



מס' שאלון - 462

2

במאי 2024

סמסטר 2024א

מס' מועד 75

20441 / 4

שאלון בחינת גמר

20441 - מבוא למדעי המחשב ושפת Java

משך בחינה: 3 שעות

בשאלון זה 14 עמודים

מבנה הבחינה:

- קראו בעיון את ההנחיות שלהלן:
- * בבחינה יש חמש שאלות. עליכם לענות על כולן.
 - * כל התכניות צריכות להיות מתועדות היטב.
 - יש לכתוב תחילה בקצרה את האלגוריתם וכל הסבר נוסף הדרוש להבנת התכנית.
 - יש לבחור בשמות משמעותיים למשתנים, לפונקציות ולקבועים שבתכנית.
 - תכנית שלא תתועד כנדרש לעיל תקבל לכל היותר 85 % מהניקוד.
 - * יש להקיף לכתוב את התכניות בצורה מבנית ויעילה.
 - תכנית לא יעילה לא תקבל את מלוא הנקודות.
 - * אם ברצונכם להשתמש בתשובתכם בשיטה או במחלקה הכתובה בחוברת השקפים, אין צורך שתעתיקו את השיטה או את המחלקה למחברת הבחינה.
 - מספיק להפנות למקום הנכון,
 - ובלבד שההפניה תהיה מדויקת (פרמטרים, מיקום וכו').
 - * אין להשתמש במחלקות קיימות ב-Java, חוץ מאלו המפורטות בשאלות הבחינה.
 - * יש לשמור על סדר; תכנית הכתובה בצורה בלתי מסודרת עלולה לגרוע מהציון.
 - * בכתובת התכניות יש להשתמש אך ורק במרכיבי השפה שנלמדו בקורס זה
 - אין להשתמש במשתנים גלובליים!
 - * אפשר לתעד בעברית. אין צורך בתיעוד API.
 - * על שאלות 3-5 יש לענות אך ורק בשאלון ולא במחברת הבחינה!

חומר עזר:

חוברות השקפים 1-6, 7-12. אסור לכתוב כלום בתוך חוברות השקפים.
מותר לסמן עמודים בצבע או בדגלונים. אסור להכניס מחשב/מחשבון/
מכשיר אלקטרוני מכל סוג שהוא. אסורים עזרים וחומרים מקוונים.
אין להכניס חומר נוסף אחר מכל סוג. חומר העזר מודפס בלבד.

בהצלחה !!!

חלק א – עליכם לענות על כל השאלות בחלק זה במחברת הבחינה

שאלה 1 - 25 נקודות

תזכורת מתמטית:

- א. גודל ($size$) של קבוצה (set) הוא מספר האיברים שיש בה.
למשל, בקבוצה $\{6, 2, 3, -5\}$ יש ארבעה איברים, ולכן גודלה הוא 4.
- ב. קבוצות זרות ומשלימות ($disjoint$ and $complementary$ sets) של המערך הן קבוצות שאין להן איבר משותף, והאיחוד שלהן הוא כל איברי המערך. במילים אחרות, כל איבר במערך נמצא בדיוק באחת משתי הקבוצות.

לדוגמא: אם המערך a הוא:

	0	1	2	3	4
$a =$	1	2	0	3	-1

אז יש הרבה קבוצות זרות ומשלימות במערך זה. הנה כמה מהן:

- | | | |
|----|----------------------|-------------------|
| 1. | $\{1, 2, 0, 3\}$ | $\{-1\}$ |
| 2. | $\{1, 2, -1\}$ | $\{0, 3\}$ |
| 3. | $\{0, 3\}$ | $\{1, 2, -1\}$ |
| 4. | $\{1, 2, 0, 3, -1\}$ | $\{\}$ |
| 5. | $\{1, 3\}$ | $\{2, 0, -1\}$ |
| 6. | $\{2, 0, -1\}$ | $\{1, 3\}$ |
| 7. | $\{1\}$ | $\{2, 0, 3, -1\}$ |

כתבו שיטה סטטית רקורסיבית המקבלת מערך של מספרים שונים זה מזה, שלמים (חיוביים, שליליים ואפסים) arr . השיטה צריכה לבדוק האם ניתן לחלק את המערך לשתי קבוצות זרות ומשלימות של איברים כך שיתקיים התנאי הבא : ההפרש בין הסכומים של שתי הקבוצות יהיה בדיוק ההפרש בין הגדלים שלהן (בערך מוחלט).

