אתה משתמש בפעולות נוספות, עליך לממש אותן.

שים לב: לשאלה זו שני נוסחים: אחד ב־ Java (עמודים 8-9), ואחד ב־ C# (עמודים 10-11). עבוד על פי השפה שלמדת.

לפותרים ב־ Java

המשחק 'שחק נא' הוא משחק לשחקן אחד בשני שלבים. השחקן מקבל 52 קלפים מעורבבים, שונים זה מזה. על כל קלף יש מספר בין 1 ל־ 13, וצירור של אחת מארבע צורות. הצורות מיוצגות על ידי המספרים 1 עד 4.

בשלב הראשון השחקן מחלק את הקלפים לארבע ערמות על פי הצורה של הקלף, כך שבכל ערמה יש קלפים עם אותה צורה. הקלפים מונחים זה על גבי זה.

בשלב השני השחקן מגריל מספר בין 1 ל־ 4 המייצג צורה של קלף. השחקן פונה לערמה שעל כל הקלפים בה נמצאת הצורה שמיוצגת על ידי המספר שהוגרל. הוא מרים את הקלף שבראש הערמה, ומעביר אותו לערמה חמישית.

שלב זה יתבצע עד שהמשחק יסתיים.

המשחק מסתיים כאשר מוגרל מספר המייצג ערמה שאין בה קלפים.

ניצחון הוא מצב שבו סכום המספרים שעל הקלפים בערמה החמישית מתחלק ב־ 100 ללא שארית.

לאחר שהמשחק מסתיים בודקים אם יש ניצחון.

לצורך מימוש המשחק הוגדרו המחלקות: **Card** המייצגת קלף אחד, **Deck** המייצגת את חמש הערמות הנדרשות במשחק, ו־ **Test** המנהלת את המשחק.

כמו כן נכתבה במחלקה **Test** הפעולה `public static boolean game(Card[] cards)`, המקבלת מערך של 52 קלפים שונים המסודרים באופן אקראי. הפעולה מנהלת את המשחק עד סיומו. הפעולה מחזירה `true` אם המשחק הסתיים בניצחון, ואחרת – `false`.

לפניך המחלקה **Card** המייצגת קלף שעליו מספר (value) בין 1 ל־ 13 וצורה (shape) בין 1 ל־ 4.

```
public class Card
{
    private int value;
    private int shape;

    public Card (int value, int shape)
    {
        this.value = value;
        this.shape = shape;
    }

    public int getValue () { return this.value; }
    public int getShape () { return this.shape; }
}
```


- א. i כתוב ב־ Java את כותרת המחלקה **Deck** ואת התכונות שלה.
- ii כתוב ב־ Java במחלקה **Deck** את כותרות הפעולות האלה:
- פעולה בונה המגדירה את חמש הערמות להיות ריקות.
 - פעולה insert המקבלת קלף ומוסיפה אותו לערמה הנכונה על פי השלב הראשון במשחק.
 - פעולה move המגרילה מספר המייצג צורה. אם ערמת הקלפים שצורתה הוגרלה היא ריקה, הפעולה תחזיר false. אחרת — הפעולה תעביר לערמה החמישית את הקלף שבראש הערמה שמספרה הוגרל ותחזיר true.
 - פעולה sum המחזירה את הסכום הנוכחי של המספרים שעל הקלפים בערמה החמישית.
- שים לב: בתת־סעיף זה אין צורך לממש את הפעולות.
- ב. ממש ב־ Java את הפעולה הבונה במחלקה **Deck**.
- ג. ממש ב־ Java את הפעולה sum במחלקה **Deck**.
- ד. ממש ב־ Java את הפעולה game במחלקה **Test**.
- אתה יכול להשתמש בפעולות insert ו־ move של המחלקה Deck, בלי לממש אותן. אם אתה משתמש בפעולות נוספות, עליך לממש אותן.

לפותרים ב- C#

המשחק 'שחק נא' הוא משחק לשחקן אחד בשני שלבים. השחקן מקבל 52 קלפים מעורבבים, שונים זה מזה. על כל קלף יש מספר בין 1 ל- 13, וציור של אחת מארבע צורות. הצורות מיוצגות על ידי המספרים 1 עד 4.

בשלב הראשון השחקן מחלק את הקלפים לארבע ערמות על פי הצורה של הקלף, כך שבכל ערמה יש קלפים עם אותה צורה. הקלפים מונחים זה על גבי זה.

בשלב השני השחקן מגריל מספר בין 1 ל- 4 המייצג צורה של קלף. השחקן פונה לערמה שעל כל הקלפים בה נמצאת הצורה שמיוצגת על ידי המספר שהוגרל. הוא מרים את הקלף שבראש הערמה, ומעביר אותו לערמה חמישית.

שלב זה יתבצע עד שהמשחק יסתיים.

המשחק מסתיים כאשר מוגרל מספר המייצג ערמה שאין בה קלפים.

ניצחון הוא מצב שבו סכום המספרים שעל הקלפים בערמה החמישית מתחלק ב- 100 ללא שארית.

לאחר שהמשחק מסתיים בודקים אם יש ניצחון.

לצורך מימוש המשחק הוגדרו המחלקות: **Card** המייצגת קלף אחד, **Deck** המייצגת את חמש הערמות הנדרשות במשחק, ו- **Test** המנהלת את המשחק.

כמו כן נכתבה במחלקה **Test** הפעולה `Game(Card[] cards)` `public static bool`, המקבלת מערך של 52 קלפים שונים המסודרים באופן אקראי. הפעולה מנהלת את המשחק עד סיומו. הפעולה מחזירה `true` אם המשחק הסתיים בניצחון, ואחרת – `false`.

לפניך המחלקה **Card** המייצגת קלף שעליו מספר (value) בין 1 ל- 13 וצורה (shape) בין 1 ל- 4.

```
public class Card
{
    private int value;
    private int shape;

    public Card (int value, int shape)
    {
        this.value = value;
        this.shape = shape;
    }

    public int GetValue () { return this.value; }
    public int GetShape () { return this.shape; }
}
```

/המשך בעמוד 11/

א. i כתוב ב־ C# את כותרת המחלקה **Deck** ואת התכונות שלה.

ii כתוב ב־ C# במחלקה **Deck** את כותרות הפעולות האלה:

— פעולה בונה המגדירה את חמש הערמות להיות ריקות.

— פעולה Insert המקבלת קלף ומוסיפה אותו לערמה הנכונה על פי השלב הראשון במשחק.

— פעולה Move המגרילה מספר המייצג צורה. אם ערמת הקלפים שצורתה הוגרלה היא ריקה, הפעולה תחזיר false. אחרת — הפעולה תעביר לערמה החמישית את הקלף שבראש הערמה שמספרה הוגרל ותחזיר true.

— פעולה Sum המחזירה את הסכום הנוכחי של המספרים שעל הקלפים בערמה החמישית.

שים לב: בתת־סעיף זה אין צורך לממש את הפעולות.

ב. ממש ב־ C# את הפעולה הבונה במחלקה **Deck**.

