

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022
עמוד 1 מתוך 10



תומר אדר, tomer-adar@cs.technion.ac.il

מתרגל ממונה על התרגיל:

05/01/2023 בשעה 23:55

תאריך ושעת הגשה:

בזוגות. אין להגיש ביחידים. (אלא באישור מתרגל אחראי של הקורס)

אופן ההגשה:

הנחיות כלליות:

- שאלות על התרגיל יש לפרסם באתר הפיאצה של הקורס תחת לשונית "wet_2":
 - האתר: piazza.com/technion.ac.il/winter2023/234218
 - נא לקרוא את השאלות של סטודנטים אחרים לפני שמפרסמים שאלה חדשה, למקרה שנשאלה כבר.
 - נא לקרוא את המסמך "נהלי הקורס" באתר הקורס. בנוסף, נא לקרוא בעיון את כל ההנחיות בסוף מסמך זה.
 - בפורום הפיאצה ינוהל FAQ ובמידת הצורך יועלו תיקונים כהודעות נעוצות (Pinned Notes). תיקונים אלו מחייבים.
 - התרגיל מורכב משני חלקים: יבש ורטוב.
 - לאחר קריאת כלל הדרישות, מומלץ לתכנן תחילה את מבני הנתונים על נייר. דבר זה יכול לחסוך לכם זמן רב.
 - לפני שאתם ניגשים לקודד את פתרוןכם, ודאו כי יש לכם פתרון העומד בכל דרישות הסיבוכיות בתרגיל. תרגיל שאינו עומד בדרישות הסיבוכיות יחשב כפסול.
 - את הפתרון שלכם מומלץ לחלק למחלקות שונות שאפשר לממש (ולבדוק!) בהדרגתיות.
 - המלצות לפתרון התרגיל נמצאות באתר הקורס תחת: "Programming Tips Session".
 - המלצות לתכנות במסמך זה אינן מחייבות, אך מומלץ להיעזר בהן.
 - העתקת תרגילי בית רטובים תיבדק באמצעות תוכנת בדיקות אוטומטית, המזהה דמיון בין כל העבודות הקיימות במערכת, גם כאלו משנים קודמות. לא ניתן לערער על החלטת התוכנה. התוכנה אינה מבדילה בין מקור להעתק! אנא הימנעו מהסתכלות בקוד שאינו שלכם.
 - בקשות להגשה מאוחרת יש להפנות למתרגל האחראי בלבד
- בכתובת: barakqahtan@cs.technion.ac.il.



הקדמה:



לאחר תחילת המשחקים בגביע העולם בכדורגל (קטאר 2022), האנליסטים רוצים לעקוב אחרי מהלכים עסקיים "מאחורי הקלעים". הם מבקשים את עזרתכם בבניית מבנה הנתונים שיהווה את הבסיס ל-backend של האפליקציה. כל שחקן או קבוצה במערכת מיוצגים על ידי מזהה מספרי ייחודי. מכיוון שהטורניר כבר התחיל, החוקים שונים מאלו שנדרשו למבנה הנתונים שנדרש מכם לפני חודש.

חוקי הטורניר

1. שחקן לא יכול לעזוב קבוצה.
2. אם קבוצה מודחת מהטורניר, כל השחקנים בקבוצה עוזבים את הטורניר ולא חוזרים אליו יותר, אבל המידע שלהם נשאר במערכת.
3. השחקנים בקבוצה מסודרים לפי סדר ההצטרפות הכרונולוגי שלהם.
4. אם קבוצה אחת קונה קבוצה אחרת - כל השחקנים שומרים על הסדר המקורי בקבוצה שלהם, אבל כל השחקנים של הקבוצה הרוכשת נחשבים לוותיקים יותר מכל השחקנים של הקבוצה הנרכשת. באופן מפורש:

$$A = (a_1, \dots, a_{|A|}), \quad B = (b_1, \dots, b_{|B|}) \Rightarrow A \text{ buys } B \text{ yields } (a_1, \dots, a_{|A|}, b_1, \dots, b_{|B|})$$
5. לכל שחקן יש "רוח", spirit, שמתוארת על ידי פרמוטציה מהקבוצה $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ לעצמה.
6. לכל קבוצה יש "רוח קבוצתית", team spirit, שהיא גם פרמוטציה שמתקבלת מהרכבה ("כפל") של כל רוחות השחקנים שלה לפי הסדר באופן המפורש הבא:

$$A = (a_1, \dots, a_{|A|}), \quad \text{team-spirit}(A) = \prod_{i=1}^{|A|} \text{player-spirit}(a_i)$$

