

7.6.2018

מבני נתונים
פתרון תרגיל מס' 10

1. שאלה זו הופיעה במבחן מועד ב 2017

במערכת המחשוב של צה"ל שומרים נתונים על החילים המתגייסים.

לכל חייל שומרים: תעודת זהות (משמש לזיהוי החייל), התאריך שבו התגייס, ההכשרות אותן עבר במהלך שירותו הצבאי והתפקידים הצבאיים אותם מילא במהלך שירותו הצבאי.

עבור כל הכשרה שומרים: מאפיני ההכשרה (משמשים לזיהוי ההכשרה) שכוללים: שם ההכשרה, התאריכים שבהם התבצעה ההכשרה ושם הבסיס הצבאי שבו בוצעה ההכשרה. נוסף לכך לכל הכשרה שומרים נתונים על החיילים שביצעו את ההכשרה, שכוללים את מספר החיילים שהתחילו את ההכשרה ומספר החיילים שסימו בהצלחה את ההכשרה.

לכל תפקיד צבאי שומרים: שם התפקיד (משמש לזיהוי התפקיד), שם ההכשרה הדרושה למילוי התפקיד, וכן נתונים על החיילים שמילאו תפקיד זה.

בשאלה זו יש להניח שלכל תפקיד יש רק שם הכשרה אחת שדרושה למילוי, ולכל שם הכשרה יש רק תפקיד אחד שאליו היא מכשירה.

פרט להנחה הנ"ל, אסור להניח שמהו אחר קבוע, למשל אסור להניח שמספר ההכשרות הוא קבוע, אסור להניח שמספר התפקידים הוא קבוע, אסור להניח שעבור תפקיד מסוים מספר ההכשרות שבוצעו היה קבוע (מה שקבוע הוא השמות של ההכשרות האלה, שלכולן יש אותם שמות, אבל כל אחת מהן שונה מהשניה כי התבצעה בתאריכים אחרים או בבסיסים אחרים). וכן הלאה...

הערה: האופן בו נשמרים הנתונים הנ"ל אינו מפורט ויהיה עליך לצין אותו כחלק מפתרון השאלה.

המשך בעמוד הבא...

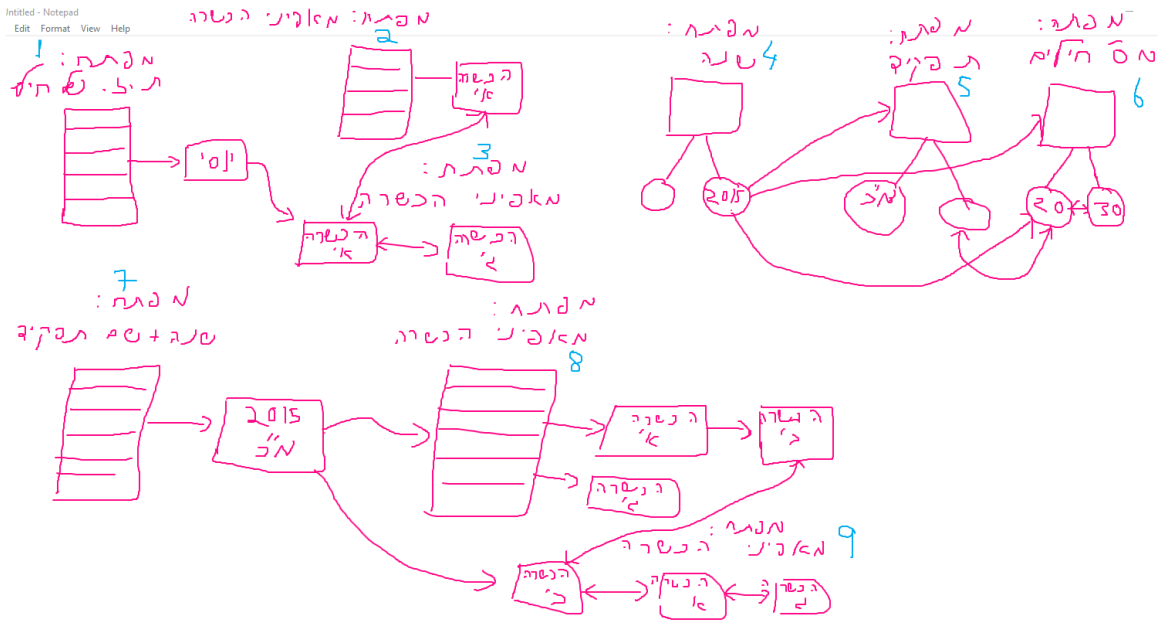
הצע/הציעי מבנה נתונים עבור המערכת הנ"ל ששומר את הנתונים הנ"ל ותומך בפעולות הבאות:

