

תרגיל בית מספר 3

נושא: קבוצת הוקי-קרח כעולם מונחה-עצמים

דדליין: יום א', 14/05/2023, 23:59

עבודה והגשה ביחידים

בהצלחה רבה!

תיאור התרגיל

בתרגיל זה תממשו עולם מונחה עצמים של קבוצת הוקי-קרח, המבוסס על מרחב אוקלידי דו-מימדי המגדיר את זירת המשחק, וכן אובייקטים כגון שחקן אשר תכונותיהם יתוארו בהרחבה בהמשך. מטרת התרגיל היא משולשת – ראשית, אפיון מונחה עצמים של בעיה נתונה, שנית, תרגול תכנותי של מחלקות, בנאים/מפרקים, מתודות וכן העמסת פונקציות/אופרטורים, ושלישית, מימוש של סימולציה תלוית-זמן.

זירת המשחק: אפיון

זירת המשחק מוגדרת באמצעות מרחב אוקלידי דו-מימדי; יחידת המידה הינה מטר, ולשם נוחות, המרחב יחולק לתאי-שטח של מטר מרובע. בהתאם, הימצאות שחקן בקואורדינטה מרחבית כלשהי תמופה גם להשתייכות לתא-שטח מסוים. זירת המשחק מוגדרת על התחום $[0, 30] \times [0, 61]$ (ולפיכך מכילה 1830 תאי-שטח). מיקום מרחבי יתואר באמצעות שתי קואורדינטות x, y וערכי השפה הבאים:

$$x_{\min} = y_{\min} = 0, \quad x_{\max} = 61, \quad y_{\max} = 30$$

הזירה הינה בעלת **תנאי שפה קשיחים**: כל גלישה של ערך קואורדינטה מעבר לתחום המינימלי/מקסימלי תקובע על השפה (תנאי שפה של דיריכלה) באופן הבא (ההמחשה היא על התחום $[0, 100]^2$):

$$\begin{aligned} (99.5, 0.0) + (1.0, 1.0) &\rightarrow (100.0, 1.0) \\ (0.3, 99.9) + (-0.5, 0.8) &\rightarrow (0.0, 100.0) \end{aligned}$$

שחקן הינו אובייקט בזירה המאופיין באמצעות **מספרו הסידורי** (מספר שלם חיובי) וכן באמצעות **מיקומו הנוכחי ומהירותו** בזירה. ההנחה היא כי בעת בדיקת מצב הקבוצה (כלומר בכל פעימת זמן בדידה, או איטרציה) השחקנים נמצאים בקואורדינטות חוקיות (אשר ממופות לתאי-שטח מסוימים; נניח כי אין הגבלה על מספר השחקנים שיכולים לשהות בתא-שטח אחד בו-זמנית), וכי הם מבצעים מעברים בזירה בין נקודת זמן אחת לאחרת באופן שיפורט.

בתחילת הסימולציה תוגדר גם **נקודת מטרה**, אליה שואפת להגיע קבוצת השחקנים. למשל, בהינתן נקודת מטרה (x^*, y^*) , הקבוצה תשאף במהלך הסימולציה להתקרב לעבר נקודה זו ולבסוף להימצא בתא השטח שלה. בכל נקודת זמן ניתן לחשב את המרחק האוקלידי בין כל שחקן לבין נקודת המטרה, כאשר השחקן הקרוב ביותר לנקודת המטרה נחשב למוביל הקבוצה באותה נקודת זמן (*global best*). כמו כן, כל שחקן זוכר את מיקומו האינדיבידואלי הכי קרוב עד כה לנקודת המטרה (השיא האישי של השחקן: *personal best*). בכל מעבר זמן כל שחקן יעדכן את השיא האישי שלו (במקרה שנדרש עדכון) והקבוצה תעדכן את זהות המוביל שלה (במקרה שנדרש עדכון).

משוואת התנועה של השחקנים

מעבר של כל שחקן בזירה מתרחש בכל פעימת זמן בדידה (איטרציה) והוא תלוי במיקומו הנוכחי $\vec{\ell}_i(t)$ ובמהירותו $\vec{v}_i(t)$. עבור שחקן בעל אינדקס i , כך יעודכן מיקומו בנקודת זמן $t+1$:

$$\vec{\ell}_i(t+1) = \vec{\ell}_i(t) + \vec{v}_i(t) \quad (1)$$

תכנות בשפת ++C, אביב 2023

מהירותו של השחקן תלויה בשני מרכיבים – במיקום מוביל הקבוצה ($global\ best$) בזמן t , ובשיא האישי של השחקן ($personal\ best$), $\bar{y}_i(t)$, והיא כוללת מרכיבים הסתברותיים:

$$\bar{y}_i(t+1) = 0.25 \cdot \bar{y}_i(t) + r_{1i}(t) \cdot (\bar{y}_i(t) - \bar{\ell}_i(t)) + r_{2i}(t) \cdot (\hat{\bar{y}}(t) - \bar{\ell}_i(t)) \quad (2)$$