7. באחת הפונקציות תידרשו להשוות "כוח רוחני" (team strength) של שתי קבוצות. החישוב של "כוח רוחני" בהינתן "רוח קבוצתית" (team spirit) הוא קופסה שחורה. (ניתן לראות את מימוש הפונקציה בקובץ wet2Util.h)

נקודות חשובות

1. סיפקנו לכם את המחלקה permutation_t עם פעולות יצירה, הרכבה ("כפל"), היפוך, בדיקת תקינות וחישוב "כוח רוחני". אין צורך לממש את המחלקה הזו בעצמכם.
2. בכל אחת מהפונקציות שזמן הריצה שלה משוערך פרט לפונקציה add_player, השערוך הוא יחד עם כל הפונקציות האחרות פרט לפונקציה add_player.
- באופן מפורש, אם הפונקציות f_1, \dots, f_n נדרשות לזמן ריצה משוערך של t_1, \dots, t_n בהתאמה, ומספר הפעמים שקוראים לכל אחת מהן הוא c_1, \dots, c_n בהתאמה, נדרש שזמן הריצה הכולל של הקריאות האלו יהיה:

$$O(c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n)$$
3. המשמעות של "משוערך", בממוצע על הקלט" היא שעבור קלט ממוצע, זמן הריצה המשוערך יהיה כפי שצוין.

דרוש מבנה נתונים למימוש הפעולות הבאות:

`world_cup_t()`

מאתחלת מבנה נתונים ריק. תחילה אין במערכת קבוצות או שחקנים.

פרמטרים: אין.

ערך החזרה: אין.

סיבוכיות זמן: $O(1)$ במקרה הגרוע.

`virtual ~world_cup_t()`

הפעולה משחררת את המבנה (כל הזיכרון אותו הקצאתם חייב להיות משוחרר).

פרמטרים: אין.

ערך החזרה: אין.

סיבוכיות זמן: $O(n + K)$ במקרה הגרוע, כאשר n הוא מספר השחקנים הכולל ו- K הוא מספר הקבוצות מאז תחילת המערכת.

`StatusType add_team(int teamId)`

הקבוצה בעלת מזהה `teamId` ייחודי משתתפת בתחרות, ולכן צריך להוסיפה למבנה הנתונים.

בעת ההכנסה אין שחקנים בקבוצה.

פרמטרים:

<code>teamId</code>	מזהה הקבוצה החדשה.
---------------------	--------------------

ערך החזרה:

<code>ALLOCATION_ERROR</code>	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
-------------------------------	------------------------------------

<code>INVALID_INPUT</code>	אם $teamId \leq 0$.
----------------------------	----------------------

<code>FAILURE</code>	אם <code>teamId</code> הוא מזהה של קבוצה קיימת.
----------------------	---

<code>SUCCESS</code>	במקרה של הצלחה.
----------------------	-----------------

סיבוכיות זמן: $O(\log k)$ במקרה הגרוע, כאשר k הוא מספר הקבוצות במערכת.

`StatusType remove_team(int teamId)`

הקבוצה בעלת המזהה `teamId` מודחת מהטורניר, ולכן צריך להוציאה מהמערכת, יחד עם כל שחקניה, שכבר לא

ישתתפו בטורניר תחת קבוצה אחרת.

לאחר המחיקה, יתכן שתתווסף למבנה קבוצה **אחרת** בעלת אותו מזהה.

