

## 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,  
ומהן יש לענות על שתיים.  
—  $(25 \times 2)$  – 50 נקודות
- פרק שני – בפרק זה שאלות בחמישה מסלולים שונים.  
ענה על שאלות רק במסלול שלמדת,  
לפי ההוראות בקבוצת השאלות במסלול זה. —  $(25 \times 2)$  – 50 נקודות  
סה"כ – 100 נקודות
- ג. חומר עזר מותר בשימוש: כל חומר עזר (חוץ ממחשב הניתן לתכנות).
- ד. הוראות מיוחדות:
- את כל התכניות שאתה נדרש לכתוב בשפת מחשב עילית בפרק הראשון, כתוב בשפה אחת בלבד – פסקל או C.
  - רשום על הכריכה החיצונית של המחברת את שם המסלול שלמדת  
(אחד מחמשת המסלולים האלה: מערכות מחשב ואסמבלר, תורת המחשב,  
מודלים חישוביים, חישוב מקבילי ומבוזר, תכנות מונחה עצמים);  
כמו כן רשום באיזו שפה אתה כותב (פסקל או C).

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).  
טיוטות כלשהן על דפים מחוץ למחברת הבחינה עלולות לגרום לפסילת הבחינה! רשום "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה.

**ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר ומכוונות לנבחנות ולנבחנים כאחד.**

**ב ה צ ל ח ה !**

/המשך מעבר לדף/

## ה ש א ל ו ת

בשאלון זה שני פרקים: פרק ראשון ופרק שני.  
עליך לענות על שאלות משני הפרקים, לפי ההוראות בכל פרק.

### פרק ראשון (50 נקודות)

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

1. כתוב תת-תכנית (פרוצדורה או פונקציה) בסביבת העבודה, שתקבל רשימה  $L$  לא ריקה של מספרים שלמים ותחזיר רשימה חדשה באופן הזה:  
עבור כל תת-רשימה של מספרים עולים ב- $L$ , שבה כל מספר גדול מקודמו, יופיע ברשימה החדשה מספר אחד שהוא סכום כל המספרים העולים. כל תת-רשימה של מספרים עולים מסתיימת כאשר אחריה יש מספר שהוא קטן מן המספר האחרון שבה, או שווה לו. תת-רשימה יכולה לכלול גם מספר אחד בלבד. סדר האיברים ברשימה החדשה יהיה על פי סדר התת-רשימות ברשימה  $L$ .

לדוגמה:

עבור הרשימה  $L$  (משמאל לימין):

7, 2, 4, 8, 20, 18, 19, 20, 20, 5, -3, 0, 9

הרשימה החדשה שתוחזר: 6, 5, 20, 57, 34, 7

הערה: אין צורך לממש בסביבת העבודה את הפעולות של ממשק רשימה.

2. מערך "סימטרי סכומי" הוא מערך המקיים את התנאי הזה:  
לכל זוגות האיברים – האיבר האחד במקום ה- $i$  מתחילת המערך והאיבר האחר במקום ה- $i$  מסוף המערך – יש אותו סכום. כלומר, סכום האיבר הראשון במערך והאיבר האחרון במערך שווה לסכום האיבר השני במערך והאיבר לפני האחרון במערך, וכן הלאה.  
כתוב תכנית בסביבת העבודה, שתקלוט מספרים שלמים למערך חד-ממדי בגודל  $N$ . הנח כי  $N$  הוא מספר זוגי וגדול מ-0. התכנית תשתמש בפונקציה רקורסיבית, כדי לבדוק אם המערך שנקלט הוא מערך "סימטרי סכומי". התכנית תדפיס "כן", אם המערך הוא "סימטרי סכומי", אחרת – התכנית תדפיס "לא".

עליך לממש בסביבת העבודה את התכנית, כולל הפונקציה הרקורסיבית.

לדוגמה: במערך  $A$

A	7	3	5	4	6	2
---	---	---	---	---	---	---

הסכום של כל זוג איברים על פי התנאי הוא 9.

עבור המערך  $A$  התכנית תדפיס "כן".

/המשך בעמוד 3/

3. לפניך אלגוריתם:

**סוד1(T)**

{ הפעולה מקבלת עץ בינארי T }

(1)  $L \leftarrow$  אתחל-רשימה

(2)  $L \leftarrow$  **סוד2(T,L)**

(3) החזר L

**סוד2(T, L)**

{ הפעולה מקבלת עץ בינארי T ורשימה L }

(1) אם לא **עץ-דיק?**(T), בצע את הפעולות:

(1.1)  $x \leftarrow$  **אחזר\_שורש**(T)

(1.2) אם **סוד3(x, תת\_עץ\_שמאלי(T))** וגם **סוד3(x, תת\_עץ\_ימני(T))** אזי

**הכנס\_לרשימה**(x, **עוגן-רשימה**(L, L))

(1.3)  $L \leftarrow$  **סוד2(L, תת\_עץ\_שמאלי(T))**

(1.4)  $L \leftarrow$  **סוד2(L, תת\_עץ\_ימני(T))**

(1.5) החזר L

**סוד3(T, x)**

{ הפעולה מקבלת עץ בינארי T ומשתנה x }

(1) אם **עץ-דיק?**(T), החזר 'אמת'

(2)  $a \leftarrow$  **אחזר\_שורש**(T)

(3) אם  $x = a$  החזר 'שקר'

(4) החזר **סוד3(x, תת\_עץ\_שמאלי(T))** וגם **סוד3(x, תת\_עץ\_ימני(T))**

א. מה מבצע האלגוריתם **סוד3(T, x)** ?