ג. ממש ב־ C# את הפעולה Sum במחלקה **Deck**.

ד. ממש ב־ C# את הפעולה Game במחלקה **Test**.

אתה יכול להשתמש בפעולות Insert ו־ Move של המחלקה Deck בלי לממש אותן. אם אתה משתמש בפעולות נוספות, עליך לממש אותן.

פרק שני (50 נקודות)

בפרק זה שאלות בארבעה מסלולים:

מערכות מחשב ואסמבלר, עמ' 12-16

מבוא לחקר ביצועים, עמ' 17-24

מודלים חישוביים, עמ' 25-28

תכנות מונחה עצמים ב-Java, עמ' 29-34 ; תכנות מונחה עצמים ב-C#, עמ' 35-40

ענה רק על שאלות במסלול שלמדת.

מערכות מחשב ואסמבלר

אם למדת מסלול זה, ענה על שתיים מהשאלות 5-8 (לכל שאלה — 25 נקודות).

5. בשאלה זו שני סעיפים א-ב, שאין קשר ביניהם. ענה על שניהם.

א. במקטע הנתונים הוגדר המשתנה A בצורה זו:

```
A    DB    69H
```

לפניך קטע תכנית באסמבלר.

```
MOV CX, 2
MOV AX, 0
MOV AL, A
ADD AH, A
NEXT: SHL AX, CL
      OR  AL, AH
      SHR AH, CL
      LOOP NEXT
      MOV A, AL
FINISH: NOP
```

עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר ביצוע קטע התכנית.

בטבלת המעקב פֶּרט בכל שלב את התוכן של: CL, AH, AL.

ב. (אין קשר לסעיף א.)

לפניך קטע תכנית באסמבלר.

לאחר ביצוע הקטע, הסיביות של המשתנה PLACE יירשמו בסדר הפוך: הסיבית שהייתה פחות משמעותית תהיה הסיבית המשמעותית ביותר. הסיבית שהייתה במקום 14 תהיה הסיבית במקום 1 וכך הלאה.
לדוגמה:

1011011101011001 : המשתנה PLACE לפני ביצוע קטע התכנית:

1001101011101101 : ולאחר ביצוע קטע התכנית:

(1) מקטע התכנית הושמטו שורות במקומות המסומנים i-ii.

רשום במחברתך את מספרי השורות המסומנות, וכתוב ליד כל אחד מן המספרים את שורת הפקודה החסרה, כך שקטע התכנית יבצע את הנדרש.

במקטע הנתונים הוגדרו הנתונים כך:

PLACE DW 0B759H

i

	MOV	DX , 0	
	MOV	BX , 1	
	MOV	CX , 0FH	
AGAIN:	AND	BX , AX	
	SHR	AX , 1	(a)
	SHL	BX , CL	
	OR	DX , BX	

ii

	LOOP	AGAIN
	OR	DX , AX
	MOV	PLACE , DX
SOF:	NOP	

(2) אם ההוראה המסומנת (a) תוחלף בהוראה SAR AX , 1

האם הביצוע של קטע זה ישתנה? הסבר את תשובתך.

6. בשאלה זו שני סעיפים א-ב שאין קשר ביניהם. ענה על שניהם.

א. נתונה מפת זיכרון של מערך:

כתובת	נתון
204H	2
205H	6
206H	21
207H	A8
208H	1A
209H	11
20AH	C
20BH	F1

לפניך קטע תכנית באסמבלר.

```
START:  MOV SI, 20AH
        MOV CX, 7
CONT:   MOV AL, [SI]
        MOV [SI + 1], AL
        DEC SI
        LOOP CONT

        MOV SI, 204H
        MOV AL, 0
        MOV [SI], AL
```

(1) עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר קטע התכנית בעבור המערך הנתון.
 בטבלת המעקב פֶּרט בכל שלב את התוכן של: SI, AL, CX, ואת מפת הזיכרון של המערך.
 שים לב: כל המספרים הם הקסדצימליים.

(2) מה מבצע קטע התכנית?

ב. (אין קשר לסעיף א.)

לפניך שני קטעי תכנית באסמבלר, i-ii.

כתוב את הערך של AL, וציין מהו הערך של הדגלים SF, ZF, CF, OF, PF לאחר ביצוע כל אחד מהקטעים.

```
i    MOV    AL, 0A1H
      SUB    AL, 11111101B

ii   MOV    AL, 01110111B
      ADD    AL, 29D
```

/המשך בעמוד 15/

7. לפניך קטע תכנית באסמבלר. בתחילת קטע התכנית הוגדרו הנתונים במקטע הנתונים בצורה זו:

```
NUMBER    DW 0A305H
SUM        DW 1111H
CHECK      DB ?
```

שים לב: הנתונים הם הקסדצימליים.

```
START:     MOV     AX , 8888H
           PUSH    AX
           PUSH    SUM
           CALL    UPLIL
           JMP     FINISH

UPLIL      PROC
           MOV     BP , SP
           MOV     CHECK , 0
           MOV     DX , NUMBER
           MOV     CL , DL
AGAIN:     MOV     AX , [BP + 2]
           SHL     AX , 1
           MOV     [BP + 2] , AX
           MOV     DX , [BP + 4]
           CMP     DX , [BP + 2]
           JZ      DONE
           LOOP    AGAIN
           JMP     SOF
DONE:      MOV     CHECK , 1
SOF:       RET     4
UPLIL      ENDP

FINISH:    NOP
```

א. עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר ביצוע קטע התכנית, ורשום את התוכן של:

AX , CL , DX , [BP + 2] , [BP + 4] , CHECK

ב. מה יהיה התוכן של תא הזיכרון SUM בסיום קטע התכנית?

8. במקטע הנתונים מוגדרים שני מערכים.

המערך NUMBERS בגודל 100 בתים, המכיל מספרים הקסדצימליים בין 0 ל- 0FF, והמערך APP החל מכתובת 2500H, בגודל 256 בתים, המכיל אפסים. כתוב באסמבלר תכנית, שתעבור פעם אחת בלבד על כל איברי המערך NUMBERS, ותרשום במקום ה־ i במערך APP את מספר הפעמים שהמספר i מופיע במערך NUMBERS.

/המשך בעמוד 17/

מבוא לחקר ביצועים

אם למדת מסלול זה, ענה על שתיים מהשאלות 9-12 (לכל שאלה — 25 נקודות).

9. בשאלה זו שני סעיפים א-ב שאינם תלויים זה בזה. ענה על שני הסעיפים.

א. יהי $G = (V, E)$ גרף מכוון המיוצג על ידי מטריצת הסמיכויות שלפניך:

	a	b	c	d	e
a	0	0	1	0	0
b	0	0	0	1	0
c	0	1	0	0	1
d	0	0	0	0	0
e	1	0	0	0	0

(1) סרטט את הגרף G המיוצג על ידי המטריצה.

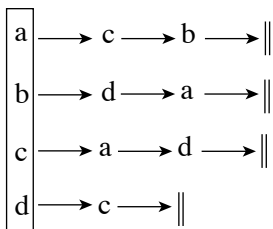
(2) כמה רכיבי קשירות חזקה (רק"חים) יש בגרף הנתון, ומה הם?