פרמטרים:

<code>teamId</code>	מזהה הקבוצה.
---------------------	--------------

ערך החזרה:

<code>ALLOCATION_ERROR</code>	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
-------------------------------	------------------------------------

<code>INVALID_INPUT</code>	אם $teamId \leq 0$.
----------------------------	----------------------

<code>FAILURE</code>	אם אין קבוצה בעלת מזהה <code>teamId</code> .
----------------------	--

<code>SUCCESS</code>	במקרה של הצלחה.
----------------------	-----------------

סיבוכיות זמן: $O(\log k)$ במקרה הגרוע, כאשר k הוא מספר הקבוצות במערכת.

`StatusType add_player(int playerId, int teamId, const permutation_t &spirit, int gamesPlayed, int ability, int cards, bool goalKeeper)`

השחקן בעל מזהה ייחודי `playerId` משחק עבור הקבוצה בעלת המזהה `teamId` בתחרות. ה"רוח" שלו נתונה על ידי

`spirit`. נתון שהשחקן שיחק `gamesPlayed` משחקים ושהמסוגלות שלו היא `ability`. `Cards` הוא מספר הכרטיסים

ההתחלתי של השחקן, ו-`goalKeeper` מציין האם הוא שוער או לא.

פרמטרים:

<code>playerId</code>	מזהה השחקן שצריך להוסיף.
-----------------------	--------------------------

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022

עמוד 4 מתוך 10



מזהה הקבוצה של השחקן.	teamId
אובייקט שמתאר את האופי של השחקן.	spirit
מספר המשחקים שהשחקן שיחק עד כה.	gamesPlayed
היכולת של השחקן (יכולה להיות גם שלילית או אפס).	ability
מספר הכרטיסים ההתחלתי של השחקן.	cards
האם השחקן הוא שוער.	goalKeeper
<u>ערך החזרה:</u>	
במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.	ALLOCATION_ERROR
אם $playerId \leq 0$ או $teamId \leq 0$ או אם ה-spirit לא תקין או $cards < 0$ או $gamesPlayed < 0$.	INVALID_INPUT
אם קיים כבר שחקן עם מזהה playerId, או שהיה קיים בעבר שחקן עם מזהה playerId, או שהקבוצה עם המזהה teamId לא קיימת.	FAILURE
במקרה של הצלחה.	SUCCESS
<u>סיבוכיות זמן:</u> $O(\log k)$ משוער, בממוצע על הקלט, כאשר k הוא מספר הקבוצות במערכת.	

`output_t<int> play_match(int teamId1, int teamId2)`

שתי הקבוצות בעלות המזהים teamId1 ו-teamId2 משחקות אחת מול השנייה בטורניר. קבוצות יכולות לשחק רק אם לכל אחת מהן יש לפחות שוער אחד. (שימו לב שבניגוד לתרגיל הקודם, אין אילוץ על מספר השחקנים הכולל). היכולת של קבוצה לנצח מוגדרת לפי:

$$points + \sum_{players} player\ ability$$

אם שני הערכים שונים: הקבוצה בעלת היכולת הגדולה יותר תנצח. אם שני הערכים שווים: מחשבים את רוח הקבוצה (team spirit) ואת ה"כוח הרוחני" שלה (spirit strength). הקבוצה בעלת הכוח הרוחני הגדול יותר תנצח, ורק אם לשתי הקבוצות יש כוח רוחני בעוצמה זהה המשחק יסתיים בתיקו.

כרגיל, ניצחון שווה +3 נקודות לקבוצה המנצחת ותיקו שווה נקודה בודדת לכל אחת מהקבוצות. מספר המשחקים שכל אחד מהשחקנים בשתי הקבוצות שיחק (gamesPlayed) גדל ב-1 עבור כל השחקנים.

