**פרויקט סימולציה**

**מרפאה לבריאות סרטן השד**



מגישים:

מתן קולפניצקי 204683213

ברק לובנשטיין 203625355

עמרי צור 305284614

תוכן עניינים

[2. תקציר 2](#_Toc534729785)

[3. מבוא 2](#_Toc534729786)

[3.1. תיאור המערכת הנחקרת- 2](#_Toc534729787)

[3.2. מטרות 3](#_Toc534729788)

[4. מודל סימולציה 3](#_Toc534729789)

[4.1. תיאור המודל- 3](#_Toc534729790)

[4.2. הנחות - 5](#_Toc534729791)

[5 ניתוח מצב קיים ביחס למדדים ולמטרות 6](#_Toc534729792)

[5.1 בחירת מדדים לניתוח 6](#_Toc534729793)

[5.2 סוג המערכת 7](#_Toc534729794)

[5.3 ניתוח מצב קיים ביחס למדדים ולמטרות 7](#_Toc534729795)

[5.4 תיאור החלופות 8](#_Toc534729796)

[5.5 השוואה סטטיסטית בין מצב קיים לחלופות מוצעות 10](#_Toc534729797)

[6. מסקנות 10](#_Toc534729798)

[7. נספחים 11](#_Toc534729799)

[נספח 1- נתונים 11](#_Toc534729800)

[נספח1.1– נתוני טיפול ממוגרפיה 11](#_Toc534729801)

[נספח 1.2– נתוני טיפול אולטרסאונד 11](#_Toc534729802)

[נספח 1.3– נתוני התפלגות נבדקות המאושפזות בבית חולים 11](#_Toc534729803)

[נספח 1.4– נתוני התפלגות נבדקות "סימון" 11](#_Toc534729804)

[נספח 1.5 – נתוני התפלגות נבדקות "סקר" 12](#_Toc534729805)

[נספח 1.6– נתוני התפלגות נבדקות נשאיות BRCA 12](#_Toc534729806)

[נספח 1.7– יציאת הפסקות של טכנאי ורופא 12](#_Toc534729807)

[1.8- התאמת התצפיות להתפלגות נורמלית 12](#_Toc534729808)

[נספח 2– תכונות ישויות 16](#_Toc534729809)

[נספח 2.1 – התפלגות חלוקה לבדיקות 16](#_Toc534729810)

[2.2 - זמן מילוי טופס 17](#_Toc534729811)

[3.1 - תיאור גרפי של אזור הדימות במרפאה 17](#_Toc534729812)

[3.2 – סוגי נבדקות 17](#_Toc534729813)

[נספח 4-חלופות אפשרויות ועלויות. 17](#_Toc534729814)

[4.1 פונקציית זמן מילוי טופס: 18](#_Toc534729815)

[4.2 – פונקציה למציאת התור הכי קצר: 18](#_Toc534729816)

[4.3 – פונקציית הגדרת תכונות לנבדקת: 18](#_Toc534729817)

[5.1 – פונקציית חישוב אורך תור ממוצע: 19](#_Toc534729818)

[5.2 מספר ריצות נדרש באמצעות דיוק גס: 20](#_Toc534729819)

[5.3 בדיקות נכונות המודל: 20](#_Toc534729820)

[5.4 ערכי מדדים 23](#_Toc534729821)

[5.5 נספח מבחן Welch 25](#_Toc534729822)

# 2. תקציר

בפרויקט זה אנו התבקשנו לחקור את פעילות "מרפאת מירב", מרפאה לבריאות השד. במרפאה זו עוסקים באבחון רפואי וגילוי מוקדם של סרטן השד, מטרת הפרויקט הינה לייעל ולהגדיל את תפוקת מחלקת הדימות ומטרת הסימולציה הייתה בחינת חלופות שונות לפי מדדים שנבחרו בהתאם לתקציב של 100,000 ₪. בתחילת הפרויקט ביצענו מידול למחלקת הדימות כפי שמתנהלת כיום, לאור מצב זה הוחלט לבחון שלושה מדדים שונים: אורך תור ממוצע למזכירה, אחוז המסיימים את היום במחלקה וזמן שהייה ממוצע במחלקה עבור מטופלת. בחקר המצב הקיים קיבלנו שאורך תור ממוצע למזכירה גבוה מאוד ועומד על 259.19 אנשים במהלך היום, אחוז המסיימים הוא נמוך ועומד על 25.4% וזמן שהייה ממוצע במערכת הוא 395.65 דקות, כמעט יום עבודה שלם לנבדקות. בחלופה הראשונה הוספנו מזכירה וחדר ממוגרפיה בעלות של 90,000 ₪, אורך התור הממוצע למזכירה ירד ל - 176.07 אנשים אחוז המסיימים את היום עלה ל- 33.52% וזמן שהייה ממוצע במערכת ירד ל- 347.75 דקות. בחלופה השנייה הוספנו חדר ממוגרפיה וטכנאית מתאמת כלומר, הטכנאית הראשונה שמתפנה היא הטכנאית שמטפלת בנבדקת, בעלות של 100,000 ₪. בחלופה זו אורך התור הממוצע למזכירה עלה ל- 267.32 אחוז מספר המסיימים עלה ל- 28.22% וזמן שהייה ממוצע במערכת ירד ל- 348.19 דקות. על מנת לבחון את החלופות השונות השתמשנו במבחן Welch, מספר ההשוואות שביצענו הוא 9 בכדי להשוות כל מדד למצב הקיים ולחלופה. לאחר בחינת החלופות נמצא כי חלופה 1 עדיפה על המצב הקיים ועל חלופה 2 מבחינת מדד אורך תור ממוצע למזכירה ומדד אחוז המסיימים, כמו כן מדדים אלו תואמים את מטרת הפרויקט ולכן בחרנו להמליץ על חלופה זו.

# 3. מבוא

### 3.1. תיאור המערכת הנחקרת-

בפרויקט זה ביצענו מידול וניתוח של מרפאה לבריאות סרטן השד, מרפאת מירב. המרפאה נותנת מגוון שירותים כגון בדיקות דימות, כירורגיית שד, MRI ועוד. לשם כך השתמשנו בתוכנת הRStudio וכלי Markdown למטרת מידול וניתוח. במרפאה הוחלט לבחון אפשרויות שונות לייעול התנהלות הצוות במהלך יום עבודה. המרפאה פעילה חמישה ימים בשבוע בשעות 08:00-13:00 כאשר ב13:00 מתבצעת סגירת דלתות, כלומר, לא נכנסות מטופלות חדשות אך המקום ממשיך לשרת את המטופלות הנמצאות במקום , לכל המאוחר עד השעה 00:00. בפרויקט זה אנו סוקרים רק את אזור הדימות במרפאה([נספח 3.1](#_תיאור_גרפי_של)). במחלקה זו של המרפאה ניתנים השירותים הבאים:

1. בדיקת ממוגרפיה- בדיקה המשתמשת בקרני רנטגן ומיועדת לזיהוי ואבחון מוקדם של רקמות חשודות באזור החזה.
2. בדיקת אולטרסאונד- בדיקת אולטרה סאונד משמשת לדימות של שרירים ורקמות רכות, והיא שימושית ברפואה לסריקת איברים.
3. בדיקה משולבת- ישנן נבדקות הנדרשות לבצע את שתי הבדיקות, אשר מתחילות בממוגרפיה ולאחר מכן אולטרסאונד.

