

26.6.2017

מבני נתונים
פתרון תרגיל מס' 11

1. שאלה זו הופיעה במבחן מועד ב 2016

במערכת המחשוב של הוועד האולימפי שומרים נתונים על האולימפידות השונות מאז שהחלו במתכונת המודרנית בשנת 1894, כפי שמתואר בהמשך.

לכל משתתף שומרים: שם המשתתף (משמש לזיהוי המשתתף), המדינה אליה שיך המשתתף, וכן נתונים על האולימפיאדות שבהן השתתף ועל המדליות שבהן זכה.

הנח/הניחי שכל משתתף מיצג בכל האולימפיאדות את אותה המדינה.

לכל ענף ספורט שומרים: שם הענף (משמש לזיהוי הענף), וכן נתונים על כל התחרויות שהתקיימו בענף במסגרת כל האולימפיאדות, ונתונים על הזוכים במדליות בתחרויות אלו.

לכל מדינה שומרים: שם המדינה (משמש לזיהוי המדינה), וכן נתונים על כל המדליות בכל האולימפיאדות שניתנו למשתתפים שיצגו את המדינה.

לכל אולימפיאדה שומרים: שם ותאריך האולימפיאדה (משמשים לזיהוי האולימפיאדה), וכן נתונים על הזוכים במדליות בכל התחרויות שהקיימו באולימפיאדה.

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 ששמשתתף מסוים באולימפיאדה מסוימת זכה במדליה בתחרות ששיכת לענף ספורט מסוים, מתבצעת בזמן $O(\log x)$ בממוצע כאשר x מציין את מספר ענפי הספורט שהשתתפו באולימפיאדה זו.
 - בהינתן שם מדינה, הדפסת כל המשתתפים שיצגו את המדינה וזכו במדליה אחת או יותר באיזושהי אולימפיאדה, ממוינים לפי מספר המדליות שבהן הם זכו בזמן $O(g)$ בממוצע כאשר g מציין את מספר המשתתפים ברשימה שתודפס.
 - בהינתן שם מדינה ואולימפיאדה, הדפסת כל ענפי הספורט שהוענקו בהן מדליות למדינה זו באולימפיאדה זו, ממוינים לפי מספר המדליות שהוענקו לכל ענף ספורט, בזמן $O(x)$ בממוצע כאשר x מציין את מספר ענפי הספורט ברשימה שתודפס.
 - בהינתן ענף ספורט, הדפסת k המדינות שזכו במספר גדול ביותר של מדליות בענף ספורט זה בחישוב כולל של כל הזכיות בכל האולימפיאדות, בזמן $O(n+k \log k)$ בממוצע כאשר n מציין את מספר המדינות שהשתתפו בענף ספורט זה באיזושהי אולימפיאדה.

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

פתרון שאלה 1

hash מדינות



ארה"ב

hash משתתפים



משתתף ד'

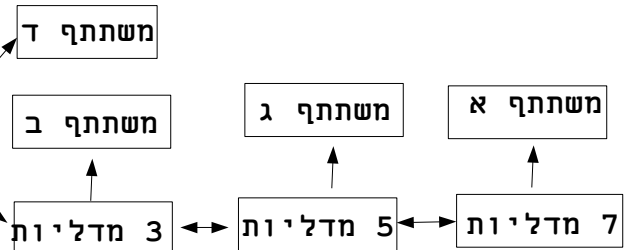
hash

מדינה-אולימפידה



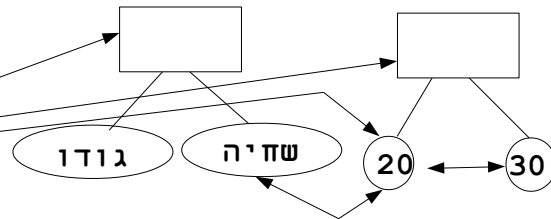
ארה"ב ריו

רשימת רשימות
הרשימה הראשית של מספר מדליות
הרשימות המשניות של משתתפים



עץ 2-3
ענפי ספורט בהן
השתתפה ארה"ב
באולימפידת ריו

עץ 2-3
מספר מדליות בהן
זכתה ארה"ב בריו
בכל ענף ספורט



hash
ענפי ספורט



גודו

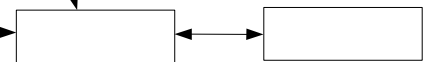
hash מדינות
שהשתתפו בגודו



5 מדליות

ארה"ב

רשימה מקושרת
של מדינות
שהשתתפו בגודו



אולימפידה מאופינת על ידי 2 פרמטרים: שם העיר שבה התקימה האולימפידה, התאריך ההתחלתי שבו התקימה האולימפידה.