פרמטרים:

מזהה הקבוצה הראשונה.	teamId1
מזהה הקבוצה השנייה.	teamId2
<u>ערך החזרה:</u> 0 אם היה תיקו; 1 אם הקבוצה הראשונה ניצחה לפי יכולת; 2 אם הקבוצה הראשונה ניצחה לפי רוח; 3 אם הקבוצה השנייה ניצחה לפי יכולת; 4 אם הקבוצה השנייה ניצחה לפי רוח. ובנוסף סטטוס:	
במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.	ALLOCATION_ERROR
אם $teamId1 \leq 0$, $teamId2 \leq 0$ או $teamId1 = teamId2$.	INVALID_INPUT
אם אין קבוצה עם מזהה teamId1 או teamId2.	FAILURE
במקרה של הצלחה.	SUCCESS
<u>סיבוכיות זמן:</u> $O(\log k)$ במקרה הגרוע, כאשר k מספר הקבוצות במערכת.	

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022
עמוד 5 מתוך 10



`output_t<int> num_played_games_for_player(int playerId)`

יש להחזיר את מספר המשחקים הכולל שהשחקן בעל מזהה playerId השתתף בהם, בין אם השחקן עדיין פעיל ובין אם הוא הודח מהתחרות.

פרמטרים:

playerId	מזהה השחקן.
<u>ערך החזרה:</u> מספר המשחקים הכולל בהם השתתף השחקן, ובנוסף סטטוס:	
ALLOCATION_ERROR	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
INVALID_INPUT	אם $playerId \leq 0$.
FAILURE	אם מעולם לא היה שחקן עם מזהה playerId.
SUCCESS	במקרה של הצלחה.

סיבוכיות זמן: $O(\log^* n)$ משוערך, בממוצע על הקלט, כאשר n מספר השחקנים במערכת (כולל שחקני עבר).

`StatusType add_player_cards(int playerId, int cards)`

השחקן בעל מזהה playerId קיבל cards כרטיסים.

פרמטרים:

playerId	מזהה השחקן.
<u>ערך החזרה:</u>	
ALLOCATION_ERROR	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
INVALID_INPUT	אם $playerId \leq 0$ או אם $cards < 0$.
FAILURE	אם מעולם לא היה שחקן עם מזהה playerId או אם הוא הודח מהטורניר.
SUCCESS	במקרה של הצלחה.

סיבוכיות זמן: $O(\log^* n)$ משוערך, בממוצע על הקלט, כאשר n מספר השחקנים במערכת (כולל שחקני עבר).

`output_t<int> get_player_cards(int playerId)`

יש להחזיר את מספר הכרטיסים הכולל שהשחקן בעל מזהה playerId קיבל, בין אם השחקן עדיין פעיל ובין אם הוא הודח מהתחרות.

פרמטרים:

playerId	מזהה השחקן.
<u>ערך החזרה:</u> מספר הכרטיסים הכולל שהשחקן בעל מזהה playerId קיבל, ובנוסף סטטוס:	
ALLOCATION_ERROR	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
INVALID_INPUT	אם $playerId \leq 0$.
FAILURE	אם מעולם לא היה שחקן עם מזהה playerId.
SUCCESS	במקרה של הצלחה.

סיבוכיות זמן: $O(1)$ בממוצע על הקלט.



`output_t<int> get_team_points(int teamId)`

יש להחזיר את מספר הנקודות של הקבוצה בעלת המזהה `teamId`.

פרמטרים:

<code>teamId</code>	מזהה הקבוצה.
<u>ערך החזרה:</u>	מספר הנקודות של הקבוצה <code>teamId</code> , ובנוסף סטטוס:
<code>ALLOCATION_ERROR</code>	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
<code>INVALID_INPUT</code>	אם $teamId \leq 0$.
<code>FAILURE</code>	אם אין קבוצה במערכת עם מזהה <code>teamId</code> .
<code>SUCCESS</code>	במקרה של הצלחה.
<u>סיבוכיות זמן:</u>	$O(\log k)$ במקרה הגרוע, כאשר k מספר הקבוצות במערכת.

`output_t<int> get_ith_pointless_ability(int i)`

נניח שמסדרים את הקבוצות לפי היכולת שלהן לנצח כאשר מתעלמים ממספר הנקודות שלהן.
כלומר לפי:

$$\sum_{\text{players}} \text{player ability}$$

שובר שוויון עבור קבוצות עם אותה יכולת יהיה לפי `teamId` בסדר עולה.
יש להחזיר את ה-`id` של הקבוצה במיקום ה-`i` לפי הסדר הזה. (אינדקס ראשון = 0).

