**מבני נתונים 1 – תרגיל בית רטוב 1 – אביב תשפ"א**

שמות הסטודנטים: ליאור בר, ליאור רסקין

מס' ת"ז (בהתאמה): 209163559, 316216977

שם הקורס: מבני נתונים 1

מס' הקורס: 234218

סוג התרגיל: תרגיל בית רטוב 1 (חלק יבש)

תאריך הגשה:

**תיאור מבני הנתונים:**

מחלקות העזר:

* + **Model:** מחלקה המייצגת דגם של רכב.  
    המחלקה תגדיר ותאפשר גישה לנתונים הבאים של הדגם: מס' זיהוי סוג הרכב של הדגם, מס' זיהוי הדגם, ציון הדגם, מס' המכירות מהדגם, מס' התלונות שהרכב קיבל.  
    המחלקה תאפשר עדכון של מכירה ותלונה בהתאם למפתח הניקוד שהוגדר בתרגיל.  
    המחלקה תאפשר השוואה בין דגמים, באמצעות אופרטורים, והתאם למפתח העדיפויות שהוגדר בתרגיל: ציון, מזהה סוג רכב, מזהה דגם רכב.
  + **ModelBySale:** מחלקה המייצגת דגם שמיועד להשוואה בהתאם למס' המכירות ממנו.  
    המחלקה תגדיר ותאפשר גישה לנתונים הבאים של הדגם: מס' זיהוי סוג הרכב של הדגם, מס' זיהוי הדגם, מס' המכירות מהדגם.  
    המחלקה תאפשר השוואה בין דגמים, באמצעות אופרטורים, ובהתאם למפתח שנקבע בתרגיל: מס' המכירות הגבוה ביותר, מזהה סוג הרכב הקטן ביותר, מזהה דגם הרכב הקטן ביותר.
  + **ModelsArray:** מחלקה המייצגת מערך של דגמים שמשויך לסוג רכב במערכת.  
    המחלקה תגדיר ותאפשר גישה לנתונים הבאים: סוג הרכב המגדיר את המערך, מס' הדגמים השמורים במערך, עותק של הדגם הנמכר ביותר, מצביע למערך הדגמים.  
    המחלקה תאפשר לעדכן את הדגם הנמכר ביותר תחת מזהה סוג הרכב על בסיס המפתח שהוגדר בתרגיל: מס' המכירות הגבוה ביותר, מזהה סוג הרכב הקטן ביותר, מזהה דגם הרכב הקטן ביותר.  
    המחלקה תאפשר השוואה בין מערכי הדגמים באמצעות אופרטורים ובהתאם למזהה סוג הרכב המגדיר כל מערך.
  + **TypeTree:** מחלקה המייצגת תת-עץ של דגמים (אובייקט Model) עם ציון אפס.  
    המחלקה תגדיר ותאפשר גישה לנתונים הבאים של תת-העץ: מזהה סוג הרכב שמשויך לכל הדגמים בתת-העץ, מס' הדגמים בתת-העץ, מצביע לתת-העץ.  
    המחלקה תאפשר השוואה בין תתי-העצים באמצעות אופרטורים ובהתאם למזהה סוג הרכב המגדיר כל תת-עץ.
  + **AvlTree:** מחלקה המייצגת עץ AVL גנרי (ע"י תבנית). המחלקה תגדיר את הנתונים הבאים:
  + ערך גנרי של כל צומת (מפתח הסידור בעץ יהיה האופרטור שהוגדר על הערך).
  + מצביע לבן ימני.
  + מצביע לבן שמאלי.
  + צומת דמה המאפשר גישה ישירות לשורש העץ (רלוונטי רק עבור צומת אחד בעץ).
  + מצביע לאב של הצומת.
  + מצביע לאיבר עם הערך המינימלי בעץ (רלוונטי רק לשורש העץ).
  + מצביע לאיבר עם הערך המקסימלי בעץ (רלוונטי רק לשורש העץ).
  + גובה העץ.

ברמה העקרונית, המחלקה תאפשר למשתמש את הפעולות הבאות:

* בניית עץ AVL גנרי והריסתו בהתאם לסיבוכיות המוכרת מההרצאה.
* פעולות חיפוש, הכנסה והוצאה כפי שנלמדו בהרצאה (עם גלגולים) ובהתאם לסיבוכיות הלוגריתמית הנדרשת.
* קבלת גישה להורה/בנים של צומת בעץ (גישה ישירה לשדות של העץ בסיבוכיות של o(1)).
* פעולות המאפשרות קבלת גישה למצביע של ערך בעץ וקבלת גישה לערך של צומת נתון בעץ, ע"י פעולת החיפוש (סיבוכיות לוגריתמית).
* פעולות המאפשרות הכנסת ערך גנרי עבור בן שמאלי/ימני של צומת נתון בעץ, ע"י בניית איבר חדש בעץ בסיבוכיות של o(1)).
* פעולות שמוצאות את המצביע לאיבר המינימלי/מקסימלי בעץ, ע"י רקורסיה שמתבצעת על הענף השמאלי/ימני (בהתאמה) בסיבוכיות לוגריתמית, ובהתאם למפתח שהוגדר על הערך הגנרי.
* פעולות שמחזירות את הערך של האיבר המינימלי/מקסימלי בעץ בהתאם למפתח שהוגדר על הערך הגנרי (גישה ישירה לשדות של העץ בסיבוכיות של o(1)).
* בדיקה האם העץ ריק (גישה ישירה לשדה בסיבוכיות o(1)).