בכל משמרת עובדות ארבע רופאות, 4 טכנאיות ומזכירה אחת. כל רופאה מצוותת לטכנאית ספציפית שעובדת יחד עמה ולהן רשימה קבועה המתקבלת בכל תחילת משמרת של נבדקות, כאשר שיבוץ הנבדקות לצוות של רופאה וטכנאית מתבצע בכל יום מחדש. ישנן ארבעה סוגי נבדקות ([נספח 3.2](#_תיאור_הנבדקות_–)).

### 3.2. מטרות

מטרת הארגון- הארגון הינו ללא מטרות רווח. מטרותיו הם לספק אבחון מקצועי בדגש על רפואה מונעת וגילוי מוקדם של סרטן השד.

מטרת הפרויקט- ייעול תהליכים במחלקת הדימות במרפאה, במטרה להגדיל את תפוקת המרפאה. על מנת להגדיל את התפוקה נבחרו שלושה מדדים אותם נפרט בהמשך, נשאף להביא את שלושתם לאופטימום בהתאם לתקציב שניתן.

מטרות סימולציה- בהתאם לתקציב המרפאה, בדיקת המדדים השונים בהתאם לחלופות השונות. המדדים אותם בחרנו הם : זמן שהיה במערכת, אורך תור ממוצע, פרופורציית האנשים שמתחילים שירות ומסיימים.

# 4. מודל סימולציה

### 4.1. תיאור המודל-

במידול מערכת המרפאה השתמשנו בחבילת Simmer בתוכנת Rstudio ובה יצרנו מספר משאבים, מסלולים וישויות שחלקן קיבלו תכונות.

במודל הסימולציה הישויות הינם; ארבעה סוגי נבדקות, ישות המשמשת לדימוי זמן ההתארגנות, ישויות המדמות את הפסקות הרופאות והטכנאיות. המשאבים הינם; מזכירה , 4 רופאות, 4 טכנאיות המסוגלות לטפל במטופל אחד בכל פעם , חדר אולטרסאונד עם קיבולת 4 וחדר ממוגרפיה עם קיבולת של 2 בכל פעם. יצרנו ישות בשם setclinic המגיעה בזמן 0 , ותופסת את כל הרופאות והטכנאיות בזמן שמתפלג נורמלית([נספח 1.8](#_נספח_5-_התאמת)), בהמשך כל ישויות הנבדקות מגיעות בזמנים המתפלגים כפי שצוין ([נספח 1.3 עד 1.6](#_נספח_3.1.7_–)) ונכנסות למסלול secretary (מזכירה), שם הן מקבלות תכונות על התפלגות זמן מילוי הטופס אצל המזכירה ([נספח 2.2](#_נספח_2.2.7_-)) לאחר מכן נשארות בטיפול אצל המזכירה בזמן המתפלג משולשית triangle(3,7,5). מתן תכונות אלו נעשה על ידי קריאה לפונקציה חיצונית הנקראת " formTime" ([נספח 4.1](#_4.1_פונקציית_זמן)).

לאחר מכן , הנבדקות מקבלות תכונות של סוג הטיפול אותו הן מתכוונות לעבור( ממוגרפיה, אולטרסאונד או שילובם ) ושיבוץ לצוות הרפואי(רופאה וטכנאית) בהתאם להתפלגויות הנתונות

( [נספח 1.3](#_נספח_3.1.7_–)) , כאשר נבדקות מסוג 'מאושפזות' מקבלות שיבוץ לתור המהיר ביותר על ידי קריאה לפונקציה חיצונית בשם get\_shortest\_Q([נספח 4.2](#_4.2_–_פונקציה)) אשר בודקת את נצילות שאר התורים ומחזירה את מספר התור הקצר ביותר. הענקת תכונות אלו נעשה באמצעות פונקציה חיצונית בשם attFunc([נספח 4.3](#_4.3_–_פונקציית)).

מכאן הישויות מתפצלות כל אחת עבור מסלול הבדיקה הרלוונטי. הישויות ימתינו בחדר ההמתנה עד אשר יגיע תורם לטיפול אליו הגיעו, כלומר כאשר הטכנאית אליה הם משובצים מתפנה. נבדקות מסוג סימון יהיו בעלות עדיפות גבוהה יותר בכל התורים, כלומר יכנסו לפני כל שאר הנבדקות בתור אליהן הם מחכות.

**מסלול memo-** מסלול המייצג בדיקת ממוגרפיה. ראשית הישויות תופסות את משאב הטכנאית בהתאם לשיבוץ אותן קיבלו ולאחר מכן תופסות את משאב חדר הממוגרפיה. הטכנאית מכינה את הנבדקת לבדיקה בזמן המתפלג גמה ([נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) ומבצעת את הצילומים. לאחר מכן משחררת את הטכנאית ותופסת את הרופאה לפענוח הצילומים בזמן המתפלג אחיד([נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)), בסיום טיפול הפענוח נשחרר את הרופאה ואת חדר הממוגרפיה. כאשר התוצאות מוכנות, נתפוס את הטכנאית בזמן המתפלג אחיד( [נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) לשם הבאת התוצאות לנבדקת. ישנן ישויות אשר צריכות לעבור את הטיפול מחדש, בהתאם לטיב תוצאות הצילומים. את נבדקות אלו נשלח למסלול secondmemo על מנת למדל את ההגדרה כי ישות תעבור לכל היותר רק פעמיים את מסלול הממוגרפיה. בנוסף, נתון כי הבאת התוצאות על ידי הטכנאית היא בעדיפות גבוהה על פני שאר המשימות , לשם כך העלנו בשלב זה את העדיפות עבור הישות, והורדנו אותה לאחר שחרור הטכנאית. במידה ואין צורך בבדיקה נוספת, ניתן לישות את התכונה "סיימה".