ב. מה מבצע האלגוריתם **סוד1(T)** ?

ג. מה מחזיר **סוד1(T)**, אם כל הערכים ב-T שונים זה מזה?

4. במתקן השיט "מים גועשים" בלונה פארק יש 14 סירות. בכל סירה 8 מושבים. למתקן שתי כניסות: כניסה אחת ל"קבוצות", המיועדת לקבוצות של 2-8 אנשים; והכניסה האחרת ל"בודדים", המיועדת למי שמגיע לבד אל המתקן. החלוקה לשתי כניסות מאפשרת למפעילי המתקן לצרף בודדים לקבוצות שאינן ממלאות סירה, ולהוציא את הסירות לדרך בתפוסה מקסימלית אפשרית.

הנהלת הלונה פארק החליטה למחשב את שיבוץ האנשים לסירות.

לשם כך נקבעו כללי העבודה האלה:

\* הסירות יצאו לדרך בזו אחר זו, כאשר בכל סירה המספר המקסימלי האפשרי של אנשים. שיבוץ האנשים בסירה ייעשה לפי הסדר שבו הם הגיעו ל**כל כניסה**.

\* אפשר לצרף כמה קבוצות לסירה.

\* קבוצה עולה לסירה בשלמותה.

\* לקבוצות יש תמיד עדיפות על פני הבודדים, בשיבוץ לסירות.

לדוגמה: אם בכניסת הקבוצות יש קבוצה של 3 אנשים ואחריה קבוצה של 5

אנשים, ובכניסת הבודדים יש 5 אנשים, הקבוצה של 5 אנשים תשובץ לפני

הבודדים.

\* אי־אפשר להכניס לסירה קבוצות מכניסת ה"קבוצות" שלא על פי סדר הגעתן, גם

אם שינוי הסדר יביא למילוי סירה.

לדוגמה: אם בכניסת ה"קבוצות" יש קבוצה של 6 אנשים, אחריה קבוצה של 3

אנשים ואחריה קבוצה של 2 אנשים, וכניסת ה"בודדים" ריקה, תצא הסירה עם 6

אנשים בלבד.

א. יצג את המידע הדרוש לניהול מתקן השיט "מים גועשים".

ב. כתוב ממשק עברי לטיפול הנתונים "מים גועשים", שיענה על כל הדרישות להפעלת המתקן.

עבור כל פעולת ממשק – תאר את הפעולה, הגדר את הפרמטרים, ופרט את ההנחות הנדרשות.

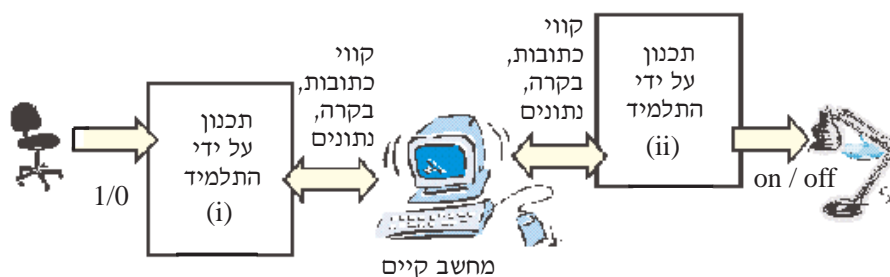
## פרק שני (50 נקודות)

בפרק זה שאלות בחמישה מסלולים שונים. ענה רק על שאלות במסלול שלמדת.

### מערכות מחשב ואסמבלר

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

5. ליד שולחן מחשב עומד כיסא משוכלל. ברגע שיושבים על הכיסא מועבר למחשב האות הדיגיטלי 1, הגורם להדלקת מנורת שולחן שעומדת ליד המחשב. ברגע שקמים מהכיסא מועבר למחשב האות הדיגיטלי 0, הגורם לכיבוי המנורה.
- א. סרטט את הטבלה של מפת הזיכרון קלט/פלט.
- ב. תכנן את מערכת החיבורים:
- (i) בין הכניסה הדיגיטלית ובין המחשב (ראה ציור).
- (ii) בין המחשב ובין היציאה הדיגיטלית (ראה ציור).
- המערכת תתחבר לקווים הקיימים של המחשב (קווי הכתובות, הבקרה, הנתונים) ותכלול את כל רכיבי ההפרדה ומפענחי הכתובות.
- המערכת תופעל על פי כתובת קלט 0122H וכתובת פלט 0123H.



6.

הנח שבתחילת תכנית בשפת אסמבלר הוגדרו שני אזורי נתונים, (i)-(ii):

אזור (i) החל מכתובת 1000H – מכיל מערך של 10H נתונים. כל נתון בגודל בית.

כל אחד מהנתונים מופיע במערך פעם אחת בלבד.

אזור (ii) החל מכתובת 2000H – מכיל מערך של 40H נתונים. כל נתון בגודל בית.

לפניך קטע תכנית, הבודק עבור כל נתון מאזור (i) אם הוא מופיע לפחות פעם אחת

באזור (ii).

קטע התכנית סופר כמה נתונים מאזור (i) הופיעו לפחות פעם אחת באזור (ii), ומאחסן

את התוצאה בכתובת 3000H שהוגדרה מראש.

מקטע התכנית הושמטו פקודות ואופרנדים.