(3) מהו המספר המינימלי של קשתות שיש להוסיף לגרף הנתון כדי שהגרף יהיה גרף קשיר

היטב, כלומר הגרף יכיל רק"ח אחד בלבד? ציין את הקשת או את הקשתות שיש להוסיף.

ב. (אין קשר לסעיף א.)

יהי $G = (V, E)$ גרף מכוון המיוצג על ידי רשימת הסמיכויות שלפניך:



(1) הפעל אלגוריתם סריקה לעומק (DFS) על הגרף הנתון החל מקדקוד b.

סרטט במחברתך את העץ הפורש DFS שמתקבל. התבסס על הייצוג הנתון על ידי רשימת הסמיכויות.

(2) הפעל אלגוריתם סריקה לרוחב (BFS) על הגרף הנתון החל מקדקוד b.

סרטט במחברתך את העץ הפורש BFS שמתקבל. התבסס על הייצוג הנתון על ידי רשימת הסמיכויות.

(3) סרטט את הגרף G המיוצג על ידי רשימת הסמיכויות.

10. נתונה בעיית תכנון לינארי:

$$\max \{z = 7x_1 - 5x_2\}$$

בכפוף לאילוצים האלה:

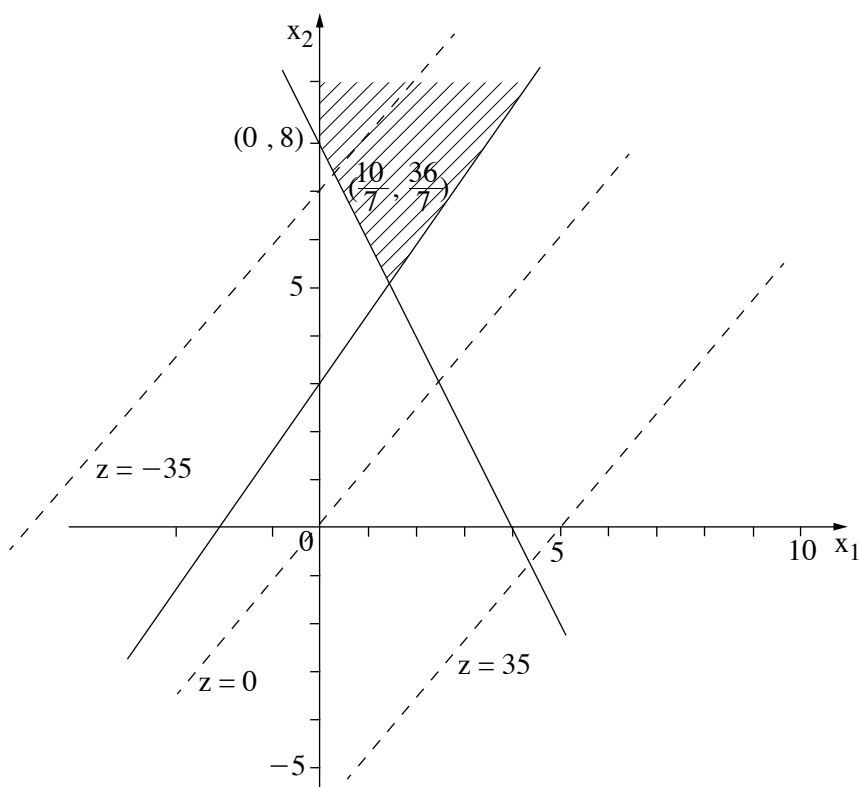
$$-3x_1 + 2x_2 \geq 6$$

$$2x_1 + x_2 \geq 8$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

לפניך סרטוט של תחום הפתרונות האפשריים של הבעיה הנתונה, ובו שלושה קווי גובה (קווים מקווקווים) בעבור $z = 35$, $z = 0$, $z = -35$.



כל אחד מהסעיפים א-ו שלפניך מתייחס לבעיית התכנון הלינארי הנתונה.
הסעיפים אינם תלויים זה בזה. ענה על כל הסעיפים.
לפניך ארבעה היגדים i-iv.

i הפתרון האופטימלי הוא יחיד.

ii יש אינסוף פתרונות אופטימליים.

iii הפתרון האופטימלי לא חסום.

iv אין פתרון אופטימלי.

לכל אחד מהסעיפים א-ו, יש היגד אחד נכון, מבין ההיגדים i-iv.
העתק למחברתך את ההיגד הנכון.

- 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 למצוא 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.

ב. משנים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה

$$\text{ל- } \min \{z = 7x_1 - 5x_2\}.$$

איזה היגד הוא הנכון לאחר שינוי פונקציית המטרה? נמק.

ג. משנים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה

$$\text{ל- } \max \{z = -6x_1 + 4x_2\}.$$

איזה היגד הוא הנכון לאחר שינוי פונקציית המטרה? נמק.

ד. משנים רק את פונקציית המטרה של הבעיה הנתונה בתחילת השאלה

$$\text{ל- } \min \{z = -6x_1 + 4x_2\}.$$

איזה היגד הוא הנכון לאחר שינוי פונקציית המטרה? נמק.

ה. מוסיפים אילוץ נוסף לבעיה הנתונה בתחילת השאלה: $2x_1 + x_2 \leq 8$.

איזה היגד הוא הנכון לאחר הוספת האילוץ? נמק.

ו. מוסיפים אילוץ נוסף לבעיה הנתונה בתחילת השאלה: $x_2 \leq 3$.

איזה היגד הוא הנכון לאחר הוספת האילוץ? נמק.

11. בשאלה זו חמישה סעיפים א-ה שאינם תלויים זה בזה. ענה על כל הסעיפים.

א. בטבלה שלפניך נתון חלק מפתרון בסיסי אפשרי לבעיית תובלה: $x_{11} = 90$, $x_{12} = 10$.

מקורות	יעדים			היצע
	1	2	3	
1	10 90	15 10	17	100
2	10	18	14	110
3	15	20	18	100
ביקוש	90	120	100	

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם אותה לפי שיטת הפינה הצפונית מערבית.

ב. בטבלה שלפניך נתון חלק מפתרון בסיסי אפשרי לבעיית תובלה, ונתונים ערכים של

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

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	12 200	15	17	200	2
2	10	18 100	14	100	0
3	20	10	18 100	150	-8
ביקוש	200	150	100		
v_j	10	18	26		

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם אותה לפי שיטת הפינה הצפונית מערבית

תוך התחשבות בערכים של u_i -ים ו- v_j -ים, כך שיתקבל פתרון בסיסי אפשרי.

ג. בטבלה שלפניך נתון פתרון בסיסי אפשרי לבעיית תובלה, ונתונים ערכים של $u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3$. האם הפתרון הוא אופטימלי? נמק את תשובתך.

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	14	15 150	17 30	180	0
2	10 100	8 0	14	100	-7
3	15	20	18 100	100	1
ביקוש	100	150	130		
v_j	17	15	17		

ד. בטבלה שלפניך נתון פתרון חלקי לבעיית תובלה, ונתונים ערכים של $u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3$. שמתאימים לפתרון זה.