**מסלול ultra-** מסלול המייצג בדיקת אולטרסאונד. הישויות תופסות את משאב הטכנאית ולאחר מכן תופסות את משאב חדר האולטרסאונד בזמן המתפלג גמה ([נספח 1.2](#_נספח_2.1.7–_נתוני)) לשם הכנה לקראת בדיקה, לאחריה נשחרר את הטכנאית. לאחר מכן תופסות את הרופאה בזמן המתפלג גמה ([נספח 1.2](#_נספח_2.1.7–_נתוני)) לביצוע ופענוח התצלום. לאחר מכן נשחרר את חדר האולטרסאונד ונתפוס את משאב הטכנאית לשם מתן תשובה סופית לנבדקת. גם במקרה זה העלנו את עדיפות הישות בשלב נתינת התשובה הסופית לנבדקת והחזרנו לאחר שחרור הטכנאית. בסופו ניתן לישות את התכונה "סיימה".

**מסלול memoUltra-** מסלול המייצג בדיקה משולבת , כלומר בדיקת ממוגרפיה ולאחר מכן בדיקת אולטרסאונד. הישויות תופסות את משאב הטכנאית ולאחר מכן את משאב חדר הממוגרפיה. הישויות תופסות את הטכנאית בזמן המתפלג גמה( [נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) . לאחר סיום עבודתה של הטכנאית נשחרר את הטכנאית ואת חדר הממוגרפיה. לאחר מכן נתפוס משאב הטכנאית ואת משאב חדר האולטרסאונד. הטכנאית תכין את חדר הבדיקה בזמן המתפלג גמה( [נספח 1.2](#_נספח_2.1.7–_נתוני)), בסיום הכנת החדר נשחרר את הטכנאית ונתפוס את הרופאה המתאימה בהתאם לשיבוץ. בזמן זה נתפוס את משאב הרופאה על מנת לבצע את בדיקת האולטרסאונד ולפענח את בדיקות הממוגרפיה והאולטרסאונד. לאחר מכן נשחרר את הרופאה ואת חדר האולטרסאונד. הישות תתפוס את הטכנאית לשם מתן תוצאות הבדיקות בזמן המתפלג ([נספח 1.2](#_נספח_2.1.7–_נתוני)). גם במקרה זה נעלה זמנית את עדיפות הישות ונוריד חזרה לאחר שחרור הטכנאית. בסיכויים של 30% נשלח את הישות לבדיקה ממוגרפיה חוזרת (מסלול memo2). במידה ואין צורך בבדיקה נוספת, ניתן לישות את התכונה "סיימה".

**מסלול secretary-** מסלול המייצג את התהליך אותו עוברת כל ישות אצל המזכירה. במסלול זה ניתן ערכים לישויות של זמן מילוי הטופס המתפלג([נספח 2.2](#_נספח_2.2.7_-)) ,תכונה של "סיים/לא סיים" לשם בדיקות המדדים בהמשך, ומספר המסמל את סוג הנבדקת. תכונות אלו מתקבלות על ידי פונקציה חיצונית. כל ישות ממלאת את הטופס לפי הערך שהוגרל. לאחר סיום מילוי הטופס, הישות תתפוס את משאב המזכירה לזמן המתפלג triangle(3,7,5) ותקבל תכונות של סוג הבדיקה אותה היא תעבור, ואת ציוות הצוות הרפואי. בהמשך תשלח לבדיקה בהתאם לתכונות שקיבלה.

**מסלול secondmemo -** מסלול המדמה את בדיקת הממוגרפיה השנייה. הישות תתפוס את הטכנאית ואת חדר הממוגרפיה. זמן טיפול הטכנאית מתפלג גמה([נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) , בסיום הטיפול נשחרר את הטכנאית ונתפוס את הרופאה המתאימה לזמן פענוח המתפלג אחיד([נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) , בסיום הפענוח נשחרר את הרופאה ואת חדר הממוגרפיה. נתפוס את הטכנאית המתאימה לזמן המתפלג([נספח 1.1](#_נספח_1.1.7_–)) למען מתן תשובות סופית. בסוף הבדיקה נגדיר לישות תכונה של "סיימה". גם במקרה זה העלנו את עדיפות הישות בשלב נתינת התשובה הסופית לנבדקת והחזרנו לאחר שחרור הטכנאית.

**מסלול setclinic-** מסלול המייצג את זמן הכנת המרפאה בכל יום עבודה. בכל תחילת יום עבודה, כלומר בזמן 0, נתפוס את כל הרופאים והטכנאיות לזמן המתפלג נורמלית לפי המדגם שקיבלנו ([נספח 1.8](#_1.8-_התאמת_התצפיות)) .

**מסלול techbreak1\docbreak1-** מסלול המדמה הפסקה של רופאה/טכנאית ([נספח 1.7](#_נספח_1.7–_יציאת)). במסלול זה הישויות מנסות לתפוס את הרופאה/טכנאית, מאחר והן בעדיפות וגבוהה. ברגע שהרופאה/טכנאית תסיים את משימתה, היא תתפוס אותו.

### 4.2. הנחות -

* המערכת הינה מערכת מסתיימת.
* אין מגבלה על כמות הנבדקות הממתינות בחדר הממתנה.
* אין תור למילוי השאלון, הנבדקת מגיעה ולוקחת טופס ולא מחכה בתור למזכירה.
* רק לאחר פענוח ניתן לראות האם צריך בדיקת ממוגרפיה בשנית.
* אין צורך לפענח את בדיקות הממוגרפיה של הנבדקות שממשיכות לבדיקת אולטרסאונד שבה הרופאה מבצעת את שני הפענוחים.
* נבדקת והטכנאית יגיעו ביחד לחדר הבדיקה ועל כן, קודם תפסנו את הטכנאית ולאחר מכן תפסנו את החדר (הטכנאית מלווה את הנבדקת לחדר).
* פענוח מתבצע בתוך החדר שבו נערכה הבדיקה על ידי הרופא ועל כן שחררנו את הרופא לפני ששחרנו את החדר.
* אי תלות בין ריצות מקבילות בשלושת המודלים(אמנם נקבע אותו SEED לכל מודל בכל ריצה אך זרם המספרים האקראיים המגיע לכל ישות משתנה כתלות בשינוי המודל) .
* אין תלות בין ריצות בכל מודל בפני עצמו (seed משתנה).
* לא ניתן להניח שוויון שונויות בין המודלים.
* כל המדדים מתפלגים נורמלית (ממוצע ופרופורציה).

# 5 ניתוח מצב קיים ביחס למדדים ולמטרות

### 5.1 בחירת מדדים לניתוח

בהתאם למטרות הפרויקט , נבחרו מדדים שמטרתם לקדם את הארגון ולייעל תהליכים במחלקת הדימות;

1. אחוז המסיימים: בחרנו לבדוק את מדד זה משום שמדד זה מראה באופן ישיר על יעילות המערכת, שכן נשים המגיעות לטיפול במרפאה נמצאות בסכנת חיים, ובמקרים רבים עיכוב של יום בגילוי של מחלה יכול להוביל להידרדרות מהירה.

