

תרגול 1

1. חדר אוכל.

א. חדר אוכל בחברה בה מועסקים 100 עובדים, בממוצע כל 2 דקות ($\exp(0.5)$) עובד יוצא להפסקת אוכל. זמן האכילה מתפלג נורמאלית $N(2,15)$ דקות. לאחר שעובד מסיים לאכול הוא ישר חוזר לעבוד.

מנהל החברה מעוניין לדעת כמה אנשים בממוצע ישו בחדר האוכל?

ב. בחדר האוכל יש גם מכונת קפה, כל עובד לפני שהוא חוזר לעבודה מכין לעצמו קפה. הכנת קפה לוקחת בדיוק 3 דקות.

מה התור הממוצע למכונת הקפה?

מה קורה אם יש שתי מכונות קפה?

2. פיצריה.

לקוחות מגיעים לפיצרייה בזמן בין מופעים של ($\exp(0.5)$) דקות. הלקוחות מתלבטים איזה פיצה לקנות (30) שניות. משלמים על הפיצה אצל המוכר זמן שירות מתפלג אחיד $U(80,130)$ שניות, יושבים ואוכלים זמן שמתפלג נורמאלית $N(1,5)$ דקות, לאחר שמסיימים לאכול הולכים הביתה. הריצו סימולציה לפי 500 לקוחות.

מה התור הממוצע למוכר?

תרגול 2

שאלה 2.1 חדר אוכל

נתוני השאלה

1. בחברה בה מועסקים 100 עובדים, עובדים יוצאים לחדר האוכל בזמן בין מופעים של 1 עובד בכל 2 דקות (אקספוננציאלי). זמן האכילה מתפלג נורמאלי עם ממוצע 10 דקות וס"ת 2 דקות. כל עובד מכין לעצמו קפה באחת מ-2 מכונות הקפה (הכנת קפה לוקחת בדיוק 3 דקות) וחוזר לעבודה.
2. במפעל יש גם 12 מנהלים בכירים. המנהלים יוצאים להפסקת האוכל בפילוג מעריכי עם זמן בין מופעי של 10 דקות. זמן האכילה שלהם מתפלג משולשית $T(19,25,30)$, כאשר משך הכנת קפה של המנהלים זהה לזו של העובדים, אך יש להם עדיפות בתור למכונת קפה.
3. בחדר האוכל יש גם עמדה להכנת חביתות. את החביתות מכין מלצר עם משך הכנה שמתפלג $T(2,3,5)$ דקות. כל עובד (לא מנהל) מחליט, לאחר שהוא נכנס לחדר האוכל, האם הוא רוצה חביתה בהסתברות של 70%-כן, 30%-לא. בנוסף, ידוע שכל עובד שאכל חביתה, לאחר שהוא מסיים לאכול חוזר ולוקח עוד חביתה אחת בלבד, אוכל את החביתה השנייה וממשיך למכונת הקפה.

שאלה

4. ניתן להוסיף מלצר או מכנת קפה באותה עלות. אילו מהשניים כדאי יותר להוסיף?

שאלה 2.2 פיצרייה

נתוני השאלה

1. לקוחות מגיעים לפיצרייה בזמן בין מופעים של $\exp(0.5)$ דקות. הלקוחות מתלבטים במשך 30 שניות איזה פיצה לקנות. לאחר הם משלמים ומקבלים את הפיצה מהמוכר עם זמן שירות מתפלג אחיד $U(80, 130)$ שניות. הם יושבים ואוכלים בזמן שמתפלג נורמאלי $N(1,5)$ דקות. הריצו סימולציה לפי 500 לקוחות.
2. לאחר התשלום כל לקוח מחליט האם הוא מעוניין לקחת את הפיצה ב Take Away או לאכול את הפיצה בפיצרייה.
3. הנהלת הפיצרייה גילתה בסקר צרכנים שרק לקוחות מעשנים לוקחים Take away. ידוע ש 100 מתוך 500 הלקוחות הם מעשנים, עם קצב הגעה של לקוח 1 כל 3 דקות (מעריכי).

שאלה

4. מהו אורך תור ההמתנה להכנת הפיצה?

תרגול 3

שאלה 3.1 - המשך חדר אוכל

1. מודל בסיסי:

בחדרה עובדים יוצאים לחדר האוכל החל מהשעה 12:00. זמן האכילה מתפלג $N(2, 10)$ דקות. לאחר האוכל כל עובד מכין לעצמו קפה בדיוק 3 דקות, במכונת הקפה היחידה* וחוזר לעבודה. * שימו לב שהפעם אין מגבלת עובדים ושיש מכונת קפה אחת בלבד!