	MOV	CX, 10H
	MOV	SI, 1000H
	MOV	AH, 0
SIVUV :	MOV	AL, [ ]
	MOV	DI, 2000H
	[ ]	CX
	MOV	CX, 40H
AGAIN:	CMP	AL, [DI]
	JNE	[ ]
	INC	[ ]
	JMP	FOUND
CONT :	INC	DI
	LOOP	AGAIN
FOUND:	[ ]	CX
	INC	SI
	LOOP	SIVUV
	MOV	BX, 3000H
	MOV	[BX], AH
SIUM :	NOP	

העתק למחברתך את השורות שבהן הושמטו פקודות או אופרנדים, והשלם את החלקים

החסרים כך שקטע התכנית יבצע את הנדרש.

/המשך בעמוד 7/

7. לפניך קטע תכנית בשפת אסמבלר:

```

MOV     SI, 0H
MOV     AL, 0
MOV     AH, [SI]
MOV     BL, [SI + 1]
CMP     AH, BL
JNB     CONT
XCHG    AH, BL
CONT:   SUB     AH, BL
        INC     AL
        CMP     AH, BL
        JNB     CONT
        MOV     [SI + 2], AL
        MOV     [SI + 3], AH
SOF:    NOP
    
```

א. הנתונים (מפת הזיכרון) הוגדרו בצורה זו:

כתובת	0	1	2	3
נתון	04	10	07	5B

שים לב: הנתונים והכתובות הם הקסדצימליים.

עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר ביצוע קטע התכנית, ורשום מה יהיה התוכן של 4 הכתובות בסיום הקטע.

ב. אם מפת הזיכרון הוגדרה בצורה זו:

כתובת	0	1	2	3
נתון	03	10	18	0C

שים לב: הנתונים והכתובות הם הקסדצימליים.

מה יהיה התוכן של 4 הכתובות בסיום קטע התכנית? (אינך חייב לרשום את טבלת המעקב.)

ג. מה מבצע קטע התכנית? בתשובתך התייחס לתוכן האוגרים: AL ו-AH.

8. לפניך שבעה היגדים, (1)-(7).

קבע לכל אחד מהם אם הוא נכון או לא נכון, ונמק את תשובתך.

- (1) מערכת הפעלה אינה יכולה לעבוד עם יותר ממעבד אחד.
- (2) גודל האזורים בזיכרון הראשי, שאליהם מערכת ההפעלה נטענת, מושפע גם מהגודל של הזיכרון הראשי.
- (3) שיטת הפסיקות היא אחת השיטות המאפשרות לבצע כמה תהליכים "במקביל".
- (4) מערכת הפעלה המנהלת זיכרון וירטואלי מורכבת יותר ממערכת הפעלה המנהלת זיכרון ראשי בלבד.
- (5) מערכת הפעלה אינה יכולה למנוע מצב של חסימה הדדית (קיפאון — deadlock).
- (6) כדי לבצע תהליך, אפשר לאחסן תחילה רק חלק ממנו בזיכרון הראשי.
- (7) כאשר כמה תהליכים פועלים "במקביל", ייתכן שיהיה עליהם להתחלק במשאבים.



**תורת המחשב**

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

9.  $A(N, N+1)$  היא מטריצת (טבלת) המקדמים של מערכת לינארית של  $N$  משוואות עם  $N$  נעלמים.

לפניך אלגוריתם המביא את המטריצה  $A$  לצורה משולשית עליונה:

(1) עבור  $I$  מ-1 עד  $N-1$  בצע:

(1.1) עבור  $K$  מ- $I+1$  עד  $N$  בצע:

$$F \leftarrow -A(K, I) / A(I, I) \quad (1.1.1)$$

(1.1.2) עבור  $J$  מ- $I$  עד  $N+1$  בצע:

$$A(K, J) \leftarrow (A(K, J) + F * A(I, J)) \quad (1.1.2.1)$$

(1.2) הדפס את המטריצה  $A$

א. לפניך מערכת משוואות:

$$2x + y + z = 11$$

$$x + 2y + z = 12$$

$$3x + y - z = 5$$

(i) עקוב אחר ביצוע האלגוריתם עבור מערכת המשוואות, ורשום מה יודפס.

(ii) מצא את הפתרון של מערכת המשוואות על ידי הפעלת תהליך הצבה לאחור על

המטריצה שהתקבלה בסעיף א(i).

ב. שנה את האלגוריתם כך שתתקבל מטריצה משולשית תחתונה. הסבר את השינוי.

10. אפשר לייצג גרף  $G$  מכוון בעל  $N$  צמתים על ידי מטריצת סמיכויות. מטריצת הסמיכויות

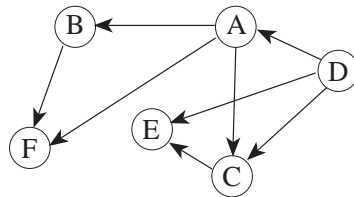
תיוצג על ידי מערך דו-ממדי  $M$  מטיפוס בוליאני בגודל  $N \times N$ , באופן זה:

אם יש בגרף  $G$  קשת מצומת  $I$  לצומת  $J$ , יהיה  $M(I, J) = \text{true}$ .

אם אין בגרף  $G$  קשת מצומת  $I$  לצומת  $J$ , יהיה  $M(I, J) = \text{false}$ .