כמובן שנרצה למקסם את מדד זה, בכדי להביא לכך שכמה שיותר מטופלות יקבלו מענה.

ערך המדד יחשוב באופן הבא-

1. אורך תור ממוצע למזכירה: לפי ניתוח המצב הקיים, מצאנו כי משאב המזכירה מהווה צוואר בקבוק לתהליך. תחת ההבנה כי כל ישות עוברת תחילה במסלול המזכירה מצאנו לנכון לבחור את מדד אורך התור הממוצע למזכירה כמדד שאנו רוצים למזער.

אנו מאמינים כי בהתאם למצב הקיים, מזעור מדד זה יתרום בצורה משמעותית לתהליך השירות הכללי במרפאה. ערך המדד חושב ע"י ממוצע משוקלל הכופל את כמות האנשים בתור, בזמן אותו הייתה אותה כמות אנשים וסוכם זאת על כל אורכי התור הרגעיים, מחולק בזמן הסימולציה. חישוב זה בוצע בR באמצעות פונקציה שניתנה לנו בתרגול ([נספח 5.1](#_נספח_5.1)).

1. זמן שהייה ממוצע במערכת: לכולנו ידוע עד כמה יום של בדיקות יכול להיות מייגע ומעייף, ועל כן נרצה כי המטופלות המגיעות למרפאה יעברו חוויה וקצרה עד כמה שאפשר, ועל כן בחרנו לבדוק את מדד זה. בנוסף לזאת, זמן שהייה ממוצע ממושך במערכת מוביל לתורים ארוכים, ועל כן כמובן נרצה למזער אותו.

מדד זה חושב עבור מטופלות **אשר סיימו את התהליך**.

### 5.2 סוג המערכת

מערכת המרפאה לא פועלת 24/7 ועל כן זוהי מערכת מסתיימת. בכל יום (הרצה), המערכת פועלת עד השעה 00:00, כאשר מטופלות שלא קיבלו טיפול יוצאות מאוכזבות ללא קבלת הטיפול. היות ותנאי סיום זה מתקיים, אין צורך בהוספת זמן חימום. אורך כל ריצה הינו 16\*60=960 דקות.

על מנת לבצע בדיקה ראשונית על המדדים, נריץ תחילה את המערכת למשך 10 ימים (10 ריצות שונות).

* **חישוב מספר ריצות נדרש:**

בכדי לבדוק מהו מספר הריצות הנדרש על מנת להביא את המדדים לר"מ של *, כלומר לכל חלופה בחרנו ב-*𝛾=0.05 *שמביא לנו חסם של לבדיקת הדיוק היחסי נשתמש בנוסחה:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| חישוב דיוק יחסי | אורך תור ממוצע למזכירה | אחוז המסיימים את היום | זמן שהייה ממוצע במערכת |
| מצב קיים |  |  |  |
| חלופה 1 |  |  |  |
| חלופה 2 |  |  |  |

כאמור, בחרנו במספר ריצות ראשוני n0=10, ואלו הם ערכי חישוב הדיוק היחסי בעבור שלושת המדדים בכל שלושת החלופות:

לפי חישוב מספר ריצות נדרש, באמצעות דיוק גס ([נספח 5.2](#_5.2_נספח_עבור)) יש לבצע סך הכל 18 ריצות. ניתן לראות שאין טעם לבדוק מספר ריצות נוסף בעבור מדדים שעמדו בדיוק היחסי, היות והגדלת מספר הריצות תביא לצמצום השבר הנבדק.

### 5.3 ניתוח מצב קיים ביחס למדדים ולמטרות

לאחר שביצענו בדיקת נכונות ([נספח 5.3](#_5.3_בדיקות_נכונות)) וגילינו כי המודל שלנו אמין ומשקף בצורה מהימנה את המציאות, החלנו בהרצת המודל 10 פעמים. להלן ערכי המדדים שהתקבלו לאחר 10 ריצות עבור המצב הקיים:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| מדדים במצב הקיים | אחוז המסיימים את היום | אורך תור ממוצע למזכירה | זמן שהייה ממוצע במערכת |
| ממוצע | 25.4% | 259.19 | 395.65 |
| סטיית תקן | 1.97% | 11.87 | 13.46 |

אחוז המסיימים את היום הוא נמוך מאוד ועומד על 25.4%, כלומר מעט יותר מרבע מהמטופלות מקבלות טיפול מלא, שזהו אחוז מאוד נמוך למרפאה אשר עיסוקה הוא הצלת חיים. ננסה למצוא חלופות אשר יצמצמו את זמני ההמתנה והשהייה במערכת ובכך נוכל להעלות את ערך מדד זה.

אורך התור הממוצע למזכירה עומד על 259.19 שזהו מספר בלתי מתקבל על הדעת במובנים שירותים, ועל כן נבדוק חלופות אשר יביאו לצמצום ערך המדד.

זמן השהייה הממוצע במערכת (למטופלות אשר סיימו את התהליך) עומד על 396.65 דקות, כלומר כ6 שעות ו40 דקות, שזהו למעשה יום שלם של עיסוקים עבור המטופלות, כלומר נבדקת שמגיעה למרפאה תפסיד יום עבודה/לימודים, ואנו נרצה למצוא חלופות שיביאו לכך שהמטופלות יוכלו להרוויח קצת זמן בחזרה.

### 5.4 תיאור החלופות

**חלופה ראשונה:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| שיפור | תיאור השיפור | עלות |
| מזכירה | הוספת מזכירה נוספת לעמדת קבלת נבדקות הדימות. | 30,000 ₪ |
| חדר ממוגרפיה | פתיחת חדר ממוגרפיה נוסף חדש במרפאה (חלק מהציוד קיים משיפוץ קודם). | 60,000 ₪ |
| סה"כ |  | 90,000 ₪ |

בניגוד לחדר האולטרה-סאונד, לו יש קיבולת של 4, לחדר הממוגרפיה יש קיבולת של 2, ובנוסף כ-30% מכלל הנבדקות המגיעות לחדר הממוגרפיה, צריכות להגיע ולהיבדק בשנית. הוספת החדר תביא לכך שהרבה יותר נבדקות יעברו בחדר ויוכלו ללכת הביתה, דבר שאנו סבורים כי יעלה את אחוז המסיימים. כמו כן, שיפור זה יקצר את זמן השהייה הממוצע במערכת שכן קיבולת המשאב ה"מבוקש" תעלה פי 1.5.

הוספת מזכירה כמובן תקצר את זמני ההמתנה אליה, שכן הקיבולת תעלה פי 2 והנבדקות המגיעות למרפאה יתפזרו לעיסוקיהן מהר יותר, וכך יוקל מעט על צוואר הבקבוק. כמובן שבביצוע מהלך זה, אנו מצפים כי ערך המדד "אורך תור ממוצע למזכירה" ירד.