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	10 20	25	30	20	10
2	10	22	14	50	10
3	16	20	20	60	16
ביקוש	50	40	40		
v_j	0	4	4		

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם את הפתרון תוך התחשבות בערכים של u_i ו- v_j ימים. כך שיתקבל פתרון בסיסי אפשרי.

ה. בטבלה שלפניך נתון פתרון אופטימלי לבעיית תובלה, ונתונים ערכים של $u_1, u_2, u_3, v_1, v_2, v_3$, שמתאימים לפתרון זה.

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	10 20	25	16	20	10
2	10 30	22	14 20	50	10
3	18	20 40	20 20	60	16
ביקוש	50	40	40		$Z = 1980$
v_j	0	4	4		

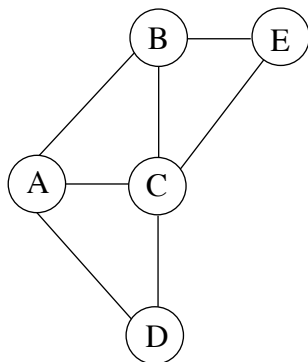
- (1) האם הפתרון האופטימלי הוא יחיד? נמק.
- (2) מחסירים 4 מהעלות ליחידה ממקור 3 לכל יעד ומקבלים בעיה חדשה, המוצגת בטבלה שלפניך.

מקורות	יעדים			היצע	u_i
	1	2	3		
1	10 20	25	16	20	
2	10 30	22	14 20	50	
3	14	16 40	16 20	60	
ביקוש	50	40	40		$Z =$
v_j	0				

העתק את הטבלה למחברתך, והשלם את הערכים של u_i ים, v_j ים Z .
האם הפתרון הנתון בטבלה הוא פתרון אופטימלי? נמק את תשובתך.

12. בשאלה זו שני סעיפים א-ב שאינם תלויים זה בזה. ענה על שני הסעיפים.

א. יהי $G = (V, E)$ גרף לא מכוון:



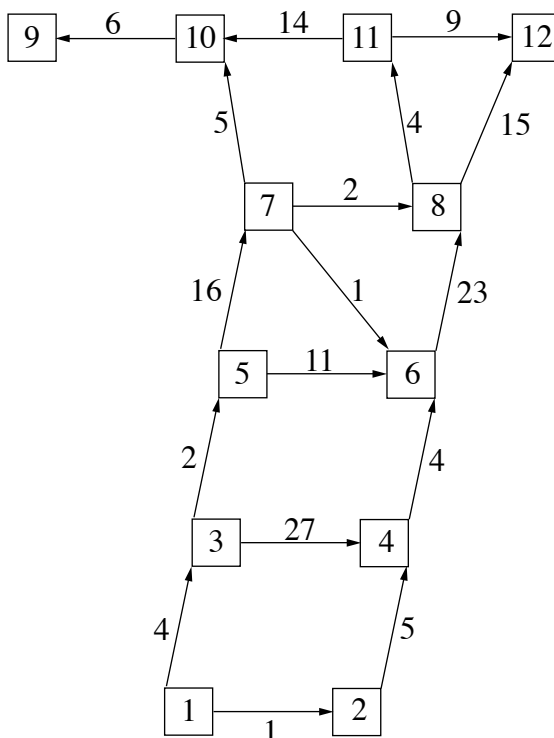
- (1) הצג את הגרף באמצעות מטריצת סמיכויות.
- (2) מהי הדרגה של כל אחד מהקדקודים בגרף?
- (3) האם הגרף הנתון הוא גרף קשיר? נמק את תשובתך.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

/המשך בעמוד 24/

ב. (אין קשר לסעיף א.)

הדס ועידית עובדות באותו מקום עבודה. לאחר יום העבודה כל אחת נוסעת לביתה. התרשים שלפניך מתאר את רשת הכבישים שבה הן נוסעות. מקום העבודה נמצא ליד צומת 1. הדס גרה ליד צומת 9 ועידית — ליד צומת 12. הערך לצד כל קשת מציין את זמן הנסיעה בכביש בדקות.



- (1) מהו הזמן המינימלי שדרוש לכל אחת מהן כדי להגיע לביתה? סרטט במחברתך את מסלול הנסיעה המתאים בעבור כל אחת מהן.
 - (2) במסלולים שסרטטת מִצָא קשת אחת שאפשר להקטין את הערך שלה, כך שעידית תגיע ראשונה.
- סרטט את המסלול לאחר השינוי.

מודלים חישוביים

אם למדת מסלול זה, ענה על שתיים מהשאלות 13-16 (לכל שאלה — 25 נקודות).

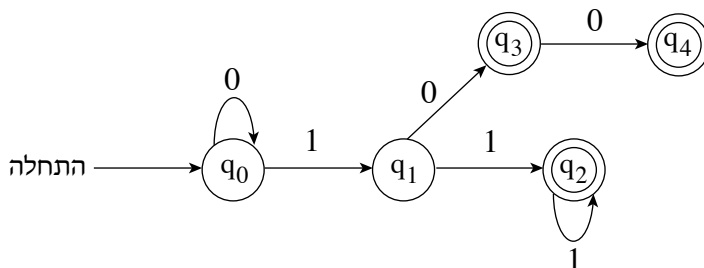
13. בשאלה זו שני סעיפים א-ב שאינם תלויים זה בזה. ענה על שני הסעיפים.

א. לפניך השפה L מעל הא"ב $\{0, 1\}$:

$L = \{11 \text{ או } 10 \text{ או } 111 \text{ או } 110 \text{ או } 101 \text{ או } 100 \text{ או } 1110 \text{ או } 1101 \text{ או } 1100 \text{ או } 1011 \text{ או } 1010 \text{ או } 1001 \text{ או } 1000\}$

לפניך סרטוט חלקי של אוטומט סופי דטרמיניסטי המקבל את השפה L .

בסרטוט חסרים מעברים וסימני קלט.



הסרטוט מכיל את כל המצבים של האוטומט ואת כל המצבים המקבלים.

העתק למחברתך את הסרטוט, והשלם אותו כך שהאוטומט יקבל את השפה L .

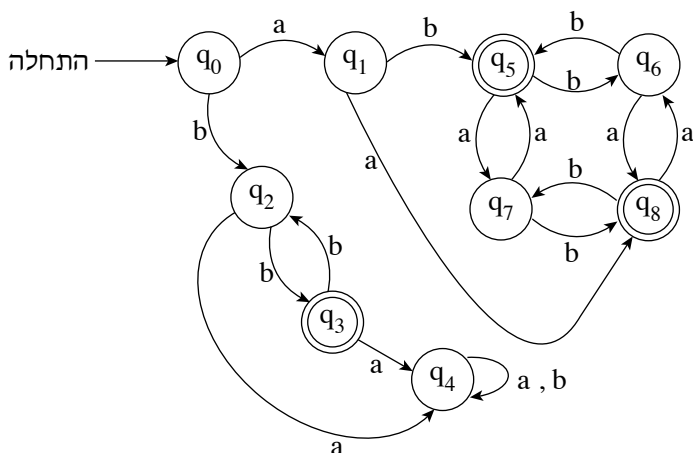
עליך להשלים את המעברים החסרים ואת סימני הקלט החסרים.