דוגמה

לפניך הגרף  $G$ :



עבור הגרף  $G$ , מטריצת הסמיכויות  $M$  היא:

	A	B	C	D	E	F
A	false	true	true	false	false	true
B	false	false	false	false	false	true
C	false	false	false	false	true	false
D	true	false	true	false	true	false
E	false	false	false	false	false	false
F	false	false	false	false	false	false

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לפניך אלגוריתם:

**פעולה\_על\_גרף** ( $M$ ,  $LastName$ ,  $Letter$ )

```
{
    הפעולה מקבלת מטריצת סמיכויות  $M$ , של גרף  $G$  מכוון ובלי מעגלים, ואותיות
     $Letter$  ו-  $LastName$ .
{
    צומתי הגרף מיוצגים על ידי האותיות "A" עד האות  $LastName$ . הצומת  $Letter$  שייך לגרף.
{
    האלגוריתם נעזר בפעולה אות_עוקבת ( $L$ ), המקבלת אות  $L$  ומחזירה את האות
    העוקבת ל-  $L$  על פי סדר ה-  $ABC$ .
{
    הנחה:  $LastName < "Z"$ .
}
```

(1)  $Node1 \leftarrow "A"$

(2) **כל עוד**  $Node1 \leq LastName$  **בצע**

(2.1) **אם** ( $M(Letter, Node1)$ ) **אזי**

(2.1.1)  $Node2 \leftarrow "A"$

(2.1.2) **כל עוד**  $Node2 \leq LastName$  **בצע**

(2.1.2.1) **אם** ( $M(Node1, Node2)$ ) **אזי**

(2.1.2.1.1)  $Node3 \leftarrow "A"$

(2.1.2.1.2) **כל עוד**  $Node3 \leq LastName$  **בצע**

(2.1.2.1.2.1) **אם** ( $M(Node2, Node3)$ ) **אזי**

(2.1.2.1.2.1.1) **הדפס**  $Letter, Node1, Node2, Node3$

(2.1.2.1.2.2) **אות\_עוקבת** ( $Node3$ )  $Node3 \leftarrow$

(2.1.2.2) **אות\_עוקבת** ( $Node2$ )  $Node2 \leftarrow$

(2.2) **אות\_עוקבת** ( $Node1$ )  $Node1 \leftarrow$

א. מה יהיה הפלט של האלגוריתם **פעולה\_על\_גרף** ( $M$ , "F", "D") עבור הגרף  $G$

המתואר בדוגמה בתחילת השאלה?

ב. מה מבצע האלגוריתם **פעולה\_על\_גרף** ( $M$ ,  $LastName$ ,  $Letter$ ) עבור כל גרף מכוון

בלי מעגלים  $G$ ?

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

$$L = \left\{ \begin{array}{l} \text{אוסף כל המילים שבהן המספר הכולל של אותיות } b \text{ במילה} \\ \text{מתחלק ב- } 3 \text{ בלי שארית, וגם המספר הכולל של אותיות } c \text{ במילה} \\ \text{מתחלק ב- } 2 \text{ בלי שארית.} \end{array} \right\}$$

בנה אוטומט סופי דטרמיניסטי, שיקבל את השפה  $L$ .

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

השפה  $L$  כוללת מילים הבנויות מרצף של תת-מילים במבנה:  $a^m b^{m-1} c$  כאשר  $m \geq 2$ .

מילה בשפה  $L$  יכולה לכלול תת-מילים שה- $m$  בהן שונה (ראה מילים (ii)-(iii) בדוגמה).

המילה הריקה אינה כלולה בשפה.

#### דוגמה

aabcaabcaabc	(i)	מילים בשפה:
aaabbcaabc	(ii)	
aabcaaabbcaaabbc	(iii)	
aaaabbbc	(iv)	

בנה אוטומט מחסנית, שיקבל את השפה  $L$ .

### מודלים חישוביים

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

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

$$L = \left\{ \begin{array}{l} \text{אוסף כל המילים שבהן המספר הכולל של אותיות } a \text{ במילה מתחלק} \\ \text{ב- } 2 \text{ בלי שאריות, וגם הרצף } aba \text{ מופיע במילה.} \end{array} \right.$$

הוכח שהשפה  $L$  היא רגולרית.

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

השפה  $L$  כוללת מילים הבנויות מרצף של תת-מילים במבנה:  $a^m b^{m-1} c$  כאשר  $m \geq 2$ .

מילה בשפה  $L$  יכולה לכלול תת-מילים שה- $m$  בהן שונה (ראה מילים (ii)-(iii) בדוגמה).

המילה הריקה אינה כלולה בשפה.

#### דוגמה

aabcaabcaabc	(i)	מילים בשפה:
aaabbcaabc	(ii)	
aabcaaaabbcaabbc	(iii)	
aaaabbbc	(iv)	

הוכח שהשפה  $L$  היא חופשית הקשר.

15. א. לפניך חמש השפות  $L_1$ - $L_5$ .

$$L_1 = \{ a^n b^2 a^{2n} \mid n \geq 1 \}$$

$$L_2 = \{ a^{2n} b^n a^2 \mid n \geq 1 \}$$

$$L_3 = \{ a^{2n} b^2 a^2 \mid n \geq 1 \}$$

$$L_4 = \{ a^n b^{2n} a^n \mid n \geq 1 \}$$

$$L_5 = \{ a^2 b^{2n} a^{2m} \mid m, n \geq 1 \}$$

קבע לכל אחת מהשפות  $L_1$ - $L_5$ , אם היא "רגולרית" או

"חופשית הקשר ולא-רגולרית" או "אינה חופשית הקשר". נמק את קביעותיך.