פרמטרים:

<code>- i</code>	אינדקס הקבוצה המבוקשת לפי הסדר שהוגדר.
<u>ערך החזרה:</u>	מזהה של הקב, ובנוסף סטטוס:
<code>ALLOCATION_ERROR</code>	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
<code>FAILURE</code>	אם אין קבוצות במערכת או אם $i < 0$ או $i \geq \text{number-of-teams}$.
<code>SUCCESS</code>	במקרה של הצלחה.
<u>סיבוכיות זמן:</u>	$O(\log k)$ במקרה הגרוע, כאשר k הוא מספר הקבוצות.

`output_t<permutation_t> get_partial_spirit(int playerId)`

רוצים לחשב את ה"רוח" של הקבוצה שבה חבר השחקן עם מזהה `playerId` באופן חלקי בלבד. השחקנים שנלקחים בחשבון בחישוב הם השחקן בעל המזהה `playerId` והשחקנים שהצטרפו לפניו (לפי הסדר הכרונולוגי), ולא כל השחקנים בקבוצה שלו.

אם השחקן בעל המזהה `playerId` הוא השחקן ה-`i` לפי הסדר הכרונולוגי של הקבוצה שלו, יש לחשב את:

$$\prod_{j=1}^i \text{spirit}(\text{the } j\text{th player in the team of } playerId)$$

שימו לב: יש להחזיר את הפרמוטציה עצמה שמתקבלת מההרכבה ("כפל").

פרמטרים:

<code>playerId</code>	מזהה השחקן.
<u>ערך החזרה:</u>	החישוב המבוקש, ובנוסף סטטוס:
<code>ALLOCATION_ERROR</code>	במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.
<code>INVALID_INPUT</code>	אם $playerId \leq 0$.
<code>FAILURE</code>	אם מעולם לא היה שחקן עם מזהה <code>playerId</code> או שהוא הודח מהטורניר.
<code>SUCCESS</code>	במקרה של הצלחה.
<u>סיבוכיות זמן:</u>	$O(\log^* n)$ משוערך, בממוצע על הקלט.

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022

עמוד 7 מתוך 10



`StatusType buy_team(int buyerId, int boughtId)`

הקבוצה בעלת מזהה `buyerId` קונה את הקבוצה בעלת מזהה `boughtId`. המזהה של הקבוצה המאוחדת נשאר זהה למזהה של הקבוצה הרוכשת.

הניקוד של הקבוצה הממוזגת יהיה סכום הניקוד של הקבוצות המקוריות. כל שחקן בקבוצה הממוזגת, מספר המשחקים ששיחקן נשמר.

פרמטרים:

`buyerId` מזהה קבוצה ראשונה.

`boughtId` מזהה קבוצה שניה.

ערך החזרה:

`ALLOCATION_ERROR` במקרה של בעיה בהקצאה/שחרור זיכרון.

`INVALID_INPUT` אם אחד ה-id-ים אינו חיובי או שהם שווים.

`FAILURE` אם אין קבוצות עם ה-id הנתונים.

`SUCCESS` במקרה של הצלחה.

סיבוכיות זמן: $O(\log k + \log^* n)$ משוערך, כאשר k הוא מספר הקבוצות ו- n מספר השחקנים במערכת (כולל שחקני עבר).

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022

עמוד 8 מתוך 10



סיבוכיות מקום:

סיבוכיות המקום הדרושה עבור מבנה הנתונים היא $O(n + k)$ במקרה הגרוע, כאשר n הוא מספר השחקנים ו- k הוא מספר הקבוצות. כלומר בכל רגע בזמן הריצה, צריכת המקום של מבנה הנתונים תהיה לינארית בסכום מספרי השחקנים והקבוצות במערכת. סיבוכיות המקום הנדרשת עבור כל פעולה (כלומר, זיכרון "העזר" שכל פעולה משתמשת בו) אינה מצוינת לכל פעולה לחוד, אך אסור לעבור את סיבוכיות המקום הדרושה שמוגדרת לכל המבנה.