- הוספת/הוצאת הנתון שחייל מסוים ביצע תפקיד מסוים בתקופה מסוימת מתבצעת בזמן $O(z * (\log y + \log x))$ במוצע כאשר y מציין את מספר השנים שעבורן שומרים נתונים במערכת, x מציין את מספר התפקידים שעבורם שומרים נתונים במערכת ו- z מציין את מספר השנים שנמצאות בתקופה המסוימת בה ביצע החייל המסוים את התפקיד המסוים.
- הוספת/הוצאת הנתון שחייל מסוים התחיל הכשרה מסוימת וסיים אותה בהצלחה או לא מתבצעת בזמן $O(1)$ במוצע. בסעיף זה ההוספה מוסיפה את כל הנתונים, דהינו גם את התאריך בו החל את ההכשרה וגם את הנתון אם סיים בהצלחה או לא. בסעיף זה ההוצאה מוציאה את כל הנתונים, דהינו מוציאים את הנתון שהחיל התחיל את ההכשרה ומוציאים גם את הנתון שהחייל סיים את ההכשרה בהצלחה או לא.
- בהינתן תעודת זהות של חייל, הדפסת כל ההכשרות שהחייל עבר וסיים בהצלחה ללא חשיבות לסדר ההכשרות, בזמן $O(h)$ במוצע, כאשר h מציין את מספר ההכשרות ברשימה שתודפס.
- בהינתן שנה ותפקיד, הדפסת כל ההכשרות שנדרשות למילוי התפקיד והסתימו בשנה זו (התאריך בו החלו ההכשרות אינו חשוב), ממוינות לפי אחוזי ההצלחה של ההכשרות, בזמן $O(c \log c)$ במוצע, כאשר c מציין את מספר ההכשרות ברשימה שתודפס. עבור כל הכשרה יודפסו מאפייני ההכשרה שכוללים את שם ההכשרה, תאריכי ההכשרה, והבסיס הצבאי בו בוצעה ההכשרה. בנוסף לכך, עבור כל הכשרה יודפסו אחוזי ההצלחה של הכשרה שמחושבים על ידי הנוסחה הבאה: מספר החילים המסיימים את ההכשרה לחלק במספר החיילים שהחלו את ההכשרה כפול 100.
- בהינתן שנה הדפסת כל התפקידים שבצעו חיילים בשנה זו ממוינים לפי סך כל החילים שבצעו תפקידים אלו בשנה זו, בזמן $O(\log y + t)$ במקרה הגרוע, כאשר y מציין את מספר השנים שעבורן שומרים נתונים במערכת ו- t מציין את מספר התפקידים ברשימה שתודפס. יש להניח שחייל מבצע תפקיד בשנה מסוימת, אם התקופה שבה מילא החייל את התפקיד מכילה שנה זו. לדוגמה, אם חייל מסוים מלא תפקיד מסוים החל מתאריך 1.1.2015 ועד לתאריך 1.1.2017 (כולל) אז השנים שבהן מילא החייל את התפקיד הן 2015, 2016, 2017.

בנוסף לתאור מבנה הנתונים שהצעת, תאר/י באופן מילולי איך מתבצעות שלושת הפעולות האחרונות.

פתרון שאלה 1

להלן ציור של המבנה המוצע:



להלן תוספות לתאור של המבנה המוצע שלא נראות בציור. ההתייחסות לכל מבנה היא לפי המספר שלו בציור.

מבנה 4 הוא טבלת hash של הכשרות שהתבצעו בשנה מסוימת עבור תפקיד מסוים (שנת 2015 ותפקיד מ"כ בדוגמה שבציור), לכל הכשרה בטבלה זו שומרים את השדות הנוספים הבאים: סך כל החילים שהתחילו את ההכשרה, סך כל החילים שסימו בהצלחה את ההכשרה.

להלן תיאור ביצוע 3 הפעולות האחרונות.

בהינתן תעודת זהות של חייל, הדפסת כל ההכשרות שהחייל עבר וסיים בהצלחה מתבצעת באופן הבא: מחפשים את החיל בטבלת החילים בעץ המדינות (מבנה 1 בציור) ($O(1)$ בממוצע), ובעזרת המצביע מגיעים לרשימה המקושרת של ההכשרות המתאימה (מבנה 3 בציור), ומדפיסים אותה, ($O(h)$ במקרה הגרוע), בסך הכל הפעולה לוקחת $O(h)$ בממוצע.

שימו לב שבמבנה 3 שומרים רק את ההכשרות שסיים החיל בהצלחה, כי רק את ההכשרות האלה צריכים לפעולה הנ"ל.

בהינתן שנה ותפקיד, הדפסת כל ההכשרות שנדרשות למילוי התפקיד והסתימו בשנה זו, ממוינות לפי אחוזי ההצלחה של ההכשרות, מתבצעת באופן הבא: מחפשים את השנה והתפקיד בטבלת שנה-תפקיד (מבנה 7 בצירוף) ($O(1)$ בממוצע). בעזרת המצביע מגיעים לרשימה המקושרת של ההכשרות המתאימה (מבנה 9 בצירוף), ממיינים את כל האיברים שברשימה לפי אחוזי ההצלחה של ההכשרות, לפי אלגוריתם המיון שלמדנו בכיתה ($O(c \log c)$ במקרה הגרוע), בסך הכל הפעולה לוקחת $O(c \log c)$ בממוצע.

שימו לב שכדי לחשב את אחוזי ההצלחה של הכשרה בפעולה הנ"ל משתמשים בשדות הנוספים שהוגדרו למבנה 4. דהינו אחוז ההצלחה של הכשרה מסוימת שווה למספר החילים במסיימים בהצלחה את ההכשרה לחלק במספר החילים שהתחילו את ההכשרה, כפול 100.

בהינתן שנה הדפסת כל התפקידים שבצעו חילים בשנה זו ממוינים לפי סך כל החילים שבצעו תפקידים אלו בשנה זו, מתבצעת באופן הבא: מחפשים את השנה בעץ השנים (מבנה 4 בצירוף) ($O(\log y)$ במקרה הגרוע). בעזרת המצביע מגיעים לאיבר השמאלי בעץ של מבנה 6 בצירוף ועוברים על הרשימה המקושרת של העלים בעץ הזה משמאל לימין ומדפיסים את האיברים בעץ של מבנה 5 שמתאימים להם, ($O(t)$ במקרה הגרוע), בסך הכל הפעולה לוקחת $O(\log y + t)$ במקרה הגרוע.