שים לב: אין להוסיף מצבים לאוטומט, ואין להוריד ממנו מצבים.

(שים לב: המשך שאלה בעמוד הבא.)

ב. (אין קשר לסעיף א.)

לפניך אוטומט סופי דטרמיניסטי המקבל את שפה L מעל הא"ב $\{a, b\}$.



- (1) כתוב מילה באורך מינימלי המתקבלת על ידי האוטומט.
- (2) כתוב מילה המתחילה ב- a שאורכה גדול מ-3 ומתקבלת על ידי האוטומט.
- (3) כתוב מילה המתחילה ב- b שאורכה גדול מ-3 ומתקבלת על ידי האוטומט.
- (4) מהי השפה L המתקבלת על ידי האוטומט? בתשובתך התייחס למילים המתחילות ב- a ולמילים המתחילות ב- b .

14. לפניך השפה L מעל הא"ב $\{a, b, c\}$:

$$L = \{(aba)^n c (bab)^{2n+1} \mid n > 0\}$$

בנה אוטומט מחסנית שיקבל את השפה L .

15. בשאלה זו שלושה סעיפים א, ב, ג שאינם תלויים זה בזה. ענה על כל הסעיפים.

א. לפניך השפות L_1 , L_2 מעל הא"ב $\{a, b, c\}$:

$$L_1 = \{a^n b^n c^n \mid n \geq 1\}$$

$$L_2 = \{a^m \mid m \geq 1\}$$

נתונות שתי מילים ב- L_2 : $w_1 = a^i$, $w_2 = a^j$, כך ש- $j \neq i$.

מצא מילה w כך שיתקיים:

$$w_1 w \in L_1$$

$$w_2 w \notin L_1$$

ב. לפניך השפות L_1 , L_2 מעל הא"ב $\{a, b\}$:

$L_1 = \{v \mid v \text{ היא מילה מתוך אוסף כל המילים מעל הא"ב } \{a, b\}, \text{ כולל המילה הריקה}\}$

$$L_2 = \{a^m b \mid m \geq 1\}$$

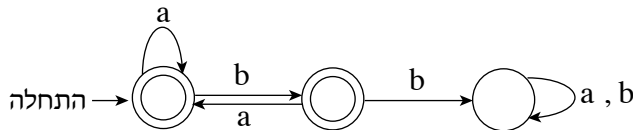
נתונות שתי מילים ב- L_2 : $w_1 = a^i b$, $w_2 = a^j b$, כך ש- $j \neq i$.

מצא מילה w כך שיתקיים:

$$w_1 w \in L_1$$

$$w_2 w \notin L_1$$

ג. לפניך אוטומט סופי דטרמיניסטי:



לכל אחת מהטענות i-iii, קבע אם היא נכונה או אינה נכונה.

אם הטענה אינה נכונה, כתוב מילה המפריכה אותה.

i שפת האוטומט היא אוסף כל המילים מעל הא"ב $\{a, b\}$ שבהן בכל פעם שמופיעה b , מופיעה אחריה a .

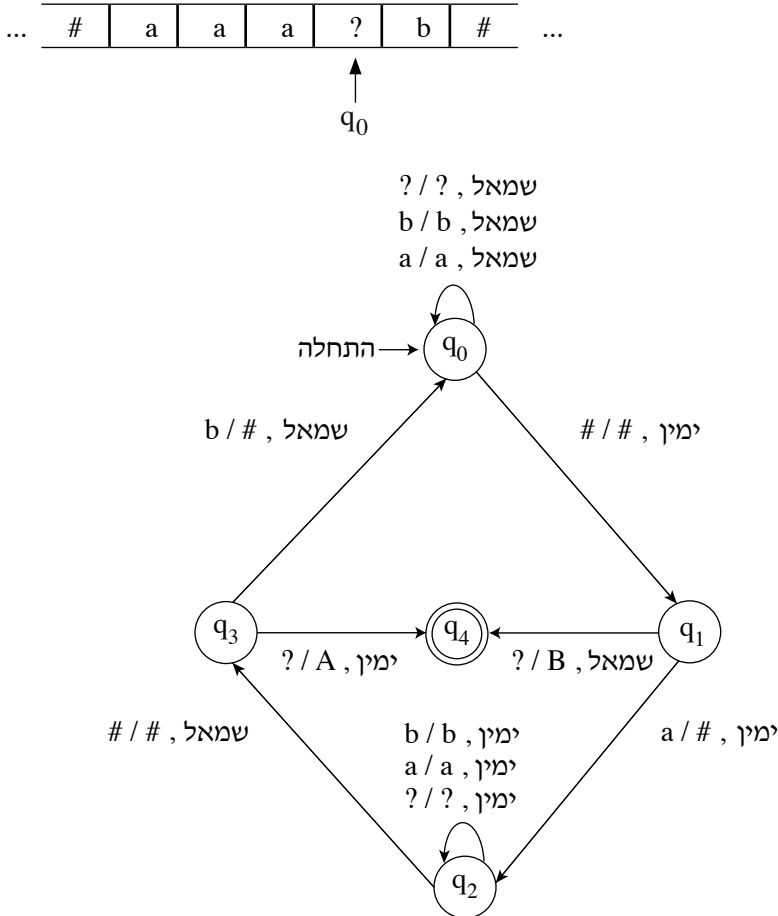
ii שפת האוטומט היא אוסף כל המילים מעל הא"ב $\{a, b\}$ המסתיימות ב- a או מסתיימות ב- b .

iii שפת האוטומט היא אוסף כל המילים מעל הא"ב $\{a, b\}$ שאין בהן שני b -ים רצופים.

16. לפניך מכונת טיורינג.

על סרט הקלט של המכונה רשומה מילה מהצורה: $\{ \#a^n?b^m\# \mid n, m > 0 \}$
וראש המכונה מצביע על התו ?.

לדוגמה: בעבור $n = 3$ ו- $m = 1$ הסרט יראה כך:



א. הראה את מסלול החישוב של המכונה בעבור הקלט המופיע בדוגמה, וציין את פלט המכונה.

בכל שלב רשום את מצב הסרט, סמן היכן נמצא ראש המכונה, ורשום באיזה מן המצבים המכונה נמצאת.

ב. כתוב את התו שיירשם במקום התו ? בעבור הקלט $\#aa?bb\#$.

ג. מה מבצעת המכונה?

תכנות מונחה עצמים

אם למדת מסלול זה ואתה כותב ב-Java, ענה על שתיים מהשאלות 17-20.
(לכל שאלה — 25 נקודות)

17. נתון:

```
public class A
{
    private int myVal;
    public A (int val)    {myVal = val;}
    public int f ()      {return 1;}
}

public class B extends A
{
    private double x;
    public boolean validCode() {return x > 8.0;}
}
```

א. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע לכל אחד מהם אם הוא נכון או אינו נכון, ונמק את קביעתך.

i המחלקה A יורשת את הפעולה validCode מהמחלקה B.

ii המחלקה B יורשת את כל התכונות ואת כל הפעולות של המחלקה A.

iii המחלקה B יכולה לגשת ישירות לתכונות של המחלקה A.

iv המחלקה A יכולה לגשת לתכונה x של המחלקה B.