2. בלוק Split:

כל אחד מ 12 המנהלים יוצא להפסקה ביחד עם הצוות שלו במופע פואסוני עם זמן בין מופעי של 15 דק'. למנהל ולצוות שלו לוקח 5 דקות לרדת לחדר אוכל (לגבי גודל צוות ראה סעיף 3).

3. שילוב Table function בבלוק Split:

מספר העובדים בכל אחד מ 12 הצוותים מתפלגת דיסקרטית לפי טבלת ההסתברות הבאה:

גודל	הסתברות
2	0.1
3	0.4
4	0.3
5	0.2

4. הרחבת השימוש בשדות קוד (Actions) ובמשתנים:

כאשר יש יותר מ-4 עובדים בתור למכונת הקפה פותחים עוד מכונה.

כאשר יש פחות משני עובדים בתור חוזרים למכונה אחת.

5. הדפסה למסך + שאלה:

הדפיסו למסך את זמן היציאה מהחדר אוכל של כל סוכן, את מספר השוהים בחדר האוכל (אוכלים + קפה) ואת מספר העומדים בתור לקפה, ברגע יציאת הסוכן מחדר האוכל.

6. שאלות:

מהו המספר המקסימלי של שוהים בחדר האוכל (אוכלים + קפה)?

מנהל חדר האוכל מעוניין לדעת כמה כיסאות צריך למקם בחדר האוכל כדי לנסות ולמנוע מצב של עובד שלא יהיה לו מקום לשבת ולאכול?

פתרון 3.1

מקסימום שוהים בחדר האוכל (אוכלים + קפה) = 15

מקסימום יושבים לאכול ברגע נתון = 11

שאלה 3.2 - יום הסטודנט

אירועי יום הסטודנט הם חגיגה גדולה וכדי להיערך לאירוע בהתאם התבקשתם לבנות מודל סימולציה לפי נתוני העבר שממנו יוכלו המארגים להפיק לקחים. סטודנטים מגיעים בקבוצות קטנות אל מתחם מסיבת יום הסטודנט במופע פואסוני של 24 בשעה (לגבי גודל כל קבוצה ראו המשך).

כל קבוצה ניגשת למוכר הכרטיסים היחיד, שזמן השירות שלו מתפלג $T(1, 2.5, 3.5)$ דקות. לאחר שרכשו כרטיסים הם נכנסים למתחם המסיבה, כאשר מרגע זה כל סטודנט הולך לדרכו. סטודנטים מגיעים תמיד בקבוצות שגודלן נע בין 2 ל-5 עפ"י ההתפלגות הבאה:

גודל	הסתברות
2	0.2
3	0.5
4	0.2
5	0.1

לפי ניסיון העבר סטודנטים שוהים במתחם בין 40 60 דקות עם סיכוי שווה לכל הטווח. לאחר שהסטודנט מסיים את שהותו במתחם הוא הולך הביתה. בהפקה הבחינו שקבוצה של סטודנטים שרואה תור ארוך בקופות (מעל 3 קבוצות) מתייאשת והולכת הביתה.

שאלה:

הריצו את המודל עד להגעת 200 קבוצות. כמה קבוצות ילכו הביתה ללא קניית כרטיס?

הדפסה למסך (אופציונלי):

הדפיסו למסך את זמן היציאה מהמסיבה, את כמות האנשים במסיבה ואת כמות הקבוצות בתור עבור כל ישות ברגע שהיא יוצרת מהמודל.

פתרון 3.2

160 מתוך 200 קבוצות ילכו הביתה ללא קניית כרטיס

תרגול (1)4 – משאבים

Blocks:

Resource Pool

Seize

Release

Service

1. א. אחות מעקב הריון בקופת חולים מקבלת מטופלות. מטופלת מגיעה בממוצע כל 10 דקות ונרשמת בדלפק הקבלה (בדיוק 2 דקות) ונכנסת לאחות. האחות מבצעת בדיקת אולטראסאונד שאורכת $T(10,15,20)$ דקות. לאחר הבדיקה המטופלת קובעת תור חדש במשרד הקבלה (שתי דקות) ויוצאת מהמרפאה. הרצה על 100 מטופלות.
ב. לטובת ניתוח המשך יש לייצא את הערכים הבאים עבור כל מטופל: מספר מזהה, זמן הגעה, זמן יציאה ואורך התור לרישום בקבלה בעת הגעה למערכת.