ב. מבין השפות  $L_1$ - $L_5$  בחר בשפה שאינה רגולרית, והוכח שהיא אינה רגולרית.

16. נתונות ארבע השפות  $L_1$ - $L_4$  מעל הא"ב  $\{a, b\}$ :

$$L_1 = \{ w \mid \text{אוסף כל המילים שבהן מספר ה-} a \text{ ב-} w \text{ זוגי} \}$$

$$L_2 = \{ w \mid \text{אוסף כל המילים שבהן מספר ה-} b \text{ ב-} w \text{ זוגי} \}$$

$$L_3 = \{ a^n b^m \mid n, m \geq 0 \}$$

$$L_4 = \{ b^n a^m \mid n, m \geq 0 \}$$

לפניך חמש טענות, (i)-(v). קבע לכל אחת מהן אם היא נכונה או לא, ונמק את קביעותך.

$$aba \in (L_1 \cap L_2) \quad (i)$$

$$\bar{L}_1 = L_2 \quad (ii)$$

$$(L_1 \cap L_3) \cap L_2 = \{ a^n b^m \mid \text{זוגי } n, \text{ זוגי } m ; n, m \geq 0 \} \quad (iii)$$

$$L_3 \cap L_4 = \{ \varepsilon \} \quad (iv)$$

$$L_3 \cdot L_4 = \{ a^n b^{n+m} a^m \mid n, m \geq 0 \} \quad (v)$$

### חישוב מקבילי ומבוזר

אם למדת מסלול זה, ענה על שתיים מהשאלות 17-20 (לכל שאלה – 25 נקודות).

17. התכנית שלפניך קולטת למשתנה N מספר שלם גדול מ-1.

התכנית משתמשת בפונקציה rand(T).

הפונקציה rand(T) מקבלת מספר T שלם גדול מ-1, ומחזירה מספר שלם אקראי שערכו בין 0 ל- T-1 (כולל).

מטרת התכנית היא להדפיס את מספר הפעמים שהפונקציה rand(T) מחזירה ערך עד שהמספר 4 התקבל N פעמים.

לדוגמה: עבור הקלט 2 ל- N וסדרת המספרים האקראיים 4, 1, 4

(שהחזירה הפונקציה rand(T) יודפס 3.

בתכנית מוגדרים שלושה משתנים גלובליים A, B, N מטיפוס שלם.

המשתנים מאותחלים באופן זה:

```
A := 0;
B := 0;
readln(N);
```

בתכנית מתבצעים במקביל שני התהליכים, P1 ו- P2:

P1
<pre>while true do begin   A := rand(8);   B := B + 1; end;</pre>

P2
<pre>while N &gt; 0 do begin   while A &lt;&gt; 4 do begin   end;   N := N - 1; end; writeln(B);</pre>

א. תאר תסריט שבו התכנית משיגה את מטרתה עבור הקלט 2 ל- N.

ב. תאר תסריט שבו התכנית אינה משיגה את מטרתה עבור הקלט 2 ל- N.

ג. רשום שתי בעיות בתכנית, שבגללן היא אינה משיגה את מטרתה.

עבור כל אחת מהבעיות שרשמת, הסבר מדוע היא נוצרת בתכנית.

/המשך בעמוד 16/

18. לפניך תכנית ובה מוגדרים משתנה שלם  $X$  המאותחל ל-0, וסמפור  $S$  המאותחל ל-0.  
בתכנית שלושה תהליכים  $P1, P2, P3$ , המתבצעים במקביל.

<pre> process P1; var   I : integer; begin   for I := 1 to 3 do   begin     wait(S);     X := X - 1;     writeln(X);   end; end; </pre>	<pre> process P2; var   I : integer; begin   for I := 1 to 2 do   begin     signal(S);   end; end; </pre>	<pre> process P3; begin   signal(S);   wait(S);   X := X + 1;   signal(S); end; </pre>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------

- א. הוכח, בעזרת תסריט, שהתכנית עשויה להגיע למצב של קיפאון.  
כתוב את התסריט בטבלה המפרטת את ההוראות המתבצעות.
- ב. הוכח את הטענה: המספר הגדול ביותר שיכול להופיע בפלט הוא 0.



19. לפניך אלגוריתם מבוזר, ובו שלושה צמתים: צומת א, צומת ב וצומת ג.  
 הצמתים מתקשרים ביניהם על ידי מנגנון של שליחת הודעות וקבלתן.  
 \* צומת א וצומת ב משתמשים בפונקציה 'חשב' המחזירה מספר כלשהו.  
 \* בצומת ג יש שני תהליכים המתבצעים במקביל.  
 בצומת ג מוגדרים משתנים גלובליים לצומת: Empty מטיפוס סמפור  
 המאותחל ל-1, Full מטיפוס סמפור המאותחל ל-0 ומערך Buff בגודל 2.

צומת א	צומת ב
בצע תמיד	בצע תמיד
(1) חשב $X \leftarrow$	(1) חשב $X \leftarrow$
(2) קבל ('ok', 'A')	(2) קבל ('ok', 'A')
(3) שלח (צומת ג, 'C', 1, X)	(3) שלח (צומת ג, 'C', 2, X)

צומת ג	תהליך 1	תהליך 2
בצע תמיד	בצע תמיד	בצע תמיד
(1) wait (Empty)	(1) wait (Full)	
(2) שלח (צומת א, 'ok', 'A')	(2) הדפס ("הקואורדינטות הן: ")	
(3) שלח (צומת ב, 'ok', 'A')	(3) הדפס (Buff [1])	
(4) בצע פעמיים	(4) הדפס (Buff [2])	
(4.1) קבל (Coor, Num, 'C')	(5) signal (Empty)	
(4.2) Buff [Num] $\leftarrow$ Coor		
(5) signal (Full)		

- א. מה מבצע האלגוריתם המבוזר הנתון? פרט את התפקיד של כל צומת.  
 ב. רשום את כל דרישות התיאום, שבאות לידי ביטוי במנגנון התיאום באלגוריתם.  
 פרט כל פעולה במנגנון התיאום.