ערכי החזרה של הפונקציות:

כל אחת מהפונקציות מחזירה ערך מטיפוס `StatusType` שייקבע לפי הכלל הבא:

- תחילה, יוחזר `INVALID_INPUT` אם הקלט אינו תקין.
 - אם לא הוחזר `INVALID_INPUT`:
 - בכל שלב בפונקציה, אם קרתה שגיאת הקצאה/שחרור יש להחזיר `ALLOCATION_ERROR`. מצב זה אינו צפוי אלא באחד משני מקרים (לרוב): באמת השתמשתם בקלט גדול מאוד ולכן המבנה ניצל את כל הזיכרון במערכת, או שיש זליגת זיכרון בקוד.
 - אם קרתה שגיאה אחרת, כפי שמצוין בכל פונקציה, יש להחזיר מיד `FAILURE` מבלי לשנות את מבנה הנתונים.
 - אחרת, יוחזר `SUCCESS`.
- חלק מהפונקציות צריכות להחזיר בנוסף עוד פרמטר (לרוב `int`), לכן הן מחזירות אובייקט מטיפוס `output_t<T>`. אובייקט זה מכיל שני שדות: הסטטוס (`__status`) ושדה נוסף (`__ans`) מסוג `T`. במקרה של הצלחה (`SUCCESS`), השדה הנוסף יכיל את ערך החזרה, והסטטוס יכיל את `SUCCESS`. בכל מקרה אחר, הסטטוס יכיל את סוג השגיאה והשדה הנוסף לא מעניין.
- שני הטיפוסים (`output_t<T>`, `StatusType`) ממומשים כבר בקובץ `wet1util.h` שניתן לכם כחלק מהתרגיל.

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022

עמוד 9 מתוך 10



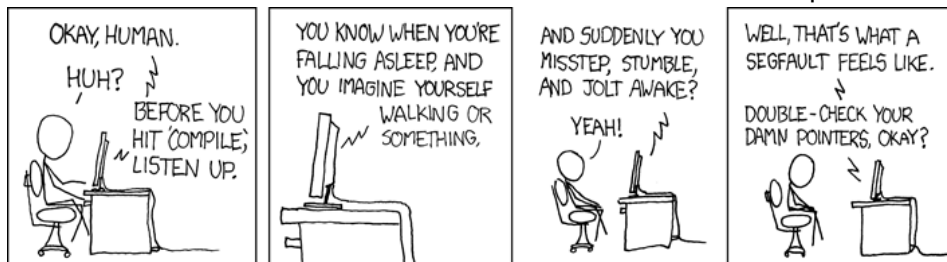
הנחיות:

חלק יבש:

- החלק היבש הוא חלק מהציון על התרגיל כפי שמצוין בנהלי הקורס.
- לפני מימוש הפעולות בקוד יש לתכנן היטב את מבני הנתונים והאלגוריתמים ולוודא כי באפשרותכם לממש את הפעולות בדרישות הזמן והזיכרון שלעיל.
- הגשת החלק הרטוב מהווה תנאי הכרחי לקבלת ציון על החלק היבש, כלומר, הגשה בה יתקבל אך ורק חלק יבש תגרור ציון 0 על התרגיל כולו.
- יש להכין מסמך הכולל תיאור של מבני הנתונים והאלגוריתמים בהם השתמשתם בצירוף הוכחת סיבוכיות הזמן והמקום שלהם. חלק זה עומד בפני עצמו וצריך להיות מובן לקורא גם לפני העיון בקוד. אין צורך לתאר את הקוד ברמת המשתנים, הפונקציות והמחלקות, אלא ברמה העקרונית. חלק יבש זה לא תיעוד קוד.
- ראשית הציגו את מבני הנתונים בהם השתמשתם. רצוי ומומלץ להיעזר בציור.
- לאחר מכן הסבירו כיצד מימשתם כל אחת מהפעולות הנדרשות. הוכיחו את דרישות סיבוכיות הזמן של כל פעולה תוך כדי התייחסות לשינויים שהפעולות גורמות במבני הנתונים.
- הוכיחו שמבנה הנתונים וכל הפעולות עומדים בדרישת סיבוכיות המקום.
- החסמים הנתונים בתרגיל הם לא בהכרח הדוקים ולכן יכול להיות שקיים פתרון בסיבוכיות טובה יותר. מספיק להוכיח את החסמים הדרושים בתרגיל.
- רמת פירוט: יש להסביר את כל הפרטים שאינם טריוויאליים ושחשובים לצורך מימוש הפעולות ועמידה בדרישות הסיבוכיות. אין לדון בפרטים טריוויאליים (הפעילו את שיקול דעתכם בקשר לזה, ושאלו את האחראי על התרגיל אם אינכם בטוחים). אין לצטט קטעים מהקוד כתחליף להסבר. אין צורך לפרט אלגוריתמים שנלמדו בכתה. כמו כן, אין צורך להוכיח תוצאות ידועות שנלמדו בכתה, אלא מספיק לציין בבירור לאיזו תוצאה אתם מתכוונים.
- על חלק זה לא לחרוג מ-8 עמודים.
- והכי חשוב **!keep it simple**