אם ניתן לחלק, השיטה תדפיס את כל החלוקות האפשריות : בכל חלוקה יודפסו האיברים בכל אחת משתי הקבוצות, וכן הסכום ומספר האיברים בכל אחת מהקבוצות. כמו כן, השיטה תחזיר את מספר החלוקות העומדות בתנאי.

אם אין אפשרות לחלק את המערך לשתי קבוצות זרות ומשלימות שמקיימות את התנאי, לא יודפס כלום ויוחזר הערך 0.

לדוגמא:

במערך a , החלוקות 2, 3, 4, 7 שציינו לעיל מקיימות את התנאי שההפרש בין הסכומים של שתי הקבוצות הוא בדיוק ההפרש בין הגדלים שלהן.

בחלוקה 2 לעיל:

$$A = \{1, 2, -1\}$$

$$B = \{0, 3\}$$

בקבוצה A גודל הקבוצה הוא 3 סכום האיברים 2

בקבוצה B גודל הקבוצה הוא 2 סכום האיברים הוא 3

ואכן ההפרש בין הסכומים של שתי הקבוצות הוא 1 ($3-2=1$), וגם ההפרש בין מספר האיברים של שתי הקבוצות הוא 1 ($2-3=-1$) בערך מוחלט זה 1).

בחלוקה 3 לעיל:

$$A = \{0, 3\}$$

$$B = \{1, 2, -1\}$$

בקבוצה A גודל הקבוצה הוא 2 סכום האיברים 3

בקבוצה B גודל הקבוצה הוא 3 סכום האיברים הוא 2

ההפרש בין הסכומים הוא 1 וההפרש בין הגדלים הוא 1.

בחלוקה 4 לעיל:

$$A = \{1, 2, 3, 0, -1\}$$

$$B = \{\}$$

בקבוצה A גודל הקבוצה הוא 5 סכום האיברים 5

בקבוצה B גודל הקבוצה הוא 0 סכום האיברים הוא 0

ההפרש בין הסכומים הוא 5 וההפרש בין הגדלים הוא 5.

בחלוקה 7 לעיל:

$$A = \{1\}$$

$$B = \{2, 0, 3, -1\}$$

בקבוצה A גודל הקבוצה הוא 1 סכום האיברים 1

בקבוצה B גודל הקבוצה הוא 4 סכום האיברים הוא 4

ההפרש בין הסכומים הוא 3 וההפרש בין הגדלים הוא 3.

אפשר לראות כי בחלוקה 1 לעיל:

$$A = \{1, 2, 0, 3\}$$

$$B = \{-1\}$$

בקבוצה A גודל הקבוצה הוא 4 סכום האיברים 6

בקבוצה B גודל הקבוצה הוא 1 סכום האיברים הוא -1

ההפרש בין הסכומים הוא 7 וההפרש בין הגדלים הוא 3.

לכן החלוקה הזו לא מקיימת את התנאי, ולכן היא לא תודפס ולא תיספר.

שימו לב שיש עוד קבוצות זרות ומשלימות שמתאימות למערך זה, ואשר מקיימות את התנאי שההפרש בין הסכומים של שתי הקבוצות הוא בדיוק ההפרש בין הגדלים שלהן. יחד יש 12 חלוקות כאלו, לכן השיטה תחזיר 12.

ההדפסה צריכה להיראות כך:

```
1 2 0      sum = 3 count = 3
3 -1      sum = 2 count = 2

2 0 3 -1   sum = 4 count = 4
1          sum = 1 count = 1
```

וכן הלאה הדפסה של שאר החלוקות... הסדר לא משנה!