אלו תוצאות המדדים שהתקבלו בחלופה זו אל מול המצב הקיים, לאחר 18 הרצות ([נספח 5.4](#_5.4_ערכי_מדדים)):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| נתון | ממוצע | | סטיית תקן | |
| מדד/חלופה | מצב קיים | חלופה 1 | מצב קיים | חלופה 1 |
| אחוז המסיימים את היום | 25.57% | 33.52% | 1.75% | 1.86% |
| אורך תור ממוצע למזכירה | 259.43 | 176.07 | 12.22 | 12.52 |
| זמן שהייה ממוצע במערכת | 395.11 | 347.75 | 15.2 | 17.363 |

שיפור במדדים: ניתן לראות כי בחלופה זו יש שיפור בכל המדדים, כאשר אחוז המסיימים את היום עלה ב7.95%, אורך התור הממוצע למזכירה ירד ב83.36 אנשים וזמן השהייה הממוצע במערכת ירד ב47.36 דקות.

**חלופה שניה:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| שיפור | תיאור השיפור | עלות |
| טכנאית מתאמת | הנבדקות ישובצו לרופאות מראש (הסתברות אחידה) אולם לא יהיה ציוות קבוע של טכנאית לרופאה. במצב זה נבדקת תטופל על ידי הטכנאית הראשונה שתתפנה. | 40,000 ₪ |
| חדר ממוגרפיה | פתיחת חדר ממוגרפיה נוסף חדש במרפאה (חלק מהציוד קיים משיפוץ קודם). | 60,000 ₪ |
| סה"כ |  | 100,000 ₪ |

באמצעות גיוס טכנאית מתאמת, נוכל להוריד את ההמתנה של נבדקות לטכנאית ספציפית, וכך בעצם לצמצם זמן המתנה מיותר. אנו מניחים כי מהלך זה יוביל להורדת זמן השהייה הממוצע במערכת ואחוז המסיימים ביום, שכן אנו מבינים כי קיצור זמנים במרפאה הינו דבר קריטי.

בנוסף ליתרונות בהוספת חדר ממוגרפיה שצוינו בתיאור החלופה הראשונה, נבדקות ימתינו ביחד עם הטכנאית אליה שובצו לחדר ממוגרפיה הבא שיתפנה. אלו הם השינויים שהתקבלו לאחר 18 הרצות של חלופה זו, אל מול המצב הקיים([נספח 5.4](#_5.4_ערכי_מדדים)):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| נתון | ממוצע | | סטיית תקן | |
| מדד/חלופה | **מצב קיים** | **חלופה 2** | **מצב קיים** | **חלופה 2** |
| אחוז המסיימים את היום | **25.57%** | **28.22%** | **1.75%** | **2.17%** |
| אורך תור ממוצע למזכירה | **259.43** | **267.32** | **12.22** | **13.89** |
| זמן שהייה ממוצע במערכת | **395.11** | **348.19** | **15.2** | **19.86** |

בניגוד לחלופה הראשונה, בחלופה זו אנו רואים כי חל שיפור בשני מדדים, ובמדד אחד חלה גריעה. אחוז המסיימים את היום השתפר ב- 2.65%, אורך התור הממוצע למזכירה עלה ב- 7.89 אנשים, ואילו זמן השהייה הממוצע במערכת עלה ב- 46.92 דקות.

### 5.5 השוואה סטטיסטית בין מצב קיים לחלופות מוצעות

*לצורך השוואה בין חלופות נבצע מבחן Welch (*[*ראה נספח 5.5*](#_5.5_נספח_מבחן)*) בין כל חלופה למצב הקיים ובין חלופה 1 לחלופה 2 לכל מדד על כן נבצע 9 השוואות.*

*אנו נכריע על חלופה עדיפה בעבור כל מדד לפי השיטה הבאה:*

*את המדדים זמן שהייה ממוצע בתור ואורך תור ממוצע למזכירה נרצה למזער, כלומר רווח סמך של הפרש חיובי פירושו שהמחסר עדיף, ואילו בעבור אחוז המסיימים את היום נרצה למקסם, כלומר אם נקבל רווח סמך חיובי להפרש אזי המחוסר עדיף.*

*רווחי סמך עבור כל השוואה:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| השוואה  בין חלופות | אורך תור ממוצע למזכירה (רוצים למזער) | אחוז המסיימים את היום (רוצים למקסם) | זמן שהייה ממוצע במערכת (רוצים למזער) |
| מצב קיים פחות חלופה 1 | [72.28,94.43] | [-0.095,-0.063] | [32.72,61.98] |
| מצב קיים פחות חלופה 2 | [-19.61,3.83] | [-0.044,-0.008] | [31.022,62.81] |
| חלופה 1 פחות חלופה 2 | [-103.09,-79.4] | [0.034,0.0711] | [-17.15,16.28] |

# 6. מסקנות

לפי מבחני ההשערות שביצענו, חלופה 1 עדיפה על המצב הקיים ועל חלופה 2 בשני מדדים, ואילו במדד הנותר נשאר אדישים בשני המצבים השונים.

כמו כן, חלופה זו זולה ב-10,000 ₪ מחלופה 2, וכך נוכל גם למזער הוצאות. בנוסף, לטעמנו המדד החשוב ביותר הוא אחוז המסיימים את היום, משום שזהו המדד שהכי מתקשר לשיפור תפוקת המרפאה, לתת מענה לכמה שיותר נשים ביום, וזהו המדד בו חלופה 1 עדיפה על שתי החלופות האחרות על פי ההשוואה הסטטיסטית.

לפיכך, אנו נמליץ למרפאת מירב בהוספת חדר ממוגרפיה וגיוס מזכירה נוספת בעלות של 90,000 ₪, מתוך אמונה כי איכות השירות במרפאה תשתפר ושביעות רצון הנבדקות תעלה.