ב. ממש במחלקה B פעולה בונה שמקבלת כפרמטר מספר שלם ומספר ממשי (בסדר זה), ומאתחלת את התכונות בהתאם.

ג. לפניך שתי הגדרות מהתכנית הראשית:

```
A code = new B(127 , 1.4);
```

```
A num = new A(613);
```

בעבור כל אחת מההוראות i-iv שלפניך, קבע אם היא תקינה או אינה תקינה.

אם אינה תקינה, נמק את קביעתך וכתוב אם זו שגיאת ריצה או שגיאת הידור (קומפילציה).

i boolean myBool = code.validCode();

ii boolean myBool = num.validCode();

iii boolean myBool = (B) code.validCode();

iv boolean myBool = (B) num.validCode();

ד. מעוניינים לדעת, בזמן הריצה, כמה פעמים הפעולה f הופעלה מעצם מסוג A שאינו B, וכמה פעמים היא הופעלה מעצם מסוג B.

אם אפשר לקבל מידע זה — הוסף הוראה או הוראות שנדרשות כדי לקבל את המידע.

העתק למחברתך את המחלקה או המחלקות שבהן הוספת הוראה / הוראות.

אם אי־אפשר לקבל את המידע — הסבר מדוע.
/המשך בעמוד 30/

18. לפניך פרויקט ובו המחלקות A, B ו־Run.

```

public class A
{
    private int n;
    private char ch;

    public A()           {    n = 2;           ch = 'G';           }
    public A(int n)      {    this.n = n;       ch = 'M';           }
    public A(int n , char ch) {    this.n = n;       this.ch = ch;           }
    public A(A other)    {    n = other.n;      ch = other.ch;         }
    public int getN()    {    return n;          }
    public char getCh()  {    return ch;         }
    public void inc()    {    n++;               ch++;               }
    public String toString()
    {
        String s = "";
        for (int i = 0; i < n; i++)
            s = s + ch;
        return s;
    }
}

public class B extends A
{
    private A a;

    public B()           {    super();          a = new A();           }
    public B(int n)      {    super(n);         a = new A();           }
    public B(A other)    {    super();          a = new A(other);      }
    public B(A other , int n) {    super(other); a = new A(n);           }
    public void inc()    {    a.inc();           }
}
    
```

```

public A makeA()
{
    return new A(one(this.a.getN(), this.getN()), one(this.a.getCh(), this.getCh()));
}
private int one(int n, int m)
{
    if(n > m)
        return n;
    return m;
}
private char one(char ch1, char ch2)
{
    if (ch1 < ch2)
        return ch1;
    return ch2;
}
public String toString() { return a.toString(); }
}
public class Run
{
    public static void main()
    {
        A a1 = new A(4, 'E');
        A a2 = new A(3);
        B b1 = new B(a1);
        a1.inc();
        System.out.println(a1);
        System.out.println(a2);
        System.out.println(b1);
        B b2 = new B(b1, 1);
        System.out.println(b2);
        A a3 = b2.makeA();
        System.out.println(a3);
    }
}

```

כתוב מעקב אחר הפעולה main במחלקה Run, וכתוב את הפלט.

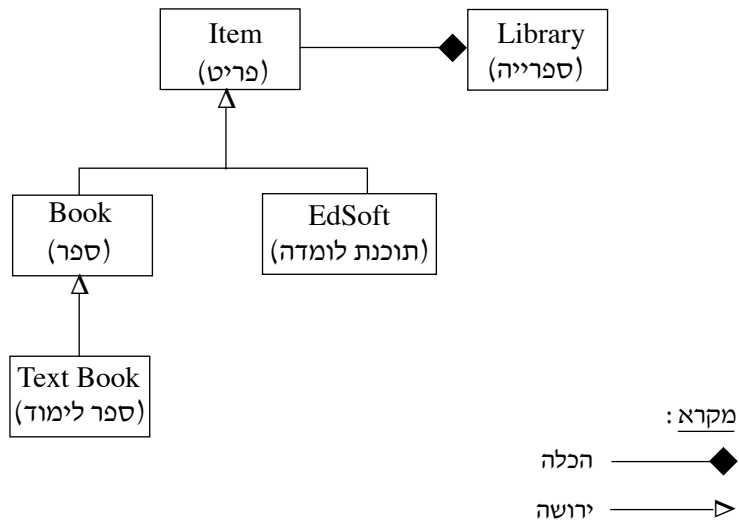
במעקב יש לכתוב את ערכי המשתנים, ובעבור כל עצם – את ערכי התכונות שלו.

19. לספרייה ציבורית יש אתר וירטואלי.

באתר יש 3 סוגי פריטים:

- **ספרים:** כל ספר כולל קוד פריט, שם הכותר, שם המחבר, מספר הממליצים.
 - **ספרי לימוד:** כל ספר לימוד כולל קוד פריט, שם הכותר, שם המחבר, האם מאושר על ידי משרד החינוך, מספר הממליצים.
 - **תוכנות לומדה:** כל תוכנת לומדה כוללת קוד פריט, שם הכותר, שם המקצוע, האם מאושר על ידי משרד החינוך, מספר הממליצים.
- בספרים ובספרי לימוד שם הכותר הוא שם הספר.
בתוכנות לומדה שם הכותר הוא שם התוכנה.
- המנויים יכולים להתחבר לאתר הספרייה דרך האינטרנט.
באתר אפשר לבצע את הפעולות האלה:
- חיפוש לפי מספר הממליצים — מחזיר מערך של קודים של פריטים שיש להם מספר הממליצים המבוקש.
 - קריאת ספר
 - הפעלת תוכנת לומדה
 - המלצה על כותר

לפניך תרשים של היררכיית המחלקות בעבור האתר הווירטואלי של הספרייה הציבורית:



נוסף על המחלקות המתוארות בתרשים, נתונים 3 ממשקים:

```

interface IReadable {void read();           } // קריאה
interface IRankable {void rank();           } // המלצה על כותר
interface IApprovable {boolean isApproved (); } // האם מאושר על ידי משרד החינוך
    
```

- א. העתק למחברתך את תרשים היררכיית המחלקות, והוסף לו את הממשקים במקומות המתאימים ביותר לפי העקרונות של תכנות מונחה עצמים. השתמש בסימון זה ➡ - - - לציון מימוש ממשק.
- ב. לכל מחלקה כתוב:

את הכותרת שלה ב־ Java, את התכונות שלה ואת הפעולות שלה.
 בעבור כל תכונה כתוב את ההגדרה שלה ב־ Java, ואת התיעוד שלה.
 בעבור כל פעולה כתוב:

את הכותרת שלה ב־ Java. ותיעוד הכולל מה היא מקבלת ומה היא מחזירה. אין צורך לממש את הפעולה.
 אין צורך לכתוב פעולות בונות, פעולות קובעות (פעולות set) ופעולות מאחזרות (פעולות get).