אם המערך **b** הוא:

	0	1	2	3	4
b =	1	2	0	4	-1

אין אפשרות לחלק את המערך לשתי קבוצות זרות ומשלימות שהפרש הסכומים שלהן שווה להפרש הגדלים שלהן, ולכן השיטה תחזיר 0 ולא תדפיס כלום.

חתימת השיטה היא:

```
public static int countEqualDiff (int [] arr)
```

השיטה צריכה להיות רקורסיבית ללא שימוש בלולאות כלל. כך גם כל שיטות העזר שתכתבו (אם תכתבו) לא יכולות להכיל לולאות.

שימו לב,

- אם השיטה שתכתבו רק תחזיר את מספר החלוקות, אבל לא תדפיס אותן, התשובה תקבל לכל היותר 20 נקודות.
- מותר להשתמש בהעמסת-יתר (Overloading)
- אסור לשנות את המערך במהלך השיטה!
- אין צורך לדאוג ליעילות השיטה! אבל כמובן שצריך לשים לב לא לעשות קריאות רקורסיביות מיותרות!
- אל תשכחו לתעד את מה שכתבתם!

שאלה 2 - 25 נקודות

כתבו שיטה יעילה המקבלת כפרמטר מערך חד-ממדי `arr` המלא במספרים שלמים לא ממוינים. השיטה מחזירה מהו המספר החיובי הקטן ביותר שלא נמצא במערך. (0 אינו מספר חיובי).

חתימת השיטה היא:

```
public static int findFirstMissing (int [] arr)
```

דוגמאות:

- עבור המערך `arr` הבא:

0	1	2	3	4	5
1	-3	6	2	0	15

המספר החיובי הקטן ביותר שלא נמצא במערך הוא 3. כי 1 ו-2 נמצאים במערך (בתאים 0 ו-3), אבל 3 לא.

- עבור המערך `arr` הבא: `int[] arr = {1, 1, 1, 1}` השיטה תחזיר 2
- עבור המערך `arr` הבא: `int[] arr = {1, 2, 3, 4}` השיטה תחזיר 5
- עבור המערך `arr` הבא: `int[] arr = {5, -1, 3, 1, 0, -2, 2}` השיטה תחזיר 4
- עבור המערך `arr` הבא: `int[] arr = {7, 8, 9, 11, 12, 14}` השיטה תחזיר 1

שימו לב:

- השיטה שתכתבו צריכה להיות יעילה ככל הניתן מבחינת סיבוכיות הזמן. תשובה שאינה יעילה מספיק כלומר, שתהיה בסיבוכיות זמן גדולה יותר מזו הנדרשת לפתרון הבעיה תקבל מעט נקודות בלבד.
- סיבוכיות המקום צריכה להיות קבועה, אחרת יורדו הרבה נקודות.
- מותר לשנות את המערך במהלך השיטה, ואין צורך להחזיר אותו למצבו המקורי בסיומה.
- כתבו מה סיבוכיות הזמן של השיטה שכתבתם. הסבירו את תשובתכם.
- אל תשכחו לתעד את מה שכתבתם!

חלק ב - את התשובות לשאלות 3, 4 ו- 5 יש לכתוב על גבי השאלון. לא נבדוק תשובות שייכתבו במקום אחר!

שאלה 3 - 16 נקודות

סעיפים א – ג להלן עוסקים ב **עץ חיפוש בינרי** (binary search tree) המכיל 5 צמתים בדיוק, שהערכים שלהם הם **כל** המספרים השלמים בין 1 ל- 5. (כל ערך מופיע פעם אחת בלבד בעץ).

ענו על השאלות הבאות:

א. מה הגובה (מספר הרמות) המינימלי ומה הגובה המקסימלי של עץ כזה? ציירו עצים מתאימים. אחד עם גובה מינימלי ואחד עם גובה מקסימלי.

