

## מבני נתונים – פרויקט מספר 2 – ערמת פיבונאצ'י

### הקדמה

בתרגיל זה שני חלקים:

1. חלק מעשי: מימוש של ערמת פיבונאצ'י. עמודים 1-2 במסמך מתארים חלק זה.
2. חלק ניסוי-תאורטי: בהתבסס על המימוש מהחלק המעשי, נבצע מספר ניסויים עם ניתוח תאורטי נלווה. עמוד 3 מתאר חלק זה.

שימו לב: בסוף המסמך (עמוד 3) ישנן הוראות הגשה – הקפידו לפעול לפיהן. **תאריך הגשה: 29.1.2025.**

### חלק מעשי

#### דרישות

בתרגיל זה יש לממש ערמת פיבונאצ'י, לפי ההגדרות שניתנו בכיתה. לכל איבר במבנה יש מפתח (key) שהוא מספר טבעי ומידע (info) שהוא מחרוזת. המפתחות לא בהכרח ייחודיים, וכלל הערמה מתייחס כרגיל אך ורק למפתחות. המימוש יהיה בשפת **Java 21** וצריך להיות מבוסס על קובץ השלד המופיע באתר הקורס.

הפעולות שיש לממש הן:

פעולה	תיאור
insert(k, info)	הכנסת איבר בעל מפתח k לערמה עם מידע info. הפונקציה מחזירה מצביע לצומת שנוצר עבורו.
findMin()	הפונקציה מחזירה את איבר הערמה בעל המפתח המינימלי.
deleteMin()	מחיקת האיבר המינימלי מהערמה (אין צורך להחזיר).
decreaseKey(x, d)	הפונקציה מקבלת מצביע לאיבר הערמה x וטבעי d. היא מפחיתה את המפתח של x ב-d ומתקנת את הערמה כפי שלמדנו בכיתה.
delete(x)	הפונקציה מקבלת מצביע לאיבר הערמה x ומוחקת אותו מהמבנה.
totalLinks()	הפונקציה מחזירה את סך החיבורים (links) שבוצעו.
totalCuts()	הפונקציה מחזירה את סך החיתוכים (ניתוק קשת) שבוצעו.
meld(heap2)	הפונקציה ממזגת את הערמה עם ערמה נוספת heap2. לאחר הקריאה לפעולה הערמה heap2 אינה שמישה.
size()	הפונקציה מחזירה את מספר האיברים בערמה.
numTrees()	הפונקציה מחזירה את מספר העצים בערמה.

לצורך מימוש פעולות אלו, ניעזר במחלקה **HeapNode** המופיעה בקובץ.

המחלקה HeapNode המייצגת צומת בערמה מכילה את השדות הבאים:

- key – המפתח ששמור בצומת זה.
- info – המידע ששמור בצומת זה.
- child – בנו בעל הדרגה המקסימלית של צומת זה. **תיקון (16.1): בן כלשהו של צומת זה.**
- next – האח הבא של צומת זה.
- prev – האח הקודם של צומת זה.
- parent – ההורה של צומת זה בערמה.
- rank – דרגת הצומת (מספר הבנים).
- mark – האם הצומת מסומן.

### מספר הבהרות והסברים:

1. נרצה לממש את פעולת delete כך שאם x אינו המינימלי, לא נבצע Consolidating / Successive Linking, זאת מאחר ואין צורך לחפש את המינימום החדש. זה חשוב עבור החלק הניסויי.
2. בפעולה totalLinks מונים את מספר הפעמים שחוברו שני עצים (בעלי אותה דרגה).
3. בפעולה totalCuts מונים את מספר הפעמים שנותק צומת מההורה שלו. שימו לב שזה יכול לקרות גם בעת מחיקת ההורה וגם בעקבות decreaseKey.

### הערות חשובות:

1. המימוש יבוצע על ידי מילוי קובץ השלד. מותר להחליף את תוכן הפונקציות הקיימות ולהוסיף פונקציות ושדות חדשים. אסור לשנות את חתימות הפונקציות הקיימות ואת שמות השדות הקיימים כדי לא לפגוע בטסטר. על כל הפונקציות/מחלקות להופיע בקובץ יחיד.
2. אין להשתמש באף מימוש ספרייה של מבנה נתונים.
3. עליכם לממש את כל הפעולות בסיבוכיות המיטבית.

### סיבוכיות

יש לציין בקוד ולהסביר בקצרה במסמך התיעוד את סיבוכיות זמן הריצה (האסימפטוטית, במונחי O הדוקים) במקרה הגרוע ובאמורטיזציה של כל פונקציה, כתלות במספר האיברים בעץ n.