חלק רטוב:

- מומלץ לממש תחילה את מבני הנתונים בצורה הכללית ביותר ורק אז לממש את הפונקציות הנדרשות בתרגיל.
 - אנו ממליצים בחום על מימוש **Object Oriented**, **C++**, מימוש כזה יאפשר לכם להגיע לפתרון פשוט וקצר יותר לפונקציות אותן עליכם לממש ויאפשר לכם להכליל בקלות את מבני הנתונים שלכם (זכרו שיש תרגיל רטוב נוסף בהמשך הסמסטר).
 - על הקוד להתקמפל על csl3 באופן הבא:
g++ -std=c++11 -DNDEBUG -Wall *.cpp
- עליכם מוטלת האחריות לוודא קומפילציה של התכנית ++g. אם בחרתם לעבוד בקומפיילר אחר, מומלץ לקמפל ++g מידי פעם במהלך העבודה.



הערות נוספות:

- חתימות הפונקציות שעליכם לממש ומספר הגדרות נמצאים בקובץ `worldcup23a1.h`.
- קראו היטב את הקובץ הנ"ל, לפני תחילת העבודה.
- אין לשנות את הקבצים `main23a1.cpp` ו-`wet1util.h` אשר סופקו כחלק מהתרגיל, ואין להגיש אותם.
 - את שאר הקבצים ניתן לשנות.
 - תוכלו להוסיף קבצים נוספים כרצונכם, ולהגיש אותם.
 - העיקר הוא שהקוד שאתם מגישים יתקמפל עם הפקודה לעיל, כאשר מוסיפים לו את שני הקבצים `wet1util.h` ו-`main23a1.cpp`.
- עליכם לממש בעצמכם את כל מבני הנתונים (למשל אין להשתמש במבנים של STL ואין להוריד מבני נתונים מהאינטרנט). **כחלק מתהליך הבדיקה אנו נבצע בדיקה ידנית של הקוד ונוודא שאכן מימשתם את מבני הנתונים שבהם השתמשתם.**
- בפרט, אסור להשתמש ב-`std::vector`, `std::pair`, או כל אלגוריתם של STL.