התשובה היא:

עץ עם גובה מינימלי (2 נקודות)

עץ עם גובה מקסימלי (2 נקודות)

ב. ציירו עץ חיפוש בינרי המכיל 5 צמתים שהם כל המספרים השלמים בין 1 ל- 5 (כל ערך

מופיע פעם אחת בלבד בעץ), וכן מתקיימים בו שני התנאים הבאים:

1. בעץ קיים זוג אחים (שיש להם הורה משותף) שערכיהם הם 1 ו- 4

2. לצומת שערכו הוא 2 יש נכד (בן של בן) שערכו הוא 3.

אם לא יכול להיות עץ כזה, הסבירו מדוע אי אפשר.

התשובה היא: (3 נקודות)

ג. אם מוסיפים לעץ חיפוש בינרי המכיל 5 צמתים שהם כל המספרים השלמים בין 1 ל- 5

(שכל ערך מופיע פעם אחת בלבד בעץ), צומת נוסף עם אחד מהערכים 1 – 5, האם

הטענה הבאה נכונה?

"בעץ חייב להיות זוג של אב ובן-ימין, שהערכים שלהם **שווים**".

נמקו את תשובתכם. אם הטענה נכונה לדעתכם, הוכיחו אותה, אם היא שגויה, ציירו עץ

עם דוגמא נגדית לטענה. אם הטענה תלויה בערך של הצומת הנוסף, הסבירו בצורה

מדויקת מתי הטענה נכונה ומתי לא.

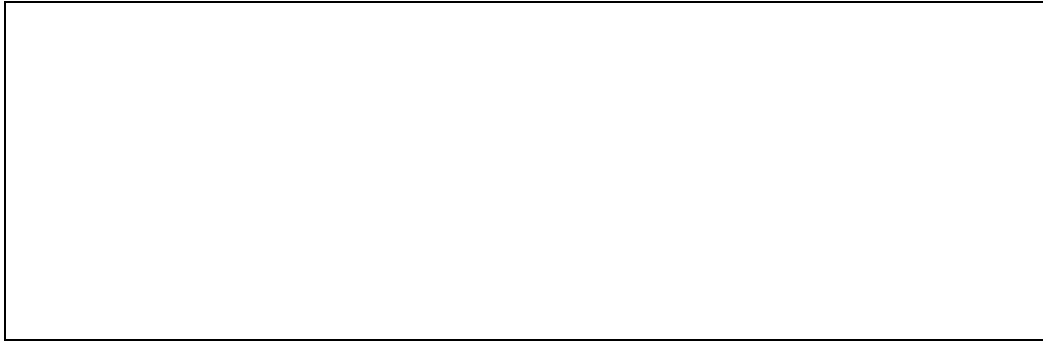
התשובה היא: (3 נקודות)

סעיפים ד-ו עוסקים בעץ חיפוש בינרי עם 3 צמתים בלבד.

נתונים שלושה ערכים a, b, c שונים זה מזה, כאשר a הוא הערך הקטן ביותר ו- c הוא הגדול ביותר. אלו הם הערכים שנמצאים בעץ.

ד. ציירו את כל עצי החיפוש הבינרי שמכילים את כל הערכים האלו ורק אותם, ושהשורש שלהם הוא a .

התשובה היא: (2 נקודות)