20. לפניך שתי תכניות, א ו-ב. מטרת כל אחת מן התכניות היא להציג את המספר הגדול ביותר בקבוצה של  $N$  מספרים שלמים גדולים מאפס ושונים זה מזה. התכניות משתמשות בטיפוס הנתונים קבוצה (group). לפניך חלק מפעולות הממשק של טיפוס הנתונים קבוצה (group).

insert(G, X)	הפעולה מקבלת קבוצה G ומספר X, ומכניסה את X ל-G. הנחה: G מאותחלת.
remove(G)	הפעולה מקבלת קבוצה G, מוציאה מ-G מספר באופן אקראי, ומחזירה אותו. הנחה: G מאותחלת ולא ריקה.
empty(G)	הפעולה מקבלת קבוצה G, ומחזירה "אמת" אם G ריקה, ו"שקר" – אחרת. הנחה: G מאותחלת.

התכניות משתמשות בשני משתנים גלובליים: G מטיפוס קבוצה מאותחל ומכיל

N מספרים, ו- S מטיפוס סמפור מאותחל ל- 1.

ידוע כי רק אחת מהתכניות משיגה את מטרתה.

לפניך תכנית א ובה שני תהליכים זהים, P1 ו- P2 :

```

process P1;
var
  X, Y: integer;
begin
  Y := 1;
  wait(S);
  while not empty(G) do
    begin
      X := 0;
      Y := 0;
      X := remove(G);
      if not empty(G) then
        begin
          Y := remove(G);
          if X > Y then
            insert(G,X)
          else
            insert(G,Y);
          end;
          signal(S);
          wait(S);
        end;
      signal(S);
      if Y = 0 then
        writeln(X);
      end;
    end;
  process P2;
  { זהה ל-P1 }

```

/המשך בעמוד 19/

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לפניך תכנית ב ובה שני תהליכים זהים, P1 ו- P2 :

```
process P1;
var
  X, Y: integer;
begin
  Y := 1;
  while not empty(G) do
    begin
      X := 0;
      Y := 0;
      wait(S);
      X := remove(G);
      signal(S);
      wait(S);
      if not empty(G) then
        begin
          Y := remove(G);
          if X > Y then
            insert(G,X)
          else
            insert(G,Y);
          end;
          signal(S);
        end;
      if Y = 0 then
        writeln(X);
      end;
    end;
  end;
process P2;
{ זהה ל- P1 }
```

- א. ציין איזו תכנית אינה משיגה את מטרתה, ותאר תסריט המראה זאת עבור  $N=2$ .
- ב. נסח את דרישות התיאום המתקיימות בתכנית שמשיגה את מטרתה.

**תכנות מונחה עצמים**

אם למדת מסלול זה, ענה על שתיים מהשאלות 21-24 (לכל שאלה – 25 נקודות).

21. לפניך תכנית:

```

1.  #include <iostream.h>

2.  class CTest
3.  {
4.      public:
5.          CTest (int nX, int nY=0, int nZ=0, char cConstant='z')
6.              : cTchar (cConstant)
7.              {nTpub = nX; nTprot = nY; nTpriv = nZ; cout << "Test";}

8.          void Increment (int& nInc);
9.          friend CTest operator- (CTest tstT1, CTest tstT2);
10.         friend ostream& operator<< (ostream& os, CTest& tstPrint);

11.         int nTpub;

12.     protected:
13.         int nTprot;
14.         const char cTchar;

15.     private:
16.         int nTpriv;
17. };

18. class CQuiz : private CTest
19. {
20.     public:
21.         CQuiz () {cout << "Quiz";}

22.         void Increment ();
23.         void Increment (int& nInc);

24.         int nQpub;

25.     protected:
26.         int nQprot;

27.     private:
28.         int nQpriv;
29. };

```

/המשך בעמוד 21/

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)