2. א. תהליך הדבקת סוליה במפעל סנדלים עובד בצורה הבאה:
סנדל מגיע על סרט נע כל 1.8 דקות עובד לוקח את הסנדל ומנקה אותו באמצעות לחץ אוויר $T(0.5,1,1.5)$, ומדביק את הסוליה $U(0.5,1)$ דקות לאחר מכן העובד בודק אם הסנדל מודבק כהלכה. במקרה ולא (הסתברות של 5%) הוא מורח עוד דבק (שוב $U(0.5,1)$). הרצה על 100 סנדלים.

מה הנצילות של העובד?

תשובה: 96%.

תרגול 4(2)

בסניף של חברת הסלולר "כתום" מצבת כח האדם היא כזאת:

נציג	כמות
מכירת פלאפונים	2
חבילות סלולר	2
נציגים טכניים	4

לקוחות מגיעים בזמן בין מופעים של $\exp(10)$ שעות. כאשר לקוח מגיע יש סיכוי של 20% שהוא הגיע כדי לשדרג 10% כדי לקנות פלאפון, 30% בשביל שירות לקוחות ו- 40% שהוא בא כדי לאסוף פלאפון מתיקון.

- לקוח שבא לשדרג הולך לאחד מנציגי החבילות ($T(8,16,20)$ דקות), לקוח שבא לקבל שירות הולך לשירות הלקוחות (אותו מאיישים הנציגים הטכניים, $T(12,17,21)$ דקות), לאחר שמסיימים הולכים מיד הולך הביתה.
 - לקוח שבא לקנות מכשיר הולך לנציג מכירת מכשירים ($T(10,15,22)$) ולאחר מכן מיד הולך לנציג חבילות (אותם נציגים שהוזכרו בנקודה הקודמת) שיארגן לו חבילת שיחות למכשיר החדש, לאחר מכן הולך הביתה.
 - לקוח שבא לקחת מכשיר מתיקון ממתין בתור לאיסוף מכשירים. מסירת מכשירים מתיקון גם נעשית ע"י הנציגים הטכניים אבל הזמן שלוקח לאסוף מכשיר הוא $EXP(5)$ דקות.
- בנו מודל שמתאר את פעילות הסניף והריצו אותו על הגעה של 500 לקוחות. יש להקפיד על הגדרה של משאבים שהם סוכנים רק במקרים שזה נחוץ.
1. מה הנצילות של כל אחד משלושת סוגי הנציגים?

תשובה:

מכירות-23%

חבילות-34%

טכני- 21%

תרגול 5 – בדיקת חלופה אופטימלית

תרגיל הבית מתיחס לבעיה דומה לבעיה הסלולרית מתרגול 4,

אך שונה קצת בנתונים (**מודגש עם קו מתחת**).

בסניף של חברת הסלולר "כתום" מצבת כח האדם היא כזאת:

נציג	כמות
מכירת פלאפונים	2
חבילות סלולר	2
נציגים טכניים	2

לקוחות מגיעים כל 6 דקות. כאשר לקוח מגיע יש סיכוי של 20% שהוא הגיע כדי לשדרג 10% כדי לקנות פלאפון, 30% בשביל שירות לקוחות ו- 40% שהוא בא כדי לאסוף פלאפון מתיקון.

- לקוח שבא לשדרג הולך לאחד מנציגי החבילות ($T(8,16,20)$ דקות), לקוח שבא לקבל שירות הולך לשירות הלקוחות (אותו מאיישים הנציגים הטכניים, $T(12,17,21)$ דקות), לאחר שמסיים מיד הולך הביתה.
 - לקוח שבא לקנות מכשיר הולך לנציג מכירת מכשירים ($T(10,15,22)$) ולאחר מכן מיד הולך לנציג חבילות (אותם נציגים שהוזכרו בנקודה הקודמת) שיארגן לו חבילת שיחות למכשיר החדש, לאחר מכן הולך הביתה.
 - לקוח שבא לקחת מכשיר מתיקון ממתין בתור לאיסוף מכשירים. מסירת מכשירים מתיקון גם נעשית ע"י הנציגים הטכניים אבל הזמן שלוקח לאסוף מכשיר הוא $T(2,5,8)$ דקות.
- נתון/מצ"ב קובץ פתרון מודל שמתאר את פעילות הסניף ורץ בלי הגבלת לקוחות, אך בהקבלת זמן **1000** שניות.

הפתרון מציג שימוש ב- Time Measurement עבור איסוף זמנים שונים, גרף היסטוגרמה של משך זמן לאיסוף תיקון (להכרות בלבד).