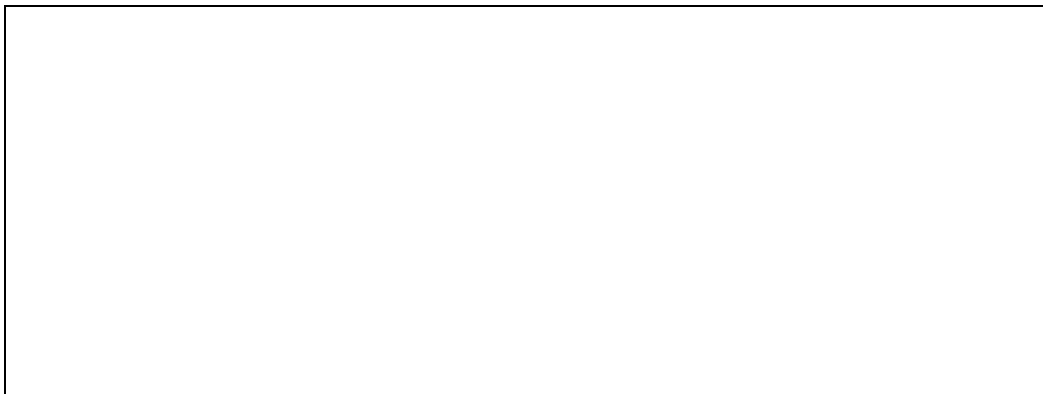
ה. ציירו את כל עצי החיפוש הבינרי שמכילים את כל הערכים האלו ורק אותם, ושהשורש שלהם הוא b .

התשובה היא: (2 נקודות)



ו. ציירו את כל עצי החיפוש הבינרי שמכילים את כל הערכים האלו ורק אותם, ושהשורש שלהם הוא c .

התשובה היא: (2 נקודות)



שאלה 4 (16 נקודות)

נתונה המחלקה IntNode הבאה, המייצגת איבר ברשימה:

```
public class IntNode
{
    private int _value;
    private IntNode _next;

    public IntNode(int val, IntNode n) {
        _value = val;
        _next = n;
    }

    public int getValue() {
        return _value;
    }

    public IntNode getNext() {
        return _next;
    }

    public void setValue(int v) {
        _value = v;
    }

    public void setNext(IntNode node) {
        _next = node;
    }
}
```

נתונה רשימה מקושרת של מספרים שלמים, הממומשת בעזרת המחלקה IntList שלהלן:

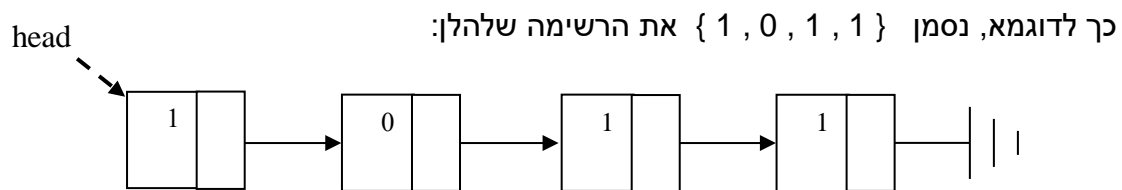
```
public class IntList
{
    private IntNode _head;

    public IntList( ) {
        _head = null;
    }

    public int what()
    // השיטה what פועלת על רשימות המכילות את הערכים 0 ו-1 בלבד
    {
        int sum = 0, i=0, j;
        int m = -1;
        IntNode tempI = _head;
        while (tempI.getNext() != null)
        {
            if (tempI.getValue() == 0)
                sum = -1;
            else
                sum = 1;
            IntNode tempJ = tempI.getNext();
            j = i+1;
            while (tempJ != null)
            {
                if (tempJ.getValue() == 0)
                    sum += -1;
                else
                    sum += 1;
                if (sum == 0 && m < j-i+1)
                    m = j-i+1;
                tempJ = tempJ.getNext();
                j++;
            }
            tempI = tempI.getNext();
            i++;
        }
        return m;
    }
}
```

הניחו שיש במחלקה גם שיטה שמכניסה ערכים לרשימה. אינכם צריכים לדאוג לכך.

בטענות להלן, נסמן את איברי הרשימה כמספרים מופרדים בפסיקים, בתוך סוגריים מסולסלים.



השיטה what פועלת על רשימות המכילות את הערכים 0 ו- 1 בלבד

סעיף א (3 נקודות)

אם נפעיל את השיטה what על הרשימה {1, 1, 1, 1, 1, 1} מה יוחזר?