20.

במרכז לאמנות מציעים שלושה סוגי סדנאות: סדנאות חרוזים, ציור על עץ, ציור על בד.

במרכז מתקיימות סדנאות שנתיות, סדנאות של 10 פגישות וסדנאות חד־פעמיות.

הסדנאות נערכות בבוקר ובערב. לכל סוג סדנה מחיר אחר. המרכז מספק את החומרים הנדרשים לכל סדנה בלי תשלום נוסף.

הסדנאות מוגבלות למספר מקסימלי של משתתפים.

משתתף יכול להירשם ליותר מסדנה אחת.

במערכת ניהול הסדנאות נשמרים לכל סדנה הפרטים האלה: קוד הסדנה, שם הסדנה,

סוג הסדנה (חרוזים, ציור על עץ, ציור על בד), משך הסדנה (שנתית, 10 פגישות, חד־פעמית),

מועד הסדנה (בוקר, ערב), מחיר הסדנה למשתתף, מספר מקסימלי של משתתפים, ורשימת

המשתתפים בסדנה.

לכל משתתף נשמרים שמו ומספר הטלפון שלו.

במערכת ניהול הסדנאות אפשר בין היתר לבצע את הפעולות האלה:

(1) לרשום משתתף לסדנה.

(2) לבדוק אם יש מקום בסדנה.

(3) לחשב את סך כל ההכנסות מסדנה אחת.

א. סרטט את היררכיית המחלקות בעבור מערכת ניהול הסדנאות. בסרטוטך כתוב לכל מחלקה

את שם המחלקה, התכונות שלה, הכותרות של הפעולות, ותיעוד של התכונות והפעולות.

סמן בסרטוטך את הקשרים בין המחלקות.

הנח כי לכל תכונה הוגדרו פעולות `set/get`, ולכל מחלקה הוגדרה פעולה בונה. אינך צריך

לרשום פעולות אלה.

ב. בשל עליית המחירים במשק הוחלט כי בחלק מהסדנאות לא יחולקו החומרים חינם.

המשתתפים יידרשו לשלם בעבור החומרים, על פי רשימת חומרים אשר תפורט בעת

הרישום לסדנה. לכל חומר נשמר שמו והמחיר שלו בעבור הכמות הנדרשת לסדנה.

מחיר הסדנה יכול להיות מחיר הבסיס של הסדנה ואת עלות החומרים הנדרשים לסדנה.

(1) הוסף מחלקות לסרטוט שסרטטת בסעיף א (בלי להוסיף או לגרוע תכונות ופעולות

במחלקות שהוגדרו בסעיף א'), כך שיתאים למערכת ניהול הסדנאות לאחר השינוי,

באופן המתאים ביותר לעקרונות של תכנות מונחה עצמים.

לכל מחלקה שהוספת כתוב ב־ Java את התכונות שלה, הפעולות שלה ותיעוד

התכונות והפעולות.

אין צורך לכתוב פעולות בונות, פעולות קובעות (`set`), ופעולות מאחזרות (`get`).

(2) ממש ב־ Java את הפעולות שכתבת בסעיף ב(1).

תכנות מונחה עצמים

אם למדת מסלול זה ואתה כותב ב- C#, ענה על שתיים מהשאלות 21-24.
(לכל שאלה — 25 נקודות)

21. נתון:

```
public class A
{
    private int myVal;
    public A (int val)    {myVal = val;}
    public int F ()      {return 1;}
}

public class B : A
{
    private double x;
    public bool ValidCode() {return x > 8.0;}
}
```

א. לפניך ארבעה היגדים i-iv. קבע לכל אחד מהם אם הוא נכון או אינו נכון, ונמק את קביעתך.

- i המחלקה A יורשת את הפעולה ValidCode מהמחלקה B.
 - ii המחלקה B יורשת את כל התכונות ואת כל הפעולות של המחלקה A.
 - iii המחלקה B יכולה לגשת ישירות לתכונות של המחלקה A.
 - iv המחלקה A יכולה לגשת לתכונה x של המחלקה B.
- ב. ממש במחלקה B פעולה בונה שמקבלת כפרמטר מספר שלם ומספר ממשי (בסדר זה), ומאתחלת את התכונות בהתאם.
- ג. לפניך שתי הגדרות מהתכנית הראשית:

```
A code = new B(127 , 1.4);
A num = new A(613);
```

בעבור כל אחת מההוראות i-iv שלפניך, קבע אם היא תקינה או אינה תקינה.

אם אינה תקינה, נמק את קביעתך וכתוב אם זו שגיאת ריצה או שגיאת הידור (קומפילציה).

- i bool myBool = code.ValidCode();
- ii bool myBool = num.ValidCode();
- iii bool myBool = (B) code.ValidCode();
- iv bool myBool = (B) num.ValidCode();

ד. מעוניינים לדעת בזמן הריצה כמה פעמים הפעולה F הופעלה מעצם מסוג A שאינו B, וכמה פעמים היא הופעלה מעצם מסוג B.

אם אפשר לקבל מידע זה — הוסף הוראה או הוראות שנדרשות כדי לקבל את המידע. העתק למחברתך את המחלקה או המחלקות שבהן הוספת הוראה / הוראות.

אם אי־אפשר לקבל את המידע — הסבר מדוע.

22. לפניך פרויקט ובו המחלקות A, B ו־Run.

```
public class A
{
    private int n;
    private char ch;

    public A() { n = 2; ch = 'G'; }
    public A(int n) { this.n = n; ch = 'M'; }
    public A(int n , char ch) { this.n = n; this.ch = ch; }
    public A(A other) { n = other.n; ch = other.ch; }
    public int GetN() { return n; }
    public char GetCh() { return ch; }
    public virtual void Inc() { n++; ch++; }
    public override string ToString()
    {
        string s = "";
        for (int i = 0; i < n; i++)
            s = s + ch;
        return s;
    }
}

public class B : A
{
    private A a;

    public B() : base() { a = new A(); }
    public B(int n) : base(n) { a = new A(); }
    public B(A other) : base() { a = new A(other); }
    public B(A other , int n) : base (other){ a = new A(n); }
    public override void Inc() { a.Inc(); }
```

```

public A MakeA()
{
    return new A(One(this.a.GetN(), this.GetN()), One(this.a.GetCh(), this.GetCh()));
}
private int One(int n, int m)
{
    if(n > m)
        return n;
    return m;
}
private char One(char ch1, char ch2)
{
    if (ch1 < ch2)
        return ch1;
    return ch2;
}
public override string ToString() { return a.ToString(); }
}
public class Run
{
    public static void Main()
    {
        A a1 = new A(4, 'E');
        A a2 = new A(3);
        B b1 = new B(a1);
        a1.Inc();
        Console.WriteLine(a1);
        Console.WriteLine(a2);
        Console.WriteLine(b1);
        B b2 = new B(b1,1);
        Console.WriteLine(b2);
        A a3 = b2.MakeA();
        Console.WriteLine(a3);
    }
}

```

כתוב מעקב אחר הפעולה Main במחלקה Run, וכתוב את הפלט.