מבני נתונים 234218 חורף תשפ"ג

גיליון רטוב מספר 2 – מעודכן לתאריך 23.12.2022

עמוד 10 מתוך 10



- ניתן להשתמש במצביעים חכמים (Smart pointers כמו `shared_ptr`), בספריית `math` ובספריית `exception`.
- חשוב לוודא שאתם מקצים/משחררים זיכרון בצורה נכונה (מומלץ לוודא עם `valgrind`). לא חייבים לעבוד עם מצביעים חכמים, אך אם אתם מחליטים כן לעשות זאת, לוודא שאתם משתמשים בהם נכון. (תזכרו שהם לא פתרון קסם, למשל, כאשר יוצרים מעגל בהצבעות)
- שגיאות של `ALLOCATION_ERROR` בד"כ מעידות על זליגה בזיכרון.
- מצורפים לתרגיל קבצי קלט ופלט לדוגמא, ניתן להריץ את התוכנה על הקלט ולהשוות עם הפלט המצורף.
- **שימו לב:** התוכנית שלכם תיבדק על קלטים שונים מקבצי הדוגמא הנ"ל, שיהיו ארוכים ויכללו מקרי קצה שונים. לכן, מומלץ מאוד לייצר בעצמכם קבצי קלט, לבדוק את התוכנית עליהם, ולוודא שהיא מטפלת נכון בכל מקרה הקצה.

הגשה:

■ חלק יבש + חלק רטוב:

הגשת התרגיל הנה **אך ורק** אלקטרונית דרך אתר הקורס.

יש להגיש קובץ `ZIP` שמכיל את הדברים הבאים:

○ בתיקיה הראשית:

○ קבצי ה-Source Files שלכם. למעט הקבצים `main23a1.cpp` ו-`wet1util.h`, שאסור לשנות.

○ קובץ `PDF` בשם `dry.pdf` אשר מכיל את הפתרון היבש. מומלץ להקליד את החלק הזה אך ניתן להגיש קובץ `PDF` מבוסס על סריקה של פתרון כתוב בכתב יד. שימו לב כי במקרה של כתב לא קריא, כל החלק השני לא תיבדק.

○ קובץ `submissions.txt`, המכיל בשורה הראשונה את שם, תעודת הזהות וכתובת הדוא"ל של השותף הראשון ובשורה השנייה את שם, תעודת הזהות וכתובת הדוא"ל של השותף השני. לדוגמה:

John Doe 012345678 doe@cs.technion.ac.il

Henry Taub 123456789 taub@cs.technion.ac.il

■ שימו לב כי אתם מגישים את כל שלושת החלקים הנ"ל.

■ אין להשתמש בפורמט כיווץ אחר (לדוגמה `RAR`), מאחר ומעריך הבדיקה האוטומטי אינו יודע לזהות פורמטים אחרים.

■ יש לוודא שכאשר נכנסים לקובץ הזיפ הקבצים מופיעים מיד בתוכו ולא בתוך תיקיה שבתוך קובץ הזיפ. עבור הגשה שבה הקבצים יהיו בתוך תיקייה, הבדיקה האוטומטית לא תמצא את הקבצים ולא תוכל לקמפל ולהריץ את הקוד שלכם ולכן תיתן אוטומטית 0.

■ לאחר שהגשתם, יש באפשרותכם לשנות את התוכנית ולהגיש שוב. ההגשה האחרונה היא הנחשבת.

■ הגשה שלא תעמוד בקריטריונים הנ"ל תפסל ותקנס בנקודות!
○ אחרי שאתם מכינים את ההגשה בקובץ `zip` מומלץ מאוד לקחת אותה לשרת ולהריץ את הבדיקות שלכם עליה כדי לוודא שאתם מגישים את הקוד שהתכוונתם להגיש בדיוק (ושהוא מתקמפל).

דחיות ואיחורים בהגשה:

■ דחיות בתרגיל הבית תינתנה אך ורק לפי תקנון הקורס.

■ 5 נקודות יורדו על כל יום איחור בהגשה ללא אישור מראש. באפשרותכם להגיש תרגיל באיחור של עד 5 ימים ללא אישור. תרגיל שיוגש באיחור של יותר מ-5 ימים ללא אישור מראש יקבל 0.

■ במקרה של איחור בהגשת התרגיל יש עדיין להגיש את התרגיל אלקטרונית דרך אתר הקורס.

■ בקשות להגשה מאוחרת יש להפנות למתרגל האחראי בלבד בכתובת

barakgahtan@cs.technion.ac.il. לאחר קבלת אישור במייל על הבקשה, מספר הימים שאושרו לכם נשמר

אצלנו. לכן, אין צורך לצרף להגשת התרגיל אישורים נוספים או את שער ההגשה באיחור.

בהצלחה!