# 7. נספחים

## נספח 1- נתונים

### נספח1.1– נתוני טיפול ממוגרפיה

|  |  |
| --- | --- |
| משך טיפול של ממוגרפיה | Gamma (5.7, 0.87) |
| משך פענוח של הרופאה בממוגרפיה | Unif (3,5) |
| משך מתן תשובה סופית לנבדקת | Unif( 1,2) |

### נספח 1.2– נתוני טיפול אולטרסאונד

|  |  |
| --- | --- |
| משך הכנה לאולטרסאונד | Gamma (3.01, 1.23) |
| משך טיפול של אולטרסאונד | Gamma (6.91, 0.54) |
| משך פענוח של הרופאה באולטרסאונד | Gamma (3.77, 0.31) |
| משך מתן תשובה סופית לנבדקת | Unif( 1,2) |

### נספח 1.3– נתוני התפלגות נבדקות המאושפזות בבית חולים

קצב הגעה - Exp(0.097)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הסתברות (%) | סוג בדיקה |  |
| 16.30 | ממוגרפיה | **מאושפזות בבית החולים** |
| 41.20 | אולטרסאונד |
| 42.50 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |

### נספח 1.4– נתוני התפלגות נבדקות "סימון"

קצב הגעה- Unif (0,4)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הסתברות (%) | סוג בדיקה |  |
| 91.70 | ממוגרפיה | **סימון** |
| 0 | אולטרסאונד |
| 8.33 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |

### נספח 1.5 – נתוני התפלגות נבדקות "סקר"

קצב הגעה - Exp (0.0425)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הסתברות (%) | סוג בדיקה |  |
| 14.04 | ממוגרפיה | **סקר** |
| 7.10 | אולטרסאונד |
| 78.86 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |

### נספח 1.6– נתוני התפלגות נבדקות נשאיות BRCA

קצב הגעה - Exp (0.798)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הסתברות (%) | סוג בדיקה |  |
| 39.62 | ממוגרפיה | **נשאיות BRCA** |
| 57.70 | אולטרסאונד |
| 2.68 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |

### נספח 1.7– יציאת הפסקות של טכנאי ורופא

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| רופאות | טכנאיות |  |
| Exp(24) | Exp(20) | התפלגות הגעת הפסקה |
| U(4,6) | U(5,7) | משך הפסקה |

### 1.8- התאמת התצפיות להתפלגות נורמלית

לפי התאמת ההתפלגות הנורמלית לתצפיות שקיבלנו, מצאנו שההתפלגות הנורמלית אכן מתאימה לנתונים אלו, על כן נבחר בהתפלגות זמן הכנת המרפאה להיות .Norm(17.086,1.862)

Fitting of the distribution ' norm ' by maximum likelihood

Parameters :

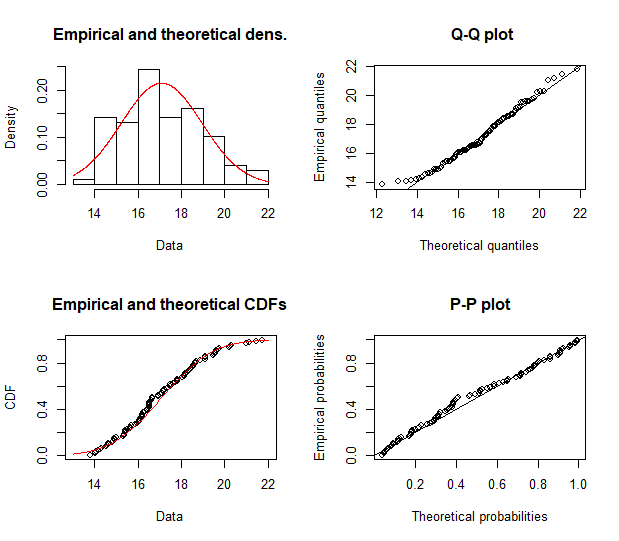
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | estimate | Std. Error |
| mean | 17.086712 | 0.1871466 |
| sd | 1.862085 | 0.1323324 |

Loglikelihood: -202.0229 AIC: 408.0458 BIC: 413.236

Correlation matrix:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | mean | sd |
| mean | 1 | 0 |
| sd | 0 | 1 |

|  |  |
| --- | --- |
| Duration of preparations at the beginning of the shift | |
| Observation number | **Value** |
| 1 | 14.83707 |
| 2 | 19.49305 |
| 3 | 18.46933 |
| 4 | 21.14218 |
| 5 | 14.88604 |
| 6 | 18.65201 |
| 7 | 21.43797 |
| 8 | 14.8307 |
| 9 | 17.61659 |
| 10 | 18.02833 |
| 11 | 16.56487 |
| 12 | 16.54558 |
| 13 | 17.33661 |
| 14 | 17.0505 |
| 15 | 20.28609 |
| 16 | 14.01777 |
| 17 | 15.35579 |
| 18 | 15.62564 |
| 19 | 18.29351 |
| 20 | 16.4153 |
| 21 | 14.03682 |
| 22 | 16.59528 |
| 23 | 16.01208 |
| 24 | 14.16818 |
| 25 | 16.63876 |
| 26 | 17.1413 |
| 27 | 19.08964 |
| 28 | 18.16401 |
| 29 | 18.51203 |
| 30 | 16.95283 |
| 31 | 19.51078 |
| 32 | 18.13571 |
| 33 | 19.11764 |
| 34 | 17.17738 |
| 35 | 15.3044 |
| 36 | 18.16248 |
| 37 | 19.75423 |
| 38 | 16.17904 |
| 39 | 15.51166 |
| 40 | 13.81957 |
| 41 | 18.55147 |
| 42 | 15.42148 |
| 43 | 15.97984 |
| 44 | 16.52106 |
| 45 | 15.4088 |
| 46 | 14.61051 |
| 47 | 16.92804 |
| 48 | 16.22611 |
| 49 | 16.46347 |
| 50 | 17.82215 |
| 51 | 16.18762 |
| 52 | 16.41968 |
| 53 | 17.80915 |
| 54 | 14.58606 |
| 55 | 17.18163 |
| 56 | 19.59015 |
| 57 | 16.53888 |
| 58 | 14.91481 |
| 59 | 14.09064 |
| 60 | 19.56546 |
| 61 | 14.63722 |
| 62 | 17.48714 |
| 63 | 15.70001 |
| 64 | 17.48895 |
| 65 | 15.88798 |
| 66 | 15.0189 |
| 67 | 15.39796 |
| 68 | 17.71998 |
| 69 | 21.74293 |
| 70 | 19.59347 |
| 71 | 19.12233 |
| 72 | 20.99322 |
| 73 | 14.32304 |
| 74 | 14.88482 |
| 75 | 14.25716 |
| 76 | 18.12947 |
| 77 | 16.54512 |
| 78 | 15.39087 |
| 79 | 14.53499 |
| 80 | 18.88223 |
| 81 | 15.64247 |
| 82 | 16.17677 |
| 83 | 18.63703 |
| 84 | 16.52408 |
| 85 | 20.19912 |
| 86 | 18.53961 |
| 87 | 17.39192 |
| 88 | 16.34836 |
| 89 | 18.40409 |
| 90 | 16.67186 |
| 91 | 16.09211 |
| 92 | 18.36902 |
| 93 | 16.06162 |
| 94 | 16.19318 |
| 95 | 17.22501 |
| 96 | 19.68982 |
| 97 | 18.69472 |
| 98 | 20.26602 |
| 99 | 16.06147 |
| 100 | 17.80973 |