המבנה המוצע מכיל את המבנים הבאים:

טבלת **hash** של מדינות (מפתח: שם מדינה) כל איבר בטבלה מכיל מצביע לרשימת רשימות, כאשר הרשימה הראשית היא רשימה של מספרי מדליות, ולכל מספר מדליות ברשימה הראשית יש רשימה משנית של כל המשתתפים מהמדינה שזכו במספר מדליות זה.

טבלת **hash** של משתתפים (מפתח: שם המשתתף) כל איבר בטבלה מכיל מצביע דו כווני למשתתף המתאים ברשימת הרשימות של המדינה אליה שייך המשתתף.

טבלת **hash** של מדינה-אולימפידה (מפתח: שם המדינה-מאפיני אולימפידה). כל איבר בטבלה מכיל מצביעים לטבלת **hash** של מדינות שהשתתפו באיזושהי אולימפידה בענף ספורט זה, ולרשימה מקושרת של מדינות אלו. לכל איבר ברשימה המקושרת יש מצביע דו כווני לאיבר המתאים לו ב-**hash**. ומשני. העץ הראשי מכיל את ענפי הספורט בהן השתתפה מדינה זו באולימפידה זו. העץ 2-3 המשני מכיל את מספר המדליות שבהן זכו משתתפים ממדינה זו באולימפידה זו בענפי ספורט אלה. לכל איבר בעץ הראשי יש מצביע דו כווני לאיבר המתאים לו בעץ המשני. בין העלים של העץ המשני יש רשימה מקושרת. בנוסף ישנו מצביע לאיבר השמאלי ביותר בעץ המשני.

טבלת **hash** של ענפי ספורט (מפתח: שם הענף). כל איבר בטבלה מכיל מצביעים לשני עצי 2-3 ראשי ומשני. העץ הראשי מכיל את ענפי הספורט בהן השתתפה מדינה זו באולימפידה זו. העץ 2-3 המשני מכיל את מספר המדליות שבהן זכו משתתפים ממדינה זו באולימפידה זו בענפי ספורט אלה. לכל איבר בעץ הראשי יש מצביע דו כווני לאיבר המתאים לו בעץ המשני. בין העלים של העץ המשני יש רשימה מקושרת. בנוסף ישנו מצביע לאיבר השמאלי ביותר בעץ המשני.

בהמשך נתאר איך מתבצעות 3 הפעולות האחרונות.

בהינתן שם מדינה, הדפסת כל המשתתפים שיצגו את המדינה וזכו במדליה אחת או יותר באיזושהי אולימפיאדה, ממוינים לפי מספר המדליות שבהן הם זכו, מתבצעת באופן הבא: מחפשים את המדינה בטבלת המדינות, ($O(1)$ בממוצע), בעזרת המצביע מגיעים לרשימת הרשימות המתאימה למדינה ומדפיסים את המשתתפים מהמדינה לפי הסדר של מספר המדליות בהן זהו ($O(g)$ במקרה הגרוע). בסך הכל הפעולה לוקחת $O(g)$ בממוצע.

בהינתן שם מדינה ואולימפידה, הדפסת כל ענפי הספורט שהוענקו בהן מדליות למדינה זו באולימפידה זו, ממוינים לפי מספר המדליות שהוענקו לכל ענף ספורט, מתבצעת באופן הבא: מחפשים את האיבר שמתאים למדינה ואולימפידה בטבלת מדינה-אולימפידה, ($O(1)$ בממוצע), בעזרת המצביע מגיעים לאיבר השמאלי ביותר בעץ 2-3 המשני שמכיל את מספרי המדליות שבהן זכתה מדינה זו באולימפידה זו, עוברים על כל האיברים בעץ הזה משמאל לימין הזה ומדפיסים את ענפי הספורט בעץ הראשי שמתאימים לאיברים אלו. בסך הכל הפעולה לוקחת $O(x)$ בממוצע.

בהינתן ענף ספורט, הדפסת k המדינות שזכו במספר גדול ביותר של מדליות בענף ספורט זה בחישוב כולל של כל הזכיות בכל האולימפיאדות, מתבצעת באופן הבא: מחפשים את ענף הספורט בטבלת ה-hash של ענפי הספורט, ($O(1)$ בממוצע), בעזרת המצביע מגיעים לרשימה המקושרת של המדינות שהשתתפו בענף ספורט זה. עוברים על הרשימה המקושרת של המדינות ועבור כל מדינה מוצאים את מספר המדליות בהן זכתה המדינה, בעזרת המצביע לאיבר המתאים לה בטבלת ה-hash ומוסיפים את המספר הזה למערך עזר. את המערך הזה הופכים לערימה ומדפיסים את k האיברים הגדולים ביותר בערימה. הפעולה הזו לוקחת $O(n+k \log k)$ במקרה הגרוע. בסך הכל הפעולה לוקחת $O(n+k \log k)$ בממוצע.