- א. (1) מהי שיטת האתחול למאפיין cTchar, המופיע בהגדרת ה- Constructor של המחלקה CTest (שורה 5)?
- (2) האם אפשר לאתחל את המאפיינים האחרים של המחלקה CTest באותה שיטה שרשמת בסעיף א(1) במקום האתחול המופיע בשורה 6? אם כן – רשום את האתחולים המתאימים. אם לא – הסבר מדוע.
- ב. הגדרת ה- Constructor של המחלקה CQuiz בשורה 20 שגויה. תקן את ההגדרה, והסבר את התיקון.
- ג. במחלקה CTest, בשורה 7, מוגדרת פונקציה חברה בשם Increment. גם במחלקה CQuiz, בשורה 22, מוגדרת פונקציה חברה בשם Increment.
- (1) איזה עיקרון של תכנות מונחה עצמים מאפשר להגדיר פונקציה באותו שם בשתי מחלקות שונות?
- (2) בעת ביצוע התכנית, כיצד תיבחר הפונקציה החברה Increment המתאימה?
- ד. במחלקה CQuiz יש שתי הגדרות שונות לפונקציה חברה Increment, המופיעות בשורה 21 ובשורה 22.
- (1) איך נקרא מצב שבו שתי פונקציות חברות מאותה מחלקה, מקבלות שם זהה?
- (2) כאשר הפונקציה החברה Increment מופעלת על עצם מטיפוס המחלקה CQuiz – כיצד תיבחר הפונקציה המתאימה מבין שתי הפונקציות החברות Increment?
- ה. במחלקה CTest, בשורות 8 ו-9, מופיעות פונקציות המוגדרות בעזרת מילת המפתח friend.
- (1) באיזה עיקרון של תכנות מונחה עצמים פוגעת הגדרת הפונקציה באמצעות מילת המפתח friend?
- (2) האם אפשר לשנות את ה- operator בהגדרת הפונקציה בשורה 8, כך שיהיה אפשר לרשום את הפונקציה בלי מילת המפתח friend?
- אם כן – רשום את השינוי. אם לא – הסבר מדוע.
- (3) האם אפשר לשנות את ה- operator בהגדרת הפונקציה בשורה 9, כך שיהיה אפשר לרשום את הפונקציה בלי מילת המפתח friend?
- אם כן – רשום את השינוי. אם לא – הסבר מדוע.
- /המשך בעמוד 22/

22. עקוב בעזרת טבלת מעקב אחר התכנית שלפניך, ורשום מה יהיה פלט התכנית.

```
#include <iostream.h>

class CTwin
{
public:
    CTwin ()                { cA = 'T' ; cB = 'W' ; }
    CTwin (char ch1, char ch2 = 'Z') { cA = ch1 ; cB = ch2 ; }

    CTwin operator ! ()      { return CTwin (cB , cA ) ; }
    CTwin operator ++ ()    { return CTwin (++cA , ++cB ) ; }
    CTwin operator ++ (int) { return CTwin (cA++ , cB++ ) ; }

    CTwin operator += (CTwin tOther) { cA = tOther.cB;
                                      cB = tOther.cA;
                                      return * this; }

    friend ostream& operator<< (ostream& os, CTwin tTw);
    friend CTwin operator+ (CTwin tFirst, CTwin tSecond);

protected:
    char cA, cB;
};
/*.....*/
class CTwoTwin
{
public:
    CTwoTwin (char ch1, char ch2 , char ch3, char ch4)
    {
        tTw[0] = CTwin (ch1, ch2);
        tTw[1] = CTwin (ch3, ch4);
    }

    CTwoTwin operator+ (CTwoTwin& ttSecond)
    {
        CTwoTwin ttTemp = *this;
        ttTemp.tTw[0] += ttSecond.tTw[0];
        ttTemp.tTw[1] += ttSecond.tTw[1];

        return ttTemp;
    }

    friend ostream& operator<< (ostream& os, CTwoTwin ttTwn);

private:
    CTwin tTw[2];
};

/המשך בעמוד 23/
```

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

```

inline char max (char ch1, char ch2)
    { if (ch1 > ch2) return ch1; else return ch2; }
/* ..... */
ostream& operator<< (ostream& os, CTwin tTw)
    { return os << '(' << tTw.cA << ',' << tTw.cB << ')' ; }

CTwin operator+ (CTwin tFirst, CTwin tSecond)
    { return CTwin (max (tFirst.cA, tSecond.cA),
                    max (tFirst.cB, tSecond.cB)) ; }
/* ..... */
ostream& operator<< (ostream& os, CTwoTwin ttTwn)
    { return os << '{' << ttTwn.tTw[0] << ',' << ttTwn.tTw[1] << '}' ; }
/* ..... */
void main ()
{
    CTwin t1, t2 ('E', 'F');
    CTwin t3 = t2, t4 = 'A';
    cout << t1 << t2 << t3 << t4 << endl;

    CTwin t5 ('C', 'D');
    cout << t5 ++;
    cout << ++ t5;
    cout << t5 << endl;

    CTwin t6 ('B', 'D');
    cout << (CTwin ('A', 'F') + t6);
    cout << (CTwin ('A') + !t6) << endl;

    CTwoTwin aa ('M', 'A', 'M', 'A');
    CTwoTwin bb ('D', 'A', 'D', 'Y');

    cout << aa << endl << bb << endl;

    cout << aa + bb << endl;
}

```

23. ועדת המִחשוב בכנסת בונה מערכת תוכנה חדשה "ידע-כנסת".

בכנסת יש 120 חברים. כל חבר כנסת משתייך למפלגה אחת. מספר המפלגות אינו קבוע, וגם מספר חברי הכנסת מכל מפלגה אינו קבוע.

מערכת "ידע-כנסת" תשתמש במחלקות 1-3 שלפניך:

1. המחלקה חבר כנסת — class CKnesetMember

תכונות: שם, תעודת זהות, שנת לידה, מספר השנים שבהן היה חבר כנסת.

2. המחלקה מפלגה — class CParty

תכונות: שם מפלגה, חברי כנסת.

3. המחלקה כנסת — class CKneset

תכונות: מפלגות.