ניתן להריץ את ה- simulation לראות את המודל רץ.

(א) העזרו בדוגמה של תרגיל הכיתה, כדי להריץ את המודל בחלופות שונות:

a. commonUpg - חלופות לזמן "הסביר" (MostLikely) עבור שירות הלקוחות

b. commonPku - חלופות לזמן "הסביר" (MostLikely) עבור איסוף מתיקון

בנו את הניסוי ParameterVariation עבור שילוב החלופות 15-19 commonUpg , 3-7 commonPku , שניהם בקפיצות של 1 (כלומר 15,16,17,18,19 \ 3,4,5,6,7).

** לזכור, להגדיר **Random seed**: Randomness

מספר הטכנאים נשאר **2**, מס רפליקציות **10**

לא מתייחסים לקובץ אקסל, לא שולחים לשום קובץ (CSV או XLS) או הקוד בסוף (צריך להיפטר).

העזרו ב-2 בלוקי statistics כדי לקבל ממוצא זמן

בנו ניסוי עבור בחינת חלופות, כאשר שירות הלקוחות (Upg) ו- איסוף מתיקון (Pku).

תשובה (א): מכירות (Upg) 17.3% , חבילות (Pku) 5.72%

(ב) חשבו את נצילות הטכנאים, עבור 2 / 3 / 4

הוסיפו ניסוי ParameterVariation_2 חדש, בתוך הפרויקט, עם שם שונה, עבור הרצה עם
commonUpg=17 , commonPku=5 ו- numOfTechnicians=2 , מספר רפליקציות **40**.

יצרו ניסויים נוספים עבור 4 / 3 / 2 טכנאים בהתאמה. ניתן לקבל ניצולת ממוצעת של הרפליקציות דרך בלוק
סטיסטיקה.

תשובה (ב):

נצילות 2 טכנאים 57.8%

נצילות 3 טכנאים 38.4%

נצילות 4 טכנאים 29.2%

תרגול 6

Blocks:	Elements:	Functions:
Hold	Event	Source.inject() Hold.block() / Hold.unblock()

1. בחנות מוכרים מוצר מסוים.

א. לקוחות מגיעים במופע פואסוני עם לקוח בשעה,

- הביקוש של כל לקוח מתפלג אחיד דיסקרטי בין מוצר 1 ל-5 מוצרים.
- רמת המלאי ההתחלתי בחנות – 0.
- אחת ליום עבודה (8 שעות) מגיע משלוח של 15 יח' מהמוצר (מופע קבוע).
- לקוח קונה את כל מה שהוא רוצה או שהוא מחכה שיתחדש המלאי.
- תהליך בחירת המוצרים והקניה לוקח $T(8,15,20)$ כאשר יש מוכר אחד בחנות.
- יש להריץ על 100 לקוחות.

כמה לקוחות בממוצע היו צריכים לחכות?

16.492

ב. כאשר רמת המלאי מגיעה ל-4 יח' (ומטה), יוצא פקס' לספק לשלוח עוד 15 יחידות.

בתחילת הסימולציה יש 15 יח' במלאי.

למשלוח לוקח שלוש שעות להגיע. יש להריץ על 24 שעות (1440 דקות).

כמה לקוחות בממוצע היו צריכים לחכות הפעם?

0.065

2. סופר שכונתי נפתח בשמונה בבוקר.

בסופר יש שתי עמדות -מעדניה וקצביה.

כל לקוח שנכנס לסופר אוסף את המוצרים שהוא צריך מהמדפים $U(10,15)$ דקות ובהסתברות של 40% הולך לדלפק המעדניה או 60% לדלפק של הקצביה. זמן השירות במעדניה ובקצביה כל אחת הוא $T(2,3,4)$ דקות.

בסופר יש שלושה עובדים שמאיישים את המעדניה והקצביה. יש להריץ על עשר שעות.

- החל מ-7:45 מגיעים לקוחות לסופר (שלוש לקוחות בדקה).
- כל שעה עגולה מנהל המשמרת עושה סיבוב (לוקח לו בדיוק שתי דקות) שבסופו אומר לעובדים לתעדף את העמדה עם התור הגבוה יותר למשך 20 דקות.

מה נצילות העובדים?