סעיף ב (3 נקודות)

אם נפעיל את השיטה what על הרשימה {1, 1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1} מה יוחזר?

סעיף ג (4 נקודות)

נתונה ההטענה הבאה: **אם נפעיל את השיטה what על הרשימה {1, 0, 1, 0, 1, 0} ואז על הרשימה {1, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 1} יוחזר אותו ערך.** האם הטענה נכונה?

סעיף ד (6 נקודות)

מה מבצעת השיטה what באופן כללי? הסבירו בקצרה מה השיטה עושה ולא כיצד היא מבצעת זאת.

שימו לב, עליכם לתת תיאור ממצה של מה עושה השיטה באופן כללי, ולא תיאור של מה עושה כל שורה בשיטה, או איך היא מבצעת זאת. עליכם לכתוב מה המשמעות של הערך המוחזר מהשיטה. **שימו לב למקרי הקצה.**

שאלה 5 (18 נקודות)

נתונה השיטה הסטטית **find1** שמקבלת כפרמטר מערך מלא במספרים שלמים וממין בסדר לא יורד, ומספר שלם x : (סדר לא יורד = סדר עולה, אבל יכולים להיות מספרים זהים).

```
public static int find1(int []a, int x)
{
    int high = a.length, low = 0, mid;
    while (low < high)
    {
        mid = (low+high)/2;
        if (a[mid]==x && (mid==a.length-1 || a[mid+1] > x) )
            return mid;
        if (a[mid]<=x)
            low = mid+1;
        else
            high = mid;
    }
    return -1;
}
```

סעיף א: (3 נקודות)

בהינתן המערך **a** הממין הבא:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
-5	-5	1	1	1	1	2	2	5	5	5	5	16

- איזה ערך תחזיר השיטה **find1** אם יינתן לה המערך **a** לעיל והערך $x = 1$?

- איזה ערך תחזיר השיטה **find1** אם יינתן לה המערך **a** לעיל והערך $x = 16$?

- איזה ערך תחזיר השיטה **find1** אם יינתן לה המערך **a** לעיל והערך $x = 3$?

סעיף ב: (7 נקודות)

נניח שברצוננו לשנות את השיטה find1 כך שאם ינתן לה המערך a לעיל והערך 2 היא תחזיר את הערך 6, ואם ינתן לה המערך a לעיל והערך 5- היא תחזיר את הערך 0.

איפה ומה יהיו השינויים בשיטה? השלימו את הדרוש בשיטה find2 להלן:

שימו לב, ההשלמה לא בהכרח שונה מהשיטה המקורית.

```
public static int find2(int [] a, int x)
{
    int high = _____, low = _____, mid;
    while (_____)
    {
        mid = (low+high)/2 ;
        if (_____ )
            return mid;
        if _____
            high = _____ ;
        else
            low = _____ ;
    }
    return -1;
}
```

סעיף ג: (4 נקודות)

נתונה השיטה secret הבאה:

```
public static int secret (int[] a, int x)
{
    int find = find1(a,x);
    if (find == -1)
        return 0;
    return (find - find2(a,x) + 1);
}
```

- איזה ערך תחזיר השיטה secret אם יינתן לה המערך a לעיל והערך $x = 5$?

- איזה ערך תחזיר השיטה secret אם יינתן לה המערך a לעיל והערך $x = 4$?

סעיף ד: (4 נקודות)

מה מבצעת השיטה secret אם נפעיל אותה עם הפרמטרים שהם מערך a המלא במספרים שלמים, וממין בסדר לא יורד, ומספר שלם x? הסבירו בקצרה מה השיטה עושה ולא כיצד היא מבצעת זאת. כלומר, כתבו בקצרה מה משמעות הערך שהשיטה מחזירה. שימו לב, עליכם לתת תיאור ממצה של מה עושה השיטה באופן כללי, ולא תיאור של מה עושה כל שורה בשיטה, או איך היא מבצעת זאת. התייחסו למקרי קצה.

התשובה היא:

ב ה צ ל ח ה!