

## מבני נתונים – פרויקט מספר 1 – עץ אדום שחור

### דרישות

עליכם לממש עץ אדום שחור, לפי ההגדרות שניתנו בכיתה, ומופיעות בספר Introduction to Algorithms. לכל איבר בעץ יש ערך (value) מסוג מחרוזת (String), ומפתח (key) שהוא מספר שלם אי-שלילי. כל המפתחות שונים זה מזה. המימוש בשפת ג'אווה וצריך להיות מבוסס על קובץ השלד המופיע באתר הקורס. הפעולות שיש לממש הן:

empty() - הפונקציה מחזירה ערך TRUE אם ורק אם העץ ריק.

search(k) - הפונקציה מחפשת איבר בעל המפתח k. אם קיים איבר כזה, היא מחזירה את הערך השמור עבורו, אחרת היא מחזירה null.

insert(k, v) - הכנסת איבר בעל ערך v ומפתח k לעץ, אם הוא לא קיים. הפונקציה מחזירה את מספר החלפות הצבע (מאדום לשחור ולהיפך) שנדרשו בסה"כ בשלב תיקון העץ על מנת להשלים את הפעולה. אם קיים איבר בעל מפתח k בעץ הפונקציה מחזירה 1- ולא מתבצעת הכנסה.

delete(k) - מחיקת איבר בעל המפתח k בעץ, אם הוא קיים. הפונקציה מחזירה את מספר החלפות הצבע שנדרשו בסה"כ בשלב תיקון העץ על מנת להשלים את הפעולה. אם לא קיים איבר בעל המפתח k בעץ הפונקציה מחזירה 1-.

min() - מחזירה את ערכו (value) של האיבר בעץ בעל המפתח המינימלי, או null אם העץ ריק.

max() - מחזירה את ערכו (value) של האיבר בעץ בעל המפתח המקסימלי, או null אם העץ ריק.

keysToArray() - הפונקציה מחזירה מערך ממזין המכיל את כל המפתחות בעץ, או מערך ריק אם העץ ריק.

valuesToArray() - הפונקציה מחזירה מערך מחרוזות המכיל את כל המחרוזות בעץ, ממזינות על פי סדר המפתחות. כלומר הערך ה i במערך הוא המחרוזת המתאים למפתח שיופיע במיקום ה i במערך הפלט של הפונקציה keysToArray(). גם הפונקציה הזאת מחזירה מערך ריק אם העץ ריק.

size() - הפונקציה מחזירה את מספר האיברים בעץ.

בקובץ השלד מופיעים ה header ים של כל הפונקציות. המימוש יבוצע על ידי מילוי קובץ השלד. במידת הצורך, ניתן להרחיב את המימוש (למשל להוסיף פונקציות עזר שאינן מופיעות בשלד), אך אסור לשנות את הגדרות הפונקציות לעיל. על כל הפונקציות להופיע בקובץ יחיד. אין להשתמש באף מימוש ספרייה של מבנה נתונים.

### סיבוכיות

יש לתעד את סיבוכיות זמן הריצה (האסימפטוטית) של כל פונקציה, כתלות במספר האיברים בעץ n. עליכם להשיג סיבוכיות זמן ריצה (במקרה הגרוע ביותר) נמוכה ככל הניתן עבור כל אחת מהפונקציות.

### פלט

אין צורך בפלט למשתמש.

### תיעוד

קובץ המקור ייבדק גם באופן ידני. חשוב להקפיד על תיעוד לכל פונקציה, וכמות סבירה של הערות. הקוד צריך להיות קריא, בפרט הקפידו על בחירת שמות משתנים ועל אורך השורות.

לקוד המקור יצורף מסמך תיעוד חיצוני. המסמך יכלול את תיאור המחלקה שמומשה, ואת תפקידו של כל חבר במחלקה. עבור כל מתודה במחלקה יש לפרט מה היא עושה, כיצד היא פועלת ומה סיבוכיות זמן הריצה שלה. בפרט, אם פונקציה קוראת לפונקציית עזר, יש להתייחס גם לפונקציית העזר בניתוח.

