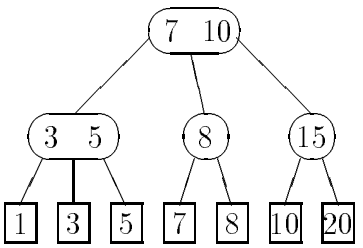
למשל, אם העץ הוא:



אז הוא יודפס כדלקמן:

```
(7,10):  (3,5):  [1] –
                 [3]
                 [5] –
         (8):    [7]
                 [8] –
         (15):   [10]
                 [20] –
```

ל-trace mode אין השפעה על שאר הפעולות (פרט ל-Insert, Delete). אחרי ביצוע Init, המערכת לא נמצאת ב-trace mode.

3 דרישות הסיבוכיות

סיבוכיות הזמן:

- $O(1)$ – Init, Trace, No_Trace.

  הערה: אפשר לבצע הדפסת המבנה גם בעת ביצוע פעולת Trace (הדבר שעשוי לעזור לבודק). במקרה זה הסיבוכיות של Trace היא כסיבוכיות ההדפסה.

- $O(n)$ – End, כאשר n הוא מספר האיברים במבנה.

- $O(\log n)$ – שאר הפעולות. ב-trace mode מותר להוסיף לזמן של Insert ו-Delete את הסיבוכיות של הדפסת העץ.

סיבוכיות המקום – $O(n)$.
יש להוכיח את העמידה בדרישות הסיבוכיות (גם זמן וגם מקום).

4 הנחיות להגשה

קובץ הקלט מוגדר בדיוק כמו בתרגיל הרטוב מס' 1. ניתן להניח שהקלט תקין. כל האיברים הנשמרים במבנה הם מספרים שלמים מסוג int, חוץ מזה אין חסם על גודל המספרים או על הכמות שלהם. כל הנחיות ההגשה הן כמו בתרגיל הרטוב מס' 1. לקובץ ההרצה יש לקרוא בשם ratuv2.exe.

את כל השאלות לגבי התרגיל נא לשלוח לכתובת olleg@cs.technion.ac.il.

בהצלחה !

תרגיל בית רטוב מס׳ 2

תאריך הגשה: עד 22.01.98 בחצות

הגשה בזוגות מומלצת!

1 הגדרת הבעיה

עליכם לממש מבנה נתונים שתומך בביצוע הפעולות הבאות:

1. Init – אתחול של מבנה ריק.
2. Insert x – הכנסת איבר חדש x (ייתכנו מופעים חוזרים של x במבנה).
3. Delete x – הוצאת איבר x מהמבנה (אם יש כמה איברים בעלי ערך x – הוצאת אחד מהם).
4. Search x – בדיקה האם x נמצא במבנה (לפחות פעם אחת). אם x מופיע כמה פעמים, יש להחזיר את מספר המופעים שלו.
5. Odd_Segment x y – החזרת סכום כל האיברים בעלי אינדקס אי-זוגי אשר ערכיהם גדולים או שווים ל-x וקטנים או שווים ל-y (האינדקס מחושב ביחס לכל האיברים במבנה).
   למשל, אם הכנסנו את הערכים 1,3,5,5,5,7,8,10, אזי "Odd_Segment 3 9" תחזיר $5+5+8=18$.
6. Average_Segment x y – החזרת הממוצע של כל האיברים בקטע [x,y].
   בדוגמה הקודמת, "Average_Segment 3 9" תחזיר $\frac{3+5+5+5+7+8}{6} = \frac{33}{6} = 5.5$.
7. Trace – המערכת עוברת ל-trace mode (יוגדר בהמשך).
8. No_Trace – המערכת יוצאת מה-trace mode.
9. End – סוף העבודה, שחרור הזכרון.

המימוש חייב להתבסס על עץ 2-3 (ראה תרגיל כיתה VIII) או על Skip List דטרמיניסטי מדרגה 5 (בצורה דומה).

2 Trace Mode

כאשר המערכת נמצאת ב-trace mode, עליה לדווח על כל פיצול של צומת תוך ביצוע Insert ועל כל איחוד צמתים או הלוואה מהאח תוך ביצוע Delete. מספיק לציין רק את סוג המאורע ואת הרמה בעץ בה קרה הפיצול/איחוד/הלוואה, כאשר הרמות ממוספרות מלמעלה למטה, ולשורש רמה 0.
במימוש המבנה כרשימת דילוגים דטרמיניסטית יש לדווח על המאורעות המקבילים לפיצול/איחוד/הלוואה שמתרחשים ברשומות של ה-Skip List בעת ביצוע Insert או Delete. מספור הרמות הינו בדיוק כמו בעץ.
בסוף כל פעולה Insert או Delete יש להדפיס את העץ (רשימת הדילוגים) המתקבל(ת) בפורמט "מונח על הצד":

- הצמתים הפנימיים יוצגו ע"י רשימת מפתחותיהם בסוגריים עגולים.
- העלים יוצגו ע"י ערכיהם בסוגריים מרובעים.
- האיברים בעלי אינדקס אי-זוגי יסומנו ע"י סימן "–" לצידם.

יש גם לטפל בערכים כפולים.