הפרמטרים $r_{1i}(t), r_{2i}(t) \sim U(0,1)$ הינם משתנים אקראיים המתפלגים באופן אחיד בטווח $[0,1]$; כפי שהאינדקסים שלהם מעידים, הם נדגמים בכל איטרציה עבור כל שחקן. שימו לב כי כל הווקטורים המוזכרים במשוואות (1) ו-(2) הינם ממימד 2.

הרעיון הכללי של התכנית אותה תממשו הוא לאתחל קבוצת שחקנים בזירה ע"פ נתונים שיוגדרו ע"י המשתמש (פרטי ייצוג הקלט יתוארו בהמשך), ולסמלץ את תנועת הקבוצה בזירה, במעברי זמן בידידים, עד להגעת השחקן הראשון לתא השטח של נקודת המטרה, אז תסתיים הסימולציה. בכל מעבר זמן (איטרציה), יעודכנו מיקומי השחקנים לפי משוואות התנועה ההסתברותיות שלהם, יעודכנו השיאים האישיים, ותעודכן זהות מוביל הקבוצה. בסופה של התכנית, מיקומי השחקנים ייסרו כפלט למשתמש.

פורמט קלט

התכנית תקבל כקלט שני קבצים לקריאה – הקובץ הראשון יתאר את הסימולציה, הקובץ השני יכלול את הפריסה ההתחלתית של הקבוצה ואת המהירויות ההתחלתיות של השחקנים. לאחר קומפילציה של התכנית לכדי קובץ הרצה בשם `simIceHockey`, כך ניתן יהיה להריץ אותה בעבודה דרך טרמינל:

```
>> ./simIceHockey config.dat init.dat
```

1. רכיבי הסימולציה, אשר יוזנו לתכנית בתחילתה בקובץ הראשון (`config.dat` בדוגמא שלעיל), יתוארו בפורמט הבא: השורה הראשונה תתאר את נקודת המטרה באמצעות ווקטור דו-מימדי בשורה יחידה, עם הפרדה של רווח; בשורה השניה יופיע מספר האיטרציות המקסימלי. להלן דוגמא של קובץ קלט חוקי:

```
10.5 2.5
100000
```

2. על קובץ הקלט השני (קובץ איתחול השחקנים; `init.dat` בדוגמא שלעיל), להכיל בשורה הראשונה את מספר השחקנים בקבוצה, ובשורות לאחר מכן את מצבו ההתחלתי של כל שחקן. כל שורה תכיל את מיקומו ההתחלתי של השחקן המתאים (באמצעות 2 קואורדינטות) ולאחריו את מהירותו ההתחלתית של אותו שחקן (באמצעות 2 רכיבי מהירות), מופרדים ברווחים. להלן דוגמא של קובץ קלט חוקי של איתחול הקבוצה:

```
5
0 0 0.5 0.5
0.1 0.1 0.2 0.2
0 0.1 0 0.3
0.1 0 0.3 0
1.33 1.66 0.6 0.6
```

3. במקרה של קלט לא חוקי (למשל, שגיאת קבצים, שגיאת מימדים וכיוצא באלה), התכנית תסיים את ריצתה בשלב זה ותדפיס הודעת שגיאה מתאימה לערוץ השגיאות הסטנדרטי:

```
ERROR: Invalid input.\n
```

4. בהנחה שהקלט של המשתמש חוקי, על התכנית להתחיל את מעברי הזמן בזירה, תוך עדכון מיקומי השחקנים ומצב תאי השטח. התכנית תרוץ עד שאחד השחקנים יחדור לתא השטח של נקודת המטרה, או עד שמספר המעברים המקסימליים יחלוף.

פורמט פלט

בסיום מעברי הזמן על התכנית להדפיס כפלט את מספר צעדי הזמן של הסימולציה וכן את מיקומי השחקנים של צעד הזמן האחרון באמצעות ערוץ הפלט הסטנדרטי.

תכנות בשפת C++, אביב 2023

השורה הראשונה תכלול את מספר האיטרציות שבוצעו (ערך הנמוך מהמספר המקסימלי במקרה ששחקן חדר לתא שטח המטרה, אחרת המספר המקסימלי). החל מן השורה השנייה יודפסו מיקומי השחקנים עם דיוק של לכל היותר 2 ספרות אחרי הנקודה. למשל, כך יכול להיראות הפלט עבור הדוגמא שלעיל –

```
96616
0.11 11.81
10.2 2.11
3.33 6.66
4.22 30.0
61.0 30.0
```

דרישות מימוש

- אתם חופשיים לתכנן ולממש את התכנית כרצונכם, פרט לדרישות הבאות אותן עליכם לקיים במימוש שלכם:
 - עבור אובייקט תא שטח, יש לממש את האופרטורים `--` `++` (`prefix + postfix`) המעדכנים את מספר השחקנים המצויים בו בנקודת זמן נתונה (זיכרו שמדובר באופרטורים אונאריים).
 - עבור אובייקט הזירה, יש לממש את אופרטור הקריאה לפונקציה, `() operator`, המקבל קואורדינטות של תא-שטח ומחזיר את המספר העדכני של השחקנים המצויים בו בנקודת זמן נתונה.

הנחות עבודה

- מספר מעברי הזמן של הסימולציה הינו מספר טבעי: בהינתן ערך 0, התכנית תדפיס פלט של 0 איטרציות ומצב השחקנים ההתחלתי ותסיים; בהינתן ערך 1, התכנית תחשב צעד זמן בודד, תדפיס פלט של 1 איטרציות ואת מיקומי השחקנים ותסיים; וכך הלאה. ניתן להניח כי מספר צעדי הזמן המקסימלי לא יעלה על 10^6 .
- גודל הקבוצה הוא מספר הגדול מ-2; ניתן להניח כי יש לכל היותר 100 שחקנים בקבוצה.

דגשים

- יש לתכנן מראש את מבנה התכנית, ולהגדיר בהתאם את האובייקטים איתם תעבדו; הקפידו על תכנון מונחה-עצמים של עולם הסימולציה על מרכיביו השונים.
- עבור כל אובייקט יש לבחון מפורשות את הצורך במימוש "שלושת הגדולים" (*The Big Three*), ולהתייחס בתיעוד למקרים בהם ברירת המחדל מספיקה.
- בתרגיל בית זה אין להשתמש בספריית STL; מבני הנתונים והאלגוריתמים צריכים להיות ממומשים על-ידיכם.
- עצה: מומלץ להשתמש בפונקציה `rand()` ובקבוע `RAND_MAX` לצורך הגרלה אקראית המתפלגת באופן אחיד במימוש משוואות התנועה של השחקנים. הסברים מפורטים בנוגע למרכיבים ההסתברותיים יינתנו בתרגול הקרוב.
- עבודה עם קבצים לצורך קריאה תידון גם כן בתרגול הקרוב.
- תרגיל בית 4 (העוקב) יהווה המשך של תרגיל בית זה.
- יש לבדוק תקינות קלטים (שמות משבצות הלוח וכו') ולהציג הודעות שגיאה מתאימות.

- יש להקפיד על פלטים מדויקים התואמים את ההנחיות, ואינם כוללים טקסט נוסף; בפרט, אין להדפיס את אינדקסי המשבצות או כל טקסט-עזר אחר שאינו מופיע בהנחיות. מומלץ לבחון בקפידה את קבצי הקלט והפלט שיפורסמו לצרכי בדיקות.

- עליכם לוודא כי התכנית עוברת קומפילציית `g++` התואמת את הקומפיילר שעל שרת החוג ללא כל שגיאות או אזהרות כלשהן, ורצה בהצלחה.
- עליכם לתעד את הקוד באמצעות הערות המתארות בקצרה את המחלקות והפונקציות השונות.
- יש להריץ את הבודק האוטומטי על שרת החוג בטרם ההגשה בכדי לוודא תאימות ונכונות של ההגשה: `hwcheck`.

- עליכם להגיש במערכת Moodle קובץ ארכיב מטיפוס zip בלבד, ששמו כולל את קוד הקורס ('48'), שם התרגיל ('ex3') ותעודת הזהות של הסטודנט/ית המגיש/ה, מופרדים בקו תחתי בפורמט הבא: **48_ex3_studID.zip**
- על ארכיב zip זה להכיל את כל קבצי המקור (ממשק/מימוש) הנדרשים לקומפילציה, והוא רשאי להכיל תיעוד טקסטואלי; מבחינת טיפוס קבצים, עליו לכלול רק קבצים עם סיומות ***.txt *.h *.cpp**
- לדוגמה: על סטודנט שמספר הזיהוי שלו הינו 012345678 להגיש ארכיב בשם 48_ex3_012345678.zip הכולל את כל קבצי המקור של הפרוייקט, ללא תיקיות כלשהן, ורשאי להכיל קובץ טקסטואלי לתיעוד.

אי-הקפדה על ההנחיות, כולל פורמט ההגשה הדיגיטלי, תגרור הורדה בציון התרגיל.
לא תתקבלנה הגשות באיחור!