## בדיקות

התרגילים ייבדקו באמצעות תוכנת טסטר שקוראת לפונקציות המפורטות מעלה, ומוודאת את נכונות התוצאות. קובץ הטסטר שלנו **לא יפורסם** לפני הבדיקות. עליכם לבדוק את המימוש בעצמיכם! בפרט, כדאי מאוד לממש טסטר, כדי לבדוק את תקינות ונכונות המימוש.

בקובץ שתגישו לא תהיה פונקציית main. אם הצלחתם לקמפל את הפרוייקט לבדו (ללא טסטר), זה סימן שמהשו לא נכון במימוש שלכם.

הקוד ייבדק על מחשבי בית הספר. כדי לוודא שהוא עובד כהלכה, הריצו אותו על השרת nova לפני ההגשה. שימו לב שייתכן שלמרות שהקוד עובד על המחשב האישי שלכם, הוא לא ירוץ בבית הספר. [באתר הסיסטם של בית הספר למדעי המחשב \(קישור\)](#) מוסבר איך להתחבר לשרתי בית הספר. בקצרה, מתחברים ב SSH לשרת nova.cs.tau.ac.il עם שם המשתמש והסיסמה האוניברסיטאיים שלכם.

## מידות

בסעיף זה נספור את מספר החלפות הצבע שנדרשו בהכנסה ומחיקה של איברים מן העץ. להזכירכם בזמן הכנסה או מחיקה של איבר, נדרשים מספר צעדי תיקון כדי לקיים את הכלל האדום והכלל השחור. צעדי התיקון כוללים שינויי צבע של צמתים קיימים וסיבוב קשתות (רוטציה), אנחנו נתעלם מרוטציות ונספור רק את שינויי הצבע.

נגדיר ניסוי כסדרה של פעולות insert עבור  $n=i*10,000$  איברים אקראיים שונים ולאחר מכן מחיקת כל האיברים בעץ, כאשר סדר המחיקה הוא מהאיבר הקטן לגדול. כתבו תוכנית (אין צורך להגיש אותה) שתריץ 10 ניסויים עם ערכי i בין 1 ל 10. (כלומר 10,000 איברים, 20,000 איברים וכולי). בכל ניסוי ספרו את מספר החלפות הצבע שהתבצעו בסה"כ במהלך ההכנסה, ומספר החלפות הצבע שהתבצעו בסה"כ במהלך המחיקה, וחשבו את הממוצע לפי מספר ההכנסות \ מחיקות שבוצעו בעץ. רשמו את התוצאות בטבלה הבאה:

מספר סידורי	מספר פעולות	מספר החלפות צבע ממוצע לפעולת insert	מספר החלפות צבע ממוצע לפעולת delete
1	10,000		
2	20,000		
...			

פרטו מהן התוצאות שציפיתם לקבל בטבלה על סמך ההסבר התיאורטי של עצים אדומים-שחורים שנלמד בכיתה, והאם התוצאות שקיבלתם בפועל תואמות את הציפיות. הסבירו את משמעות המדידות שביצעתם.

## הגשה

הגשת התרגיל תתבצע באופן אלקטרוני באתר הקורס במודל.

### הגשת התרגיל היא בזוגות בלבד!

כל זוג ייבחר נציג אחד ויעלה תחת שם המשתמש שלו את קבצי התרגיל למודל. על ההגשה לכלול שני קבצים: קובץ המקור (הרחבה של קובץ השלד שניתן), ומסמך תיעוד חיצוני, המכיל גם את תוצאות המדידות. את המסמך יש להגיש באחד הפורמטים הבאים: pdf, doc, docx, rtf, txt או pdf. שמות הקבצים צריכים לכלול את שמות המשתמש האוניברסיטאיים של **שני המגישים** (לדוגמה, RBTre\_username1\_username2.java). בתוכן הקבצים יש לציין את שמות המשתמש, תעודות הזהות ושמות המגישים (בכותרת המסמך ובשורת הערה בקובץ המקור).

הגשת שיעורי הבית באיחור - באישור מראש בלבד. הגשה באיחור ללא אישור תגרור הורדת נקודות מהציון. הגשת התרגיל היא חובה לשם קבלת ציון בקורס.

## בהצלחה!