המחלקה הראשית – תיאור כללי של מבני הנתונים במחלקה:

* **Types\_tree:** עץ AVL שמייצג את כל סוגי הרכבים במערכת (לפי סדר מזהה סוג הרכב). הערך בכל צומת בעץ יהיה אובייקט של המחלקה ModelsArray. כל צומת בעץ ייצג סוג רכב וישמור את מערך הדגמים המשויך לו.
* **Models\_tree:** עץ AVL שמייצג את כל הדגמים במערכת שהציון שלהם שונה מאפס (לפי המפתח שהוגדר בתרגיל על השוואת דגמים בהתאם לציון). הערך בכל צומת בעץ יהיה אובייקט של המחלקה Model. כל צומת בעץ ייצג דגם במערכת (ללא קשר לסוג הרכב אליו הוא משויך).
* **Models\_tree\_by\_sale:** עץ AVL שמייצג דגמים המהווים את הדגם הנמכר ביותר של כל סוג הרכב שלהם במערכת (לפי המפתח שהוגדר בתרגיל על השוואת דגמים לפי מס' מכירות). הערך בכל צומת בעץ יהיה אובייקט של המחלקה ModelBySale. כל צומת בעץ מייצג את הדגם הנמכר ביותר של סוג רכב שלו כך שמס' האיברים בעץ זהה למס' האיברים בעץ Types\_tree.
* **Zero\_tree:** עץ AVL שמייצג את כל הדגמים במערכת שהציון שלהם הוא אפס (להלן "עץ האפסים"). הערך בכל צומת יהיה תת-עץ שיהווה אובייקט של המחלקה TypeTree. העץ הראשי (החיצוני) יהיה מסודר על פי מזהה סוג רכב וכל צומת בתת-העץ ייצג דגם המשויך לסוג הרכב הנ"ל (כלומר אובייקט Model).
* בנוסף נשמור במחלקה הראשית משתנה בוליאני ומונה הדפסות שמסייעים בפעולת GetWorstModels.

המחלקה הראשית – הפעולות הממומשות בתרגיל וסיבוכיות הזמן:

הערה: השימוש במשתנים **n,m,M** הוא בהתאם להתייחסות אליהם בהוראות בתרגיל בכל פעולה.

* **Init():**

הפעולה ממומשת באמצעות פעולת האתחול (הבנאי) של המחלקה הראשית. הפעולה מאתחלת את ארבעת העצים ללא צמתים (מלבד צומת הדמה המייצג עץ ריק). מדובר באתחול מצביעים ושדות פרימיטיביים ולפיכך סיבוכיות הזמן של הפעולה היא **O(1)** כנדרש.

* **Quit():**

הפעולה ממומשת באמצעות פעולת השחרור (ההורס) של המחלקה הראשית. החלק שמומש על ידנו בהורס מבצע סריקה בעץ **zero\_tree** ומבצע מחיקה של כל הקצאת איבר בו. כאמור, מס' האיברים בו הוא לכל היותר מס' סוגי הרכב בעץ, שמסומן ע"י **n** בסעיף זה בהוראות בתרגיל.  
בנוסף, ישנה קריאה להורסים של שדות המחלקה הראשית. מעבר לשדות הפרימיטיביים, יתבצעו קריאות להורסים הסטנדרטיים של ארבעת העצים. ההורסים יפעלו בדומה לעצי AVL   
שהוצגו בהרצאה. נתמקד בארבעת בעצים:

* **types\_tree:** איברי העץ כאמור מהווים את סוגי הרכב, כלומר **n** איברים.
* **models\_tree:** איברי העץ מהווים לכל היותר את מס' הדגמים הכולל במערכת, כלומר לכל היותר **m** איברים (כאשר **m** הוא המשתנה שהוגדר בהוראות בתרגיל בפעולה זאת).
* **models\_tree\_by\_sale:** איברי העץ מהווים דגם עבור כל סוג רכב, כלומר סה"כ **n** איברים.
* **zero\_tree:** איברי בעץ מהווים השלמה של **models\_tree** למס' הדגמים במערכת, ובכל מקרה לא עוברים את מס' הדגמים במערכת. כלומר, לכל היותר **m** איברים.