לפניך הגדרה ב- C++ של המחלקה חבר כנסת, class CKnesetMember. ההגדרה כוללת

תיעוד ללא מימוש של הפונקציות החברות.

```
class CKnesetMember
```

```
{
```

```
public:
```

```
    CKnesetMember (char* sN = "", char* sId = "", int nBY = 0, int nYK = 0);
```

```
    char*   Name      () ;           // אחזור שם חבר כנסת
```

```
    char*   Id        () ;           // אחזור תעודת זהות של חבר כנסת
```

```
    int     Born       () ;           // אחזור שנת לידה של חבר כנסת
```

```
    int     Years      () ;           // אחזור מספר שנות חברות בכנסת
```

```
    void setName      (char* sN ) ;   // קביעת שם חבר כנסת
```

```
    void setId        (char* sId ) ;   // קביעת תעודת זהות של חבר כנסת
```

```
    void setBorn       (int nBY ) ;     // קביעת שנת לידה של חבר כנסת
```

```
    void setYears      (int nYK ) ;     // קביעת מספר שנות חברות בכנסת
```

```
private:
```

```
    char m_sName[30] ;           // שם חבר כנסת
```

```
    char m_sId[9] ;             // תעודת זהות של חבר כנסת
```

```
    int m_nBornYear ;           // שנת לידה של חבר כנסת
```

```
    int m_nYearsInKneset ;       // מספר שנות חברות בכנסת
```

```
};
```

/המשך בעמוד 25/

(שים לב: סעיפי השאלה בעמוד הבא.)



- א. כדי לפתח את המערכת "ידע-כנסת", הגדר ב- C++ את המחלקות CParty ו- CKneset ללא מימוש. לכל מחלקה ציין תכונות ופונקציות חברות. לכל פונקציה חברה כתוב כותרת ותיעוד.
- ב. יש להגדיר במערכת התוכנה פעולה המטפלת במעבר של חבר כנסת ממפלגה אחת למפלגה אחרת. הפעולה תקבל את מספר תעודת הזהות של חבר הכנסת, את שם המפלגה שהוא עוזב ואת שם המפלגה שאליה הוא מצטרף. הפעולה תבצע את כל העדכונים הנדרשים במערכת "ידע-כנסת".
- הגדר וממש ב- C++ את הפעולה. ציין באיזו מחלקה היא מוגדרת.
- הערה: אתה רשאי להשתמש בפעולות שהגדרת בסעיף א בלי לממש אותן.
- אם אתה משתמש בפעולות עזר נוספות על אלה שהגדרת בסעיף א, עליך להגדיר אותן ולממשן.

24. החברה "משקה-לי" מייצרת חמישה סוגי משקאות, לכל סוג טעם אחר. היא משווקת כל סוג משקה בשלושה נפחים של בקבוקים: 1.5 ליטר, 0.5 ליטר, 0.33 ליטר.

החברה מעוניינת לבדוק:

- \* את הנפח של הבקבוק הנמכר ביותר, בלי קשר לסוג המשקה.
  - \* את הנפח של הבקבוק ששיווקו הוא הרווחי ביותר, בלי קשר לסוג המשקה.
- הערה: הרווח הוא מחיר מכירה לחנויות פחות עלות הייצור.

לשם כך הוגדרו המחלקות 2-1 שלפניך:

1. מחלקה בקבוק — class CBottle

תכונות: סוג המשקה, נפח הבקבוק, עלות הייצור של בקבוק משקה אחד, מחיר מכירה לחנויות של בקבוק משקה אחד, מספר הבקבוקים שנמכרו לחנויות.

2. מחלקה מכירות — class CSales

תכונות: בקבוקים.

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

לפניך הגדרה ב- C++ של המחלקה בקבוק class CBottle. ההגדרה כוללת תיעוד ללא מימוש של הפונקציות החברות.

```
class CBottle
{
public:
    CBottle(char* sT = "", float nV = 0, float nC = 0, float nP = 0, int nQ = 0);

    char*   Taste      ();           // אחזור סוג משקה
    float   Volume     ();           // אחזור נפח בקבוק
    float   Cost        ();           // אחזור עלות ייצור
    float   Price       ();           // אחזור מחיר מכירה לחנות
    int     Quantity    ();           // אחזור מספר בקבוקים שנמכרו

    void     setTaste    (char* sT);  // קביעת סוג משקה
    void     setVolume   (float nV);  // קביעת נפח בקבוק
    void     setCost     (float nC);  // קביעת עלות ייצור
    void     setPrice    (float nP);  // קביעת מחיר מכירה לחנות
    void     setQuantity (int nQ);    // קביעת מספר בקבוקים שנמכרו

private:
    char*   m_sTaste [20];           // סוג משקה
    float   m_nVolume;                // נפח בקבוק
    float   m_nCost;                  // עלות ייצור
    float   m_nPrice;                 // מחיר מכירה לחנות
    int     m_nQuantity;              // מספר בקבוקים שנמכרו
};
```

- א. הגדר ללא מימוש את המחלקה מכירות class CSales.
- ב. איזה יחס מתקיים בין המחלקה בקבוק class CBottle למחלקה מכירות class CSales? הסבר.
- ג. רוצים להגדיר את שתי הפעולות האלה:
- (i) החזר את נפח הבקבוק הנמכר ביותר.
  - (ii) החזר את נפח הבקבוק ששיווקו הוא הרווחי ביותר.
- (1) באיזו מחלקה יש להגדיר פעולות אלה?
  - (2) הגדר וממש ב- C++ את הפעולה (i).
  - (3) הגדר ללא מימוש את הפעולה (ii).
- ד. כתוב תכנית ראשית, שתבדוק אם נפח הבקבוק הנמכר ביותר הוא גם נפח הבקבוק ששיווקו הוא הרווחי ביותר, ותדפיס הודעה בהתאם.

## בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל  
אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך