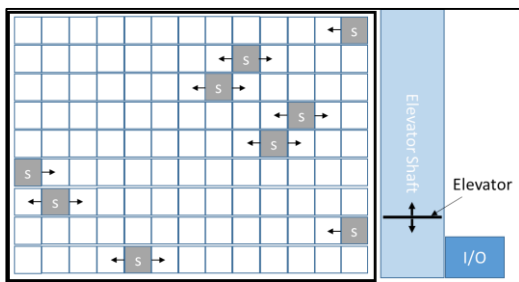


ליקוט פריטים במחסן אוטומטי מרובה שאטלים ומעלית יחידה Order picking in a multi-shuttle and a single elevator AS/RS system

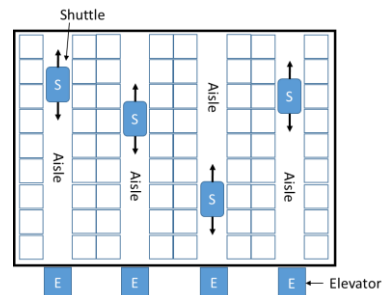
פרופ' יוסי בוקצ'ין
מר אלון בלך

תיאור המערכת

הפרויקט עוסק בפתרון בעיה המשלבת תכנ ותפעול של מחסן אוטומטי מסוג Automated Storage & Retrieval System (AS/RS) המאחסן משטחים. המחסן מכיל מספר מעברים (Aisles) כאשר בקצהו של כל מעבר ישנה מעלית (ראו איור 2). בכל קומה של המעבר ישנו שאטל (Shuttle) קבוע, כלומר, השאטלים אינם עוברים בין קומות המחסן. השאטלים משמשים להעברת משטחים לשליפה בין תאי האחסון והמעלית. הן המעלית והן השאטלים מסוגלים להוביל משטח אחד בכל רגע נתון, כאשר אין מגבלה על עבודה במקביל. בפרט מספר שאטלים יכולים לעבוד במקביל אחד לשני (כל אחד בקומה אחרת) ובמקביל לתנועת המעלית. טעינת הפריטים למערכת מתבצעת בשעות הלילה ובנפרד מהשליפה. במהלך היום מגיעות משאיות למחסן, ויש לשלוף עבור כל משאית מספר משטחים שונים, המהווים הזמנה.



1 המחסן במבט צידי



2 המחסן במבט עילי

מטרת הפרויקט

נתון מחסן בעל מעבר יחיד, בקצה המעבר מעלית בודדת ובכל קומה שאטל יחיד. בהינתן רשימת המשטחים לאחסון, ופרופורציית הביקוש של המוצרים השונים, עליכם לפתח אלגוריתם לאחסון הפריטים ואלגוריתם לשליפתם. על האלגוריתם הראשון לקבוע את מיקום המשטחים במחסן. בהינתן מיקום המשטחים (שנקבע פעם אחת בלבד מבעוד מועד), ובהינתן רשימה כלשהי של משטחים לשליפה, על האלגוריתם השני לספק את סדר פעולות השליפה כך שהוצאת כלל הפריטים בהזמנה תסתיים בזמן מינימלי ($\min C_{max}$).

הנחות ונתונים לגבי מערכת האחסון

1. המחסן בנוי ממעבר יחיד, בסופו מעלית יחידה. במחסן 8 קומות בכל קומה 32 תאי אחסון (שורה של 16 תאי אחסון בכל צד של המעבר).
2. נקודת ה-I/O נמצאת לצד המעלית בקומת הקרקע.
3. בכל תא ניתן לאחסן משטח יחיד.
4. בכל קומה ישנו שאטל בודד (השאטל אינו עובר בין קומות).
5. העמסה של משטח ע"י השאטל דורשת 5 שניות.
6. לשאטל נדרשות 2 שניות על מנת לנוע בין שני תאי אחסון סמוכים (30 שניות על מנת לחצות את הקומה מהמעלית לתא האחסון הרחוק ביותר).
7. למעלית נדרשות 2 שניות על מנת לעבור בין שתי קומות סמוכות ללא תלות בכיוון התנועה (14 שניות בשביל לעלות מקומת הקרקע לקומה העליונה).
8. העמסה של משטח למעלית מהשאטל דורשת 5 שניות. פריקה של המעלית בנקודת ה-I/O דורשת 3 שניות.
9. על מנת לשלוף משטח שמאוחסן בקומת הכניסה יש להעמיס אותו למעלית ולפרוק אותו (ללא תנועה אנכית).
10. שימו לב, עליכם להתחשב בזמני התנועה, הפריקה והעמסה של הרכיבים השונים במערכת. לדוגמה, הזמן הלוך למעלית לנוע בין קומת הקרקע בה היא פרקה פריט אל הקומה שבה נמצאת המשימה הבאה שלה.
11. שימו לב, חלק מסוגי המשטחים מצריכים אחסון של מספר יחידות. על מספר תאי האחסון המיועדים לכל סוג משטח להתאים למספר היחידות.
12. כל הזמנה מכילה רשימה משטחים לשליפה, ונתונה על פי סוג המשטח. שימו לב, ייתכן מצב בו תצטרכו לשלוף מספר יחידות מאותו סוג משטח. כמו כן, ייתכן כי מספר היחידות המאוחסנות מסוג המשטח גדול מהדרוש, במצב זה עליכם לבחור איזו מהיחידות לשלוף.
13. הגרלת הזמנה על פי פרופורציית תוחלת הביקושים לפריטים השונים מבוצעת בדרך הבאה: כל פריט בהזמנה מוגרל כאשר ניתנת לו הסתברות פרופורציונית לתוחלת הביקוש של אותו מוצר. מניחים אי תלות בין ההגרלות של המוצרים השונים בהזמנה.
14. הזמנה מכילה 40 משטחים לשליפה, כלומר על משאית מועמסים 40 משטחים.

דרישות הפרויקט

1. פיתוח אלגוריתם מקורב למיקום המשטחים במחסן.
2. פיתוח אלגוריתם מקורב לשליפה של המשטחים.
3. כתיבת קוד המיישם את האלגוריתמים הנ"ל עבור רשימת משטחים לאחסון ורשימת משטחים לשליפה.
4. הרצת הקוד עבור קובצי הקלט שיימסרו בהמשך.
5. כתיבת דו"ח מסכם.
6. הצגת הפרויקט.

מבנה הפרויקט

לפרויקט שלושה חלקים המשלימים זה את זה. תכולת כל חלק ותאריכי ההגשה מפורטים מטה.

1. חלק 1: כתיבת דו"ח לפרויקט המסביר ומנתח את האלגוריתמים המוצעים
2. חלק 2: הרצות נומריות "תחרותיות"
3. חלק 3: הצגת הפרויקט

דרישות נוספות

1. שפת התכנות לפרויקט הינה פייתון. בפרט, פורמט ההגשה של קובצי הקוד הינו py.
2. קבצי ה-DATA לפרויקט הינם קבצים מסוג pickle. (אופן השימוש בחבילת pickle מופיע באתרים רבים בגוגל, ל-datacamp.com לדוגמא, יש הסבר נוח לאופן השימוש בהם).
3. התוצאות שלכם צריכות להיות ניתנות לשחזור, אם אתם משתמשים באלמנט רנדומי באחד או יותר מהאלגוריתם שלכם, השתמשו ב-seed.
4. הנקודות הבאות מתייחסות לקלט האלגוריתמים:
 - 4.1. קובץ המכיל את רשימת המשטחים לאחסון. כל שורה בקובץ מכילה את קוד סוג המשטח ומספר היחידות ממנו.
 - 4.2. קובץ המכיל את ההסתברות של כל סוג משטח להיבחר בכל בקשת מוצר.
- 4.2.1. **שימו לב** על מנת ליצור רשימת משטחים לשליפה עליכם לבצע את אותה ההגרלה מספר פעמים (כאורך הרצוי לרשימת המשטחים לשליפה)
- 4.2.2. לאחר שיצרתם את רשימת המשטחים לשליפה עליכם לוודא כי היא פיזיבילית. בפרט, שבמחסן נמצאים מספיק משטחים מכל סוג על מנת למלא את הביקוש.
- 4.3. בשלב ההרצות הנומריות תקבלו 10 רשימות של שורה אחת.
5. על הקוד שלכם להחזיר קבצי pickle המכילים את התוצאות שקיבלתם על פי ההנחיות הבאות:
 - 5.1. קובץ המכיל מטריצה תלת מימדית של מיקומי הפריטים במחסן
 - 5.1.1. האינדקס הראשון במטריצה מייצג את הקומות במחסן. האינדקס של קומת הקרקע הינו 0.
 - 5.1.2. האינדקס השני במטריצה מייצג את מרחק תאי האחסון מהמעלית. האינדקס של התאים הקרובים ביותר למעלית הינו 0.
 - 5.1.3. האינדקס השלישי מייצג את הצד במסילה. לבחירתכם האם 0 ייצג את צד ימין או שמאל של המסילה.
 - 5.1.4. על שמו של הקובץ להיות Group_NUM_item_position.p כאשר במקום NUM יש לכתוב את מספר הקבוצה
 - 5.2. קבצים המכילים רשימות משטחים לשליפה באותו הפורמט המפורט בסעיף 4.1. (ראו הרחבה בפרק "חלק 1: ד"ח הפרויקט").
 - 5.3. קובץ המפרט את תהליך השליפה הבנוי מטבלה
 - 5.3.1. כל שורה מייצגת שליפה של פריט, השורה הראשונה הינה השליפה הראשונה.
 - 5.3.2. התא הראשון בכל שורה הינו סוג המשטח הנשלף
 - 5.3.3. התא השני הינו המיקום ממנו הוא נשלף. מיקום זה מיוצג על ידי מערך של 3 איברים – קומה, מרחק מהמעלית, צד (קומה הינו הערך הראשון במערך).
 - 5.3.4. התא השלישי יכיל את הזמן (בשניות) בו המעלית החלה בהעמסת המשטח
 - 5.3.5. התא הרביעי יכיל את הזמן (בשניות) בו המעלית סיימה לפרוק את המשטח בקומת הקרקע
 - 5.3.6. לדוגמה: הפריט הראשון הינו מסוג 123, הוא נשלף מקומה שנייה (קרקע הינה 0), מרחק 5 תאי אחסון מהמעלית מצד שמאל (יכל להיות גם ימין. זה להגדרתכם). המעלית החלה בהעמסה שלו בזמן 140 שניות וסיימה לפרוק אותו בזמן 220 שניות.

123	[2,5,1]	140	220
154	[4,2,0]	230	310

- 5.3.7. שם הקובץ יהיה Group_NUM_retrival_retrivalNUM.p כאשר במקום NUM יש לכתוב את מספר הקבוצה ובמקום retrivalNUM יש לכתוב את מספר רשימת השליפה.
- 5.3.8. **שימו לב** זמן הסיום של השורה האחרונה בקובץ הוא למעשה זמן הסיום של המערכת שלכם. כלומר העמודה האחרונה צריכה להכיל סדרה עולה של ערכים (השליפה השלישית בהכרח תסתיים אחרי השליפה השנייה).

חלק 1: דר"ח הפרויקט:

דר"ח הפרויקט כולל שלושה חלקים

1. האלגוריתמים המתמטיים – חלק זה נועד להסביר את דרך פעולת האלגוריתמים המתמטיים, עליו לכלול את המידע הבא:
 - 1.1. הצגה מפורטת של הנחות האלגוריתמים (כולל הנחות המפורטות בדף ההנחות) כגון – "כלל המשטחים הדרשים לשליפה קיימים במחסן". בסעיף זה עליכם להסביר את "מערכת החוקים" עבורה נבנה המודל המתמטי שלכם.
 - 1.2. הסבר על דרך הפעולה של כל אחד משני האלגוריתמים, כולל חלוקה לשלבים (אם יש). יש **להסביר ולנמק** את דרך קבלת כלל ההחלטות. לדוגמה, יש להסביר איך החלטתם מהו הסדר בו ישלפו המשטחים, ויש לנמק מדוע דרך הבחירה שלכם מוצלחת.
- שימו לב, סעיף זה אמור להסביר איך עובד האלגוריתם שלכם מבחינה רעיונית ולא איך נכתב הקוד.
2. קוד הפיתוח – חלק זה נועד להסביר איך מימשתם את האלגוריתם שהצגתם בחלק 1. היה וישנם חלקים באלגוריתם המתמטי שבחרתם שלא לממש או שמימשתם בצורה שונה מהתכנון יש לציין זאת ולהסביר מה משמעות השינוי בעת ריצת הקוד.
 - 2.1. יש לציין באילו חבילות python השתמשתם.
 - 2.2. במידה והשתמשתם ב-classes יש לציין את משמעותם.
 - 2.3. יש להסביר את דרך פעולת הקוד הראשי, איך פועל הקוד במה הוא דומה לאלגוריתם המתמטי ובמה שונה.
 - 2.4. יש להסביר את הפונקציות העיקריות בקוד, כיצד הן פועלות ומה מטרתן. **אין צורך להסביר כל שורה בקוד!**
3. תוצאות – בחלק זה עליכם ליצור רשימות שליפה רנדומיות (לפי ההסתברויות הנתונות בקובץ הקלט). השתמשו ברשימות אלו על מנת להריץ את אלגוריתם השליפה שלכם, ולנתח את ביצועיו. כאן המקום להציג סטטיסטיקות שונות, הערות על טיב האלגוריתם שבניתם וכו'.

חלק 2: הרצות נומריות:

1. לאחר הגשת הפרויקטים יפורסמו רשימות השליפה עליהן עליכם להריץ את הקוד.
2. עליכם להגיש את קובצי הפלט של שני האלגוריתמים עבור רשימות אלו.
3. את התוצאות הסופיות יש למלא בטבלה שתפורסם בהמשך ולהגיש גם כן.

חלק 3: הצגת הפרויקט

1. עליכם לבנות מצגת של 10 דקות המכילה:
 - 1.1 את האלגוריתמים המתמטיים.
 - 1.2 את השיקולים בקבלת החלטות שונות.
 - 1.3 את התוצאות שהתקבלו בהרצות הנומריות וניתוחן.
2. במהלך ההצגה תתבקשו להריץ את אחת מרשימות השליפה מחלק ההרצות הנומריות (תיבחר רנדומית)
3. המצגות יועברו בזום (אלא אם תבקשו אחרת).
4. זהות המציג תיקבע רנדומית בסמוך להצגה. כלומר על כל אחד מחברי הקבוצה להיות מסוגל להעביר את המצגת.

תוצרי הפרויקט להגשה

1. בעת הגשת הד"ח יש להגיש:
 - 1.1 ד"ח בפורמט PDF.
 - 1.2 קובץ קוד בפורמט py. שימו לב שעל הקוד להיות ניתן להרצה. אסור שידרוש סביבות ייעודיות.
 - 1.3 רשימות השליפה אותן יצרתם בפורמט p.
 - 1.4 קבץ הפלט של אלגוריתם מיקום המשטחים.
 - 1.5 קובצי הפלט עבור אלגוריתם השליפה.
2. בעת הגשת ההרצות הנומריות יש להגיש:
 - 2.1 טבלה מסכמת של התוצאות
 - 2.2 קובץ פלט של מיקומי הפריטים
 - 2.3 קבצי פלט של השליפות
3. אין צורך להגיש את המצגת.

הרכב הציון

הערכת איכות הפרויקט תתבצע על פי הקריטריונים הבאים:

- האלגוריתם: סבירות ההנחות, עומק הנימוקים, ואיכות התוצאות – 60%
- הד"ח המסכם של הפרויקט – 25%
- ההצגה הקבוצתית – 15%

שונות

1. הפרויקט יבוצע בקבוצה של שניים עד שלושה סטודנטים. בשום מקרה לא יינתן אישור לקבוצה גדולה ממספר זה.
2. הגשת ד"ח הפרויקט והקבצים הנלווים (קבצי הקוד) תתבצע במקום המיועד באתר ה-moodle עד לתאריך 26.12.22 בשעה 23:55.
3. רשימות השליפה יפורסמו ב-27.12.22. הגשת התוצאות הנומריות (טבלה וקובצי פלט) תתבצע במקום המיועד באתר ה-moodle עד לתאריך 29.12.22 בשעה 23:55.
4. תאריכי ההצגות יקבעו לקראת סוף הסמסטר בתיאום עם הועד.