סה"כ ישנה סריקה על **3n+2m** איברים לכל היותר כאשר כל סריקה מבצעת שחרור ב-**O(1)**. לפיכך סה"כ סיבוכיות הזמן של הפעולה תהיה **O(n+m)** כנדרש, במקרה הגרוע.

* **AddCarType():**

הפעולה מבצעת הקצאה של אובייקט מסוג **ModelsArray**. בבנאי של אובייקט זה מתבצעת הקצאת מערך של אובייקטים מסוג **Model**. לאחר מכן בבנאי אנו מבצעים סריקה על המערך (כלומר על **m** איברים) ומבצעים הקצאה של אובייקט **Model** לכל תא במערך. ההקצאות עצמן מתבצעת ב-**O(1)**.  
לאחר מכן אנו מבצעים הכנסה של האובייקט לעץ **types\_tree** בסיבוכיות לוגריתמית שהוכחה בהרצאה. נזכיר כי לעץ יש **n** איברים.

בשלב הבא אנו מבצעים הקצאות של עץ ואובייקט מסוג **TypeTree** בסיבוכיות **O(1)**.

לאחר מכן אנו מבצעים הכנסה לעץ **zero\_tree** בסיבוכיות לוגריתמית שהוכחה בהרצאה על מנת להכניס את עץ הדגמים שהציונים שלהם אפס (נזכיר כי כל הדגמים החדשים עם ציון אפס). נזכיר כי לעץ יש **n** איברים.

לסיום אנו מקצים אובייקט **ModelBySale** בסיבוכיות של **O(1)** ומבצעים הכנסה שלו בסיבוכיות לוגריתמית לעץ עם **n** איברים. מדובר באובייקט המייצג את הדגמים החדשים מבחינת מפתח הנתון בתרגיל לאובייקט הנמכר ביותר.

סה"כ ביצענו מס' קבוע של הכנסות בסיבוכיות לוגריתמית ופעולת סריקה על המערך. לפיכך, סיבוכיות הזמן של פעולה זאת תהיה **O(log(n) + m)** כנדרש.

* **RemoveCarType():**

באופן דומה לפעולה הקודמת, נתחיל בהקצאת אובייקט **ModelsArray** עם סריקה של **m** איברים. נמשיך בביצוע פעולת חיפוש עם סיבוכיות לוגריתמית על עץ עם **n** איברים במטרה למצוא את סוג הרכב הנתון בפעולה בעץ סוגי הרכב.

בהנחה והקיים רכב עם המזהה הנתון נרצה תחילה למחוק את הדגמים ששייכים לו מעץ האפסים. נקצה אובייקט ונחפש אותו בעץ עם **n** איברים. אם לא נמצא העץ, סימן שאין דגמים עם ציון אפס תחת המזהה הנתון ולפיכך ניתן להמשיך. אם נמצא, יש לשחרר את כלל הדגמים הללו ולהוציא את תת-העץ הרלוונטי מעץ האפסים. פעולת שחרור הדגמים מתבצעת על **m** איברים בעץ והסרת תת-העץ מתבצעת בסיבוכיות לוגריתמית על עץ עם **n** איברים.  
נמשיך בהסרת הצומת המייצג בעץ **models\_tree\_by\_sale** ע"י יצירת אובייקט ב-**O(1)** והסרתו מעץ עם **n** איברים.  
לאחר מכן נרצה להסיר מהעץ **models\_tree** את כל הדגמים השייכים למזהה הנתון שהציון שלהם שונה מאפס ולפיכך נמצאים בעץ זה. נרוץ בלולאה של **m** הדגמים המיועדים למחיקה ונבדוק אם הציון שלהם שונה מאפס. במקרה הגרוע (כלומר בהנחה שהתשובה חיובית), נסיר אותם מעץ עם **M** איברים בסיבוכיות לוגריתמית. כלומר, סה"כ נפעיל את סיבוכיות זאת **m** פעמים לכל היותר במקרה הגרוע.

לסיום, נסיר את האובייקט **ModelsArray** שיצרנו מהעץ **types\_tree** כך שמרגע זה לא קיים עוד מזהה סוג הרכב שניתן הפעולה. ההסרה תתבצע על עץ של **n** צמתים בסיבוכיות לוגריתמית.  
סה"כ אנו מבצעים מס' קבוע של סריקות על **m** איברים, מס' קבוע של סריקות על **log(n)** איברים, **m** סריקות על **log(M)** איברים (כלומר סה"כ **m\*log(M)** איברים).

נשים לב כי ניתן להניח ש-**log(M)** אינו קבוע ובפרט גדול מ-1 ולכן סיבוכיות הזמן הכוללת של פעולה זאת תהיה **O(log(n) + m\*log(M))** כנדרש.