### נספח 2– תכונות ישויות

### נספח 2.1 – התפלגות חלוקה לבדיקות

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| הסתברות (%) | סוג בדיקה | סוג נבדקות |
| 16.30 | ממוגרפיה | **מאושפזות בבית החולים** |
| 41.20 | אולטרסאונד |
| 42.50 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |
| 91.70 | ממוגרפיה | **סימון** |
| 0 | אולטרסאונד |
| 8.33 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |
| 14.04 | ממוגרפיה | **סקר** |
| 7.10 | אולטרסאונד |
| 78.86 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |
| 39.62 | ממוגרפיה | **נשאיות BRCA** |
| 57.70 | אולטרסאונד |
| 2.68 | ממוגרפיה ואולטרסאונד |

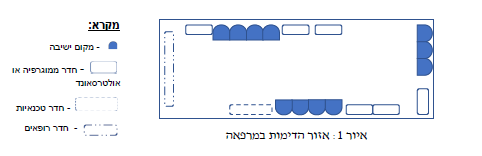
### 2.2 - זמן מילוי טופס

נשאיות BRCA ונבדקות "סימון" – U(10,12)

נבדקות המאושפזות בבית חולים – U(5,7)

נבדקות סקר – אין .

### - תיאור גרפי של אזור הדימות במרפאה



### – סוגי נבדקות

* נשאיות של גן BRCA- נבדקות עם גנים הנושאים מוטציות מולדות המגדילות את הסיכויים להופעת סרטן השד.
* נבדקות סקר- נבדקות שגילן 46 ומעלה.
* נבדקות המאושפזות בבית החולים- נבדקות המגיעות במהלך היום ללא שיבוץ מראש, על מנת
* נבדקות "סימון"- מטופלות שעתידות לעבור ניתוח כריתת שד המגיעות כ-24 שעות לפני הניתוח למרפאה. לנבדקות אלו ישנה עדיפות בתור על פני כל שאר הנבדקות כיוון שהזמן הינו מרכיב קריטי בתהליך ההכנה לניתוח.
* במשך יום העבודה הרופאים והטכנאיות יוצאים להפסקה המתרחשת לפי התפלגות מעריכית ומשכה מתפלג אחיד([נספח 1.7](#_נספח_1.7–_יציאת)), רק לאחר שסיימו את משימתם.

### נספח 4-חלופות אפשרויות ועלויות.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| חלופה | תיאור | עלות |
| טכנאית מתאמת | הנבדקות ישובצו לרופאות מראש (הסתברות אחידה) אולם לא יהיה ציוות קבוע של טכנאית לרופאה. במצב זה נבדקת תטופל על ידי הטכנאית הראשונה שתתפנה. | 40,000 ₪ |
| שיבוץ דינמי | יישמר הציוות בין טכנאית לבין רופאה אולם הנבדקות לא ישובצו מראש. שיבוץ הנבדקות לצוות רפואי יקבע בעת הגעה למרפאה על פי אורך התור הקצר ביותר. | 40,000 ₪ |
| חדר ממוגרפיה | פתיחת חדר ממוגרפיה נוסף חדש במרפאה (חלק מהציוד קיים משיפוץ קודם). | 60,000 ₪ |
| מזכירה | הוספת מזכירה נוספת לעמדת קבלת נבדקות הדימות. | 30,000 ₪ |
| מדיניות עדיפויות בתורים | שינוי במדיניות העדיפויות (בתורים) לבחירתכם (לא ניתן לשנות את העדיפות לנבדקות הסימון). | 20,000 ₪ |

### 4.1 פונקציית זמן מילוי טופס:

תמונה שמכילה טקסט

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה

### 4.2 – פונקציה למציאת התור הכי קצר:

תמונה שמכילה שולחן

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה

### 4.3 – פונקציית הגדרת תכונות לנבדקת:

תמונה שמכילה טקסט

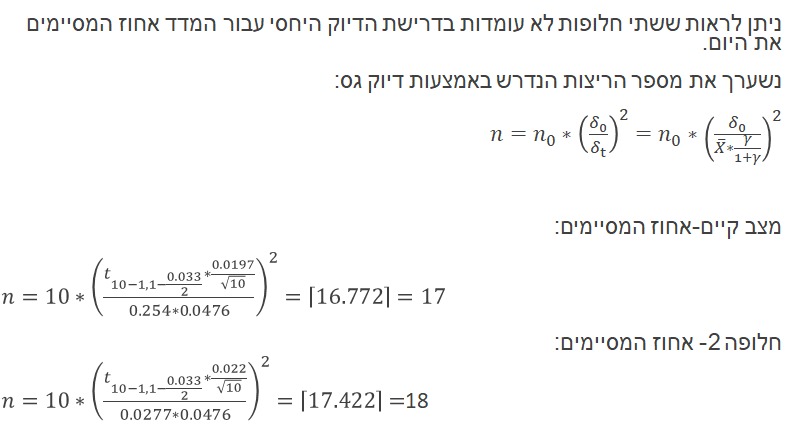
תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה מאוד

### 5.1 – פונקציית חישוב אורך תור ממוצע:

*תמונה שמכילה טקסט

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה מאוד*

### 5.2 מספר ריצות נדרש באמצעות דיוק גס:



### 5.3 בדיקות נכונות המודל:

1. ראשית נבדוק שאם נריץ את הסימולציה מספיק זמן (100 שעות) נראה שכל הישויות שהתחילו את הסימולציה באמת מסיימות אותה בהתחשב בעובדה שלקוחות מפסיקים להגיע לאחר 5 שעות. ניתן לראות בתרשים הבא שכל המשאבים פנויים בסוף היום ואין ישויות שתקועות ובנוסף בחישוב אחוז המסיימים את היום.



תמונה שמכילה טקסט, חוץ

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה

תמונה שמכילה אובייקט

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה

1. שנית נבצע בדיקת נכונות לזמני השירות כפי שהוגדר בנספח זמני שירות ([**נספח זמני שירות**](#_נספח_1-_נתונים)**)** עבור נבדקת נסתכל על העמודה הרביעית משמאל(עמודת activity time עבור כל משאב) ונצפה שהערך יתאים להתפלגות המוגדרת – הריצה בוצעה על נבדקת אחת מסוג סימון שהגיעה למערכת בזמן 1 :

תמונה שמכילה לוח תוצאות, טקסט, צילום מסך, חוץ

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה מאוד

זמן שירות של מזכירה -

משך טיפול של ממוגרפיה -

משך פענוח של הרופא בממוגרפיה-

זמן שהייה בחדר ממוגרפיה-

משך מתן תשובה סופית -

* ניתן לראות שהגיוני לקבל את הערך זמן שירות של מזכירה מההתפלגות המוגדרת - (triangle(3,7,5.
* ניתן לראות שהגיוני לקבל את הערך משך טיפול של ממוגרפיה מההתפלגות המוגדרת - Gamma (5.7, 0.87).
* ניתן לראות שהגיוני לקבל את הערך משך פענוח של רופא בבדיקת ממוגרפיה מההתפלגות המוגדרת - Unif (3,5).
* בנוסף ניתן לראות שאם נסכום את משך הטיפול ומשך הפענוח של ממוגרפיה נקבל את זמן השהיה בחדר כפי שהנחנו.
* כמו כן ניתן לראות שהגיוני לקבל את הערך של משך מתן תשובה סופית מההתפלגות המוגדרת - Unif( 1,2) .