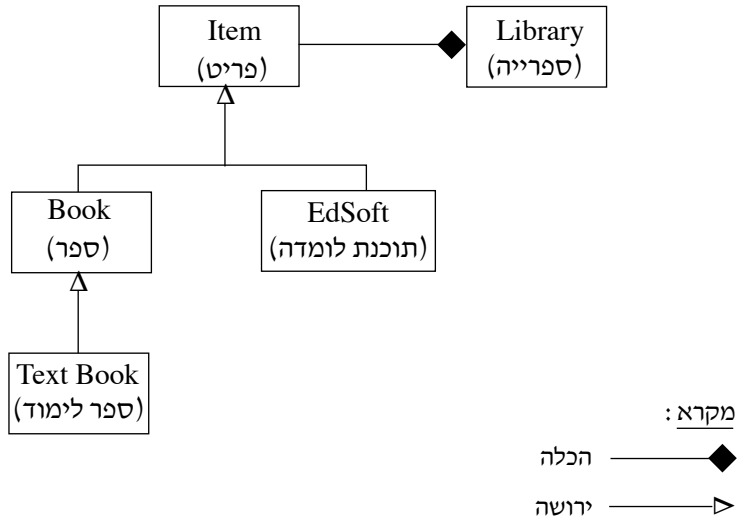
במעקב יש לכתוב את ערכי המשתנים, ובעבור כל עצם – את ערכי התכונות שלו.

23. לספרייה ציבורית יש אתר וירטואלי.

באתר יש 3 סוגי פריטים:

- **ספרים:** כל ספר כולל קוד פריט, שם הכותר, שם המחבר, מספר הממליצים.
 - **ספרי לימוד:** כל ספר לימוד כולל קוד פריט, שם הכותר, שם המחבר, האם מאושר על ידי משרד החינוך, מספר הממליצים.
 - **תוכנות לומדה:** כל תוכנת לומדה כוללת קוד פריט, שם הכותר, שם המקצוע, האם מאושר על ידי משרד החינוך, מספר הממליצים.
- בספרים ובספרי לימוד שם הכותר הוא שם הספר.
בתוכנות לומדה שם הכותר הוא שם התוכנה.
- המנויים יכולים להתחבר לאתר הספרייה דרך האינטרנט.
באתר אפשר לבצע את הפעולות האלה:
- חיפוש לפי מספר הממליצים — מחזיר מערך של קודים של פריטים שיש להם מספר הממליצים המבוקש.
 - קריאת ספר
 - הפעלת תוכנת לומדה
 - המלצה על כותר

לפניך תרשים של היררכיית המחלקות בעבור האתר הווירטואלי של הספרייה הציבורית:



בנוסף על המחלקות המתוארות בתרשים, נתונים 3 ממשקים:

```

interface IReadable {void Read();           } // קריאה
interface IRankable {void Rank();           } // המלצה על כותר
interface IApprovable {bool IsApproved();   } // האם מאושר על ידי משרד החינוך
    
```

א. העתק למחברתך את תרשים היררכיית המחלקות, והוסף לו את הממשקים במקומות המתאימים ביותר לפי העקרונות של תכנות מונחה עצמים.

השתמש בסימן זה —▷— - - - לציון מימוש ממשק.

ב. לכל מחלקה כתוב:

את הכותרת שלה ב- C#, את התכונות ואת הפעולות שלה.

בעבור כל תכונה כתוב את הגדרה שלה ב- C#, ואת התייעוד שלה.

בעבור כל פעולה כתוב:

את הכותרת שלה ב- C# ותייעוד הכולל מה היא מקבלת ומה היא מחזירה. אין צורך לממש את הפעולה.

אין צורך לכתוב פעולות בונות, פעולות קובעות (פעולות Set) ופעולות מאחזרות (פעולות Get).

24.

במרכז לאמנות מציעים שלושה סוגי סדנאות: סדנאות חרוזים, ציור על עץ, ציור על בד.

במרכז מתקיימות סדנאות שנתיות, סדנאות של 10 פגישות וסדנאות חד־פעמיות.

הסדנאות נערכות בבוקר ובערב. לכל סוג סדנה מחיר אחר. המרכז מספק את החומרים הנדרשים לכל סדנה בלי תשלום נוסף.

הסדנאות מוגבלות למספר מקסימלי של משתתפים.

משתתף יכול להירשם ליותר מסדנה אחת.

במערכת ניהול הסדנאות נשמרים לכל סדנה הפרטים האלה: קוד הסדנה, שם הסדנה,

סוג הסדנה (חרוזים, ציור על עץ, ציור על בד), משך הסדנה (שנתית, 10 פגישות, חד־פעמית),

מועד הסדנה (בוקר, ערב), מחיר הסדנה למשתתף, מספר מקסימלי של משתתפים, ורשימת המשתתפים בסדנה.

לכל משתתף נשמרים שמו ומספר הטלפון שלו.

במערכת ניהול הסדנאות אפשר בין היתר לבצע את הפעולות האלה:

(1) לרשום משתתף לסדנה.

(2) לבדוק אם יש מקום בסדנה.

(3) לחשב את סך כל ההכנסות מסדנה אחת.

א. סרטט את היררכיית המחלקות בעבור מערכת ניהול הסדנאות. בסרטוטך כתוב לכל מחלקה

את שם המחלקה, התכונות שלה, הכותרות של הפעולות, ותיעוד של התכונות והפעולות.

סמן בסרטוטך את הקשרים בין המחלקות.

הנח כי לכל תכונה הוגדרו פעולות Set/Get, ולכל מחלקה הוגדרה פעולה בונה. אינך צריך

לרשום פעולות אלה.

ב. בשל עליית המחירים במשק הוחלט כי בחלק מהסדנאות לא יחולקו החומרים חינם.

המשתתפים יידרשו לשלם בעבור החומרים, על פי רשימת חומרים אשר תפורט בעת

הרישום לסדנה. לכל חומר נשמר שמו והמחיר שלו בעבור הכמות הנדרשת לסדנה.

מחיר הסדנה יכלול את מחיר הבסיס של הסדנה ואת עלות החומרים הנדרשים לסדנה.

(1) הוסף מחלקות לסרטוט שסרטטת בסעיף א (בלי להוסיף או לגרוע תכונות ופעולות

במחלקות שהוגדרו בסעיף א'), כך שיתאים למערכת ניהול הסדנאות לאחר השינוי,

באופן המתאים ביותר לעקרונות של תכנות מונחה עצמים.

לכל מחלקה שהוספת כתוב ב־ C# את התכונות שלה, הפעולות שלה ותיעוד

התכונות והפעולות.

אין צורך לכתוב פעולות בונות, פעולות קובעות (Set), ופעולות מאחזרות (Get).

(2) ממש ב־ C# את הפעולות שכתבת בסעיף ב(1).

בהצלחה!