95%

תרגול 7(1)

Blocks:

1. **Combine**- Waits for two agents to arrive, produces a new agent and outputs it.
If The resulting agent is "completely new" the attributes of the originals are destroyed.
2. **Match**- Synchronizes two streams of agents by matching pairs according to a given criteria.
Match condition: `agent1.attribute==agent2.attribute`

** To preserve original attributes in Split block:
`actions>>on exit copy: agent.attribute=original.attribute;`

1. בארצנו זוגות המעוניינים להינשא, נרשמים ברבנות

הזוגות מגיעים לרבנות במופע פואסוני עם קצב של זוג בשתי דקות.

כל זוג ניגש לפקיד לפתיחת תיק.

יש פקיד אחד. זמן פתיחת התיק הינו 1 דקות.

לאחר הרישום ממשיכים הזוגות להתייעצות עם רב ורבנית. הגבר פונה לרב והאישה לרבנית.

זמן השיחה עם הרב מתפלג נורמאלית עם תוחלת של 12 דקות וס"ת של דקה.

זמן השיחה עם הרבנית מתפלג נורמאלית עם תוחלת של 8 דקות וס"ת של דקה.

יש 5 רבנים ו-5 רבניות

לאחר מכן יוצאים הגבר והאישה וממתינים זה לזו או להיפך.

כשהם נפגשים הם פונים לאחד מהפקידים בכניסה משלמים **ביחד**.

זמן התשלום הוא חצי דקה קבוע.

יש להריץ ל-10 שעות.

א. הצג בגרף את הזמן (ציר ה-X) מול מספר הגברים בתור אצל הרבנים.

לפי שיפוט ויזואלי, חמישה רבנים מצליחים לשרת את הגברים המגיעים בצורה טובה?

לא, ניתן לראות מספר האנשים בתור כל הזמן בעליה.

ושישה רבנים?

כן, ניתן לראות שעכשיו אורך התור פועל בצורה מחזורית.



תרגול (27)

לנשקיה של בסיס טירונים בה"ד 12345 מגיעים כלי נשק המגיעים לתיקון מהחייילים, במופע עם זמן בין מופעי המתפלג מעריכית עם תוחלת של 10 דקות.

בבסיס קיימים ארבעה סוגי כלי נשק:

אחוז מהנשקים	כלי נשק
45	קרבין
25	עוזי
20	מאג
10	מוסקט

הטירון ממתין עד שפקיד הקבלה מתפנה אליו. הפקיד לוקח את הנשק וחותרם לטירון על טופס זיכוי זמני ומשחרר את הטירון לאימוניו (הטיפול בטירון נמשך זמן של 7 דקות קבוע). הטירון חוזר מהאימונים תוך זמן המתפלג נורמאלי עם תוחלת של שעה וחצי וסטיית תקן של 10 דקות.

כלי הנשק נערמים בחדר הכניסה לנשקיה, שם מפרק אותם הנשק האחראי על פירוק. זמן הפירוק קבוע – 4 דקות. הפירוק כולל הפרדה בין הנשק עצמו לבין הקנה.

הנשק עצמו מועבר לניקוי וגירוז. זמן הניקוי והגירוז קבוע – 16 דקות. הניקוי והגירוז מתבצע על ידי מגרז מוסמך.

בינתיים הקנה מועבר לטכנאי קנים לישור. זמן ישור הקנה מתפלג נורמאלי עם תוחלת של 13 וס"ת של 3 דקות. כמובן שהטכנאי אינו יכול ליישר בו זמנית יותר מאשר קנה אחד.

כשהקנה מסיים את הישור מרכיבים אותו על כלי נשק. ניתן להרכיב את הקנה על כל כלי נשק (לאו דווקא הנשק ממנו פורק), אולם כמובן שאי אפשר להרכיב קנה של קרבין על עוזי וכו'. כל קנה מורכב אך ורק על סוג הנשק אליו הוא שייך. זמן ההרכבה זניח ואינו צורך אף משאב.



קיימים מספר עובדים בנשקיה: פקיד קבלה אחד. נשק מפרק אחד, שני מגרזים מוסמכים

ושני מיישרי קנים.

כשחוזר הטירון הוא מקבל את הנשק האישי שלו (עם קנה, לאו דווקא שלו). אם הנשק טרם תוקן הוא ממתין לו, עד שיתוקן.

בנה/י מודל המתאר את פעילות הנשקיה, הרץ/י אותו ל-100 שעות וענה/י על השאלות הבאות:

- מה הזמן הממוצע של המתנת טירון לנשק ולהיפרך?
- הצג בגרף את הזמן (ציר ה-X) מול מספר החייילים שמתאמנים ומספר הנשקים בנשקיה (ציר ה-Y). האם מהסתכלות בגרף ניתן לענות על חלק משאלה א?