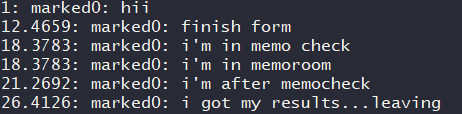
בטבלה זו ניתן לראות את **הגדרת התכונות** לנבדקת מסוג סימון – הגיוני שנקבל את הערך form time מההתפלגות המוגדרת – Unif(10,12), כמו כן ניתן לראות שהערך 3 אצל medical team תואם את הטבלה הקודמת שבו הנבדקת קיבלה שירות מצוות 3 (נלקח מאותה ריצה).

תמונה שמכילה לוח תוצאות, ארון, רהיטים

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה מאוד

* בתרשים זה אנו רואים את תהליך נבדקת מסוג סימון בהגעה וביצוע בדיקת ממוגרפיה:

נשים לב שהזמנים אכן עומדים לפי הגדרת התכונות ולפי משכי השירות כפי שהוצג בטבלאות לעיל.



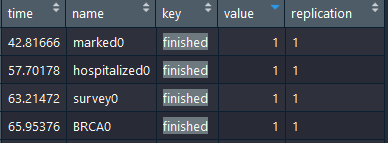
1. בבדיקה זו נבדוק את נכונות העדיפות לנבדקות סימון – ראשית ביצענו הגעה של כל הנבדקות בזמנים דטרמיניסטיים:

* נבדקת מאושפזת בזמן 10.
* נבדקת מסוג סימון בזמן 12.
* נבדקת מסוג סקר בזמן 10.
* נבדקת מסוג BRCA בזמן 10.

תמונה שמכילה אלקטרוניקה

תיאור שנוצר ברמת מהימנות גבוהה

שנית נראה שאכן נבדקת מסוג סימון מסיימת ראשונה למרות שהגיעה אחרונה:



### 5.4 ערכי מדדים

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| אורך תור ממוצע למזכירה | | | |
| מספר  ריצה | מצב  קיים | חלופה  1 | חלופה  2 |
| 1 | 257.91 | 176.45 | 264.03 |
| 2 | 236.76 | 165.93 | 286.93 |
| 3 | 274.16 | 161.81 | 284.19 |
| 4 | 254.03 | 165.39 | 280.93 |
| 5 | 273.50 | 171.26 | 262.61 |
| 6 | 261.47 | 166.97 | 287.22 |
| 7 | 248.21 | 177.34 | 274.36 |
| 8 | 252.63 | 186.79 | 259.59 |
| 9 | 262.86 | 179.05 | 249.32 |
| 10 | 270.39 | 170.85 | 282.31 |
| 11 | 248.50 | 165.78 | 248.03 |
| 12 | 275.74 | 173.07 | 257.43 |
| 13 | 245.34 | 186.68 | 265.12 |
| 14 | 262.72 | 204.76 | 258.48 |
| 15 | 266.10 | 178.05 | 253.58 |
| 16 | 240.09 | 170.64 | 256.83 |
| 17 | 264.78 | 164.68 | 255.13 |
| 18 | 274.64 | 203.83 | 285.74 |
| ממוצע | **259.43** | **176.07** | **267.32** |
| סטיית תקן | **12.22** | **12.52** | **13.89** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| זמן שהייה ממוצע במערכת(בדקות) | | | |
| מספר  ריצה | מצב  קיים | חלופה  1 | חלופה  2 |
| 1 | 385.03 | 351.62 | 342.86 |
| 2 | 401.06 | 339.69 | 376.92 |
| 3 | 381.76 | 364.59 | 326.49 |
| 4 | 387.11 | 323.20 | 348.14 |
| 5 | 390.39 | 359.64 | 360.14 |
| 6 | 415.25 | 331.95 | 331.03 |
| 7 | 381.82 | 350.26 | 328.77 |
| 8 | 394.04 | 324.84 | 321.97 |
| 9 | 399.99 | 323.46 | 367.07 |
| 10 | 420.13 | 344.37 | 356.53 |
| 11 | 400.54 | 345.92 | 322.41 |
| 12 | 368.83 | 367.96 | 326.58 |
| 13 | 405.96 | 369.37 | 376.97 |
| 14 | 389.20 | 370.12 | 378.36 |
| 15 | 379.04 | 374.22 | 335.03 |
| 16 | 389.04 | 330.52 | 366.42 |
| 17 | 394.11 | 354.60 | 356.50 |
| 18 | 428.70 | 333.25 | 345.22 |
| ממוצע | **395.11** | **347.75** | **348.19** |
| סטיית תקן | **15.2** | **17.363** | **19.86** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| אחוז המסיימים את היום | | | |
| מספר  ריצה | מצב  קיים | חלופה  1 | חלופה  2 |
| 1 | 24.41% | 34.69% | 26.34% |
| 2 | 26.82% | 32.16% | 25.88% |
| 3 | 28.22% | 33.33% | 24.56% |
| 4 | 28.22% | 32.71% | 30.75% |
| 5 | 25.12% | 35.20% | 28.27% |
| 6 | 24.43% | 33.57% | 25.81% |
| 7 | 25.29% | 37.73% | 30.45% |
| 8 | 25.12% | 31.70% | 26.78% |
| 9 | 24.07% | 33.64% | 29.98% |
| 10 | 22.37% | 36.34% | 29.04% |
| 11 | 27.74% | 31.76% | 32.44% |
| 12 | 24.04% | 32.10% | 31.28% |
| 13 | 24.76% | 31.64% | 28.04% |
| 14 | 26.11% | 32.55% | 28.10% |
| 15 | 25.85% | 30.98% | 25.53% |
| 16 | 27.93% | 35.94% | 27.79% |
| 17 | 25.23% | 34.35% | 28.13% |
| 18 | 23.77% | 32.91% | 28.76% |
| ממוצע | **25.57%** | **33.52%** | **28.22%** |
| סטיית תקן | **1.75%** | **1.86%** | **2.17%** |

### 5.5 נספח מבחן Welch

* =0.011
* **נגדיר את רווח הסמך:**

* דוגמה להרצה קוד בו