פתרון שאלה 4 בממ"ן 16

א' ניתן להבחין בין חוטים לבין מצביעים לבנים "אמיתיים" באמצעות המצביעים לאבות

z או (right[z] או p[right[z]] או מעביע לבן הימני של אם מתקיים

z אחרת אין ל-z בן ימני ו- $\operatorname{right}[z]$ הוא מצביע לעוקב בסדר תוכי של

. בדומה לכך ניתן לבדוק אם left[z] הוא מצביע לבן השמאלי של

אם בעץ לא קיימים מצביעים לאבות, אז ניתן להבחין בין חוטים לבין מצביעים רגילים .left[z] ואחד עבור $\operatorname{right}[z]$ ואחד עבור המצביע אחד עבור הוספת שני שדות לכל צומת – אחד עבור כל שדה יהיה מורכב מביט אחד, שיאפשר להבחין בין שתי האפשרויות.

ב׳ שגרת ההכנסה לעץ מחווט דומה לשגרת ההכנסה לעץ בינרי רגיל.

:TREE-INSERT נדרשים שני שינויים בשגרה

- (2) צריך לשנות את התנאי בשורה (3) בשגרה, מפני שבעץ מחווט אין מצביעי NIL (פרט למצביע השמאלי בעלה הכי שמאלי בעץ ולמצביע הימני בעלה הכי ימני). כלומר, הלולאה תימשך כל . עוד x איננו $oldsymbol{n}$ ולא כל עוד x שונה מ-NIL. בדיקת התנאי תתבצע כפי שהוסבר בסעיף אי
 - . של הצוב right[z] ו-left[z] ו-left[z] של הצומת החדש שהוכנס לעץ צריך להציב חוטים. : נפריד לשני מקרים

אם העוקב y אז y או שהוכנס לעץ הוא בן שמאלי של אביו y אז או העוקב אם הצומת החדש

y-ט שיצביע ולכן המצביע right[z] יהיה חוט שיצביע ל-

כמו-כן הקודם של z בסדר תוכי הוא הצומת שהיה הקודם של z בסדר תוכי לפני שz הוכנס $\operatorname{left}[y]$ יהיה חוט שיצביע לצומת שאליו הצביע ולכן המצביע ולכן יהיה חוט שיצביע ולכן אליו הצביע ולכן המצביע ולכן

באופן סימטרי, אם הצומת החדש z שהוכנס לעץ הוא בן ימני של אביו y, אז y הוא הקודם y-ט שיצביע איביע וולכן המצביע וולכן המצביע איביע יהיה חוט שיצביע ל-

סמו-כן העוקב בסדר תוכי של z הוא הצומת שהיה העוקב בסדר תוכי של z לפני ש-z הוכנס $\operatorname{right}[y]$ יהיה חוט שיצביע לצומת שאליו הצביע החוט $\operatorname{right}[z]$ לעץ, ולכן המצביע

THREADED-TREE-INSERT (T, z)

11

1-10 same as in TREE-INSERT (T, z) except for the change aforementioned in line 3

```
else if key[z] < key[y]
12
                 then right[z] \leftarrow y
13
                         left[z] \leftarrow left(y)
14
                         left[y] \leftarrow z
15
                  else left[z] \leftarrow y
16
                         right[z] \leftarrow right(y)
17
                         right[y] \leftarrow z
```

. נשים לב, שלהכנסה של z אין השפעה על ערכיהם של איזשהם חוטים בעץ

למשל, אם בסדר תוכי שלו הוא z הוא הצומת ש-z הוא הצומת שלו בסדר תוכי שלו הוא z שלו (מדועי: (מדועי: מדועי) הוא העוקב בסדר תוכי שלו (אם קיים כזה) הוא צומת שיש לו בן ימני.

שגרת המחיקה של צומת מעץ מחווט דומה לשגרת המחיקה מעץ בינרי רגיל. ההבדל הוא, שבמקרה של עץ מחווט צריך לבדוק אם בעקבות המחיקה של הצומת נדרש עדכון בשדות right ו-left של הצומת הקודם והצומת העוקב, בהתאמה, לצומת שנמחק מהעץ. נתייחס למקרים האפשריים:

. הצומת y שנמחק מהעץ הוא עלה. נבחין בין שני תת-מקריםy

- יע הוא בן ימני: הניתוח של מקרה זה סימטרי. אם ל-y יש צומת עוקב בסדר תוכי, הרי שלצומת זה יש בן שמאלי ולכן אין צורך לעדכן את השדה left בצומת זה. הקודם של y בסדר תוכי הוא במקרה זה אביו של y. לאחר המחיקה של y לא יהיה לאביו של y בן ימני, ולכן צריך לעדכן את המצביע [y בו העוקב של y ולכן העדכון הנדרש הוא y הוא העוקב לאביו של y הוא הצומת שהיה העוקב של y, ולכן העדכון הנדרש y הוא: y

בין שני תת-מקרים בין נבחין בין שני אחד. אם בא שנמחק שנמחק שני y לצומת אומת בין שני מהעץ שבי

- יש בסדר תוכי, הרי שלצומת זה יש בן ימני yיש בימני yיש בימני אם בימני אולכן אין צורך לעדכן את השדה right מדועי?) ולכן אין צורך לעדכן את השדה
- נסמן ב-w את הצומת העוקב ל-y בסדר תוכי. הקודם של w לאחר מחיקת נסמן ב-w ולכן בסדר העוקב פסדר ולכן הנדרש הוא: [y] שהיה הקודם של y ולכן העדכון הנדרש הוא:
- בנו של y הוא בן שמאלי: הניתוח של מקרה זה סימטרי. אם ל-y יש צומת עוקב בסדר תוכי, הרי שלצומת זה יש בן שמאלי ולכן אין צורך לעדכן את השדה left בצומת זה יש בן שמאלי ולכן אין צורך לעדכן את השדה w לאחר מחיקת y הוא הצומת נסמן ב-y את הצומת הקודם ל-y בסדר תוכי. העוקב של y לאחר מחיקת y ולכן העדכון הנדרש הוא: y ולכן העדכון הנדרש הוא: y ולכן העדכון הנדרש הוא: y ולכן העדכון הנדרש הוא:
 - ג' היתרון העיקרי של השימוש בחוטים: במקרה שלצומת אין בן ימני/שמאלי ניתן למצוא את העוקב/הקודם של הצומת באופן מיידי. כמו-כן, בעץ מחווט ניתן במקרים מסוימים (בהתאם ליישום) לוותר על המצביעים לאבות ולהשיג בדרך זו חסכון במקום.