### פלט

אין צורך בפלט למשתמש.

### תיעוד

בנוסף לבדיקות אוטומטיות של הקוד שיוגש, 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.

יש להגיש בנוסף לקוד גם מסמך תיעוד חיצוני. המסמך יכלול את תיאור המחלקה שמומשה, ואת תפקידו של כל חבר במחלקה. עבור כל פונקציה 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. עבור פונקציות שעולות זמן קבוע יספיק תיאור קצר ולא לפרט את ניתוח הסיבוכיות.

### בדיקות

התרגילים ייבדקו באמצעות תוכנת טסטר שקוראת לפונקציות המפורטות מעלה בתרחישים שונים, ומוודאת את נכונות התוצאות. קובץ הטסטר שלנו לא יפורסם לפני הבדיקות. מומלץ מאוד לממש אוסף בדיקות עבור המימוש, לא בשביל ההגשה, אלא כדי לבדוק שהקוד לא רק רץ, אלא גם נכון!

בקובץ שתגישו לא תהיה פונקציית **main** ולא יהיו הרצות קוד/הדפסות, דבר זה יפגע בטסטר שיבדוק לכם את התרגילים. אין צורך להגיש את הקוד הנוסף שכתבתם לחלק הניסויי.

### חלק ניסויי/תאורטי

בחלק זה נערוך שלושה ניסויים המשתמשים בערמת פיבונאצ'י. עבור כל ניסוי נמדוד את זמן הריצה, מספר החיבורים, מספר החיתוכים ומספר העצים בסיום.  
כל ניסוי נבצע עבור מספר גדלים  $n = 3^{i+7} - 1$  כאשר  $i = 1, \dots, 5$ . בנוסף, יש למלא בטבלה את הממוצע על פני 20 ניסויים זהים.

- ניסוי ראשון: נכניס לערמה ריקה את האיברים  $1, \dots, n$  בסדר אקראי, ואז נמחק את המינימום.
- ניסוי שני: נכניס לערמה ריקה את האיברים  $1, \dots, n$  בסדר אקראי, ולאחר מכן נמחק את המינימום  $n/2$  פעמים.
- ניסוי שלישי: נכניס לערמה ריקה את האיברים  $1, \dots, n$  בסדר אקראי ונמחק את המינימום. לאחר מכן נמחק את המקסימום (בעזרת מצביע) עד שנישאר עם  $2^5 - 1$  איברים.  
לצורך ניסוי זה, בנו מערך מצביעים המחזיק באינדקס  $i$  מצביע לאיבר בעל מפתח  $i$ .

1. עבור כל ניסוי, מלאו את הטבלה הבאה:

מספר סידורי $i$	זמן ריצה (מילישניות)	גודל הערמה בסיום	מספר חיבורים	מספר חיתוכים	מספר עצים בסיום
1					
2					
...					

- נתחו באופן תאורטי את זמן הריצה האסימפטוטי של כל אחד מהניסויים כפונקציה של  $n$ .
- עבור כל ניסוי, הסבירו אילו מדידות עשויות להשתנות כתוצאה מסדר ההכנסה.
- עליכם להסביר באופן כללי את הקשר (לתאר משוואה) בין מספר החיבורים ומספר החיתוכים, כתלות בגודל הערמה ומספר העצים בסיום.

### הוראות הגשה

הגשת התרגיל תתבצע באופן אלקטרוני באתר הקורס במודל.  
הגשת התרגיל היא בזוגות בלבד!  
כל זוג יבחר נציג/ה ויעלה רק תחת שם המשתמש של הנציג/ה את קבצי התרגיל (תחת קובץ **zip**) למודל.

על ההגשה לכלול שלושה קבצים:

- קובץ המקור (הרחבה של קובץ השלד שניתן) תחת השם **FibonacciHeap.java**.
- קובץ טקסט **info.txt** המכיל את פרטי הזוג באנגלית: מספר ת"ז, שמות, ושמות משתמש.
- מסמך תיעוד חיצוני, המכיל גם את תוצאות החלק הניסויי. את המסמך יש להגיש בפורמט **pdf**.

שמות קובץ התיעוד וקובץ הzip צריכים לכלול את שמות המשתמש האוניברסיטאיים של הזוג המגיש לפי הפורמט **FibonacciHeap\_username1\_username2.pdf/zip**, בתוכן הקבצים יש לציין את שמות המשתמש, תעודות הזהות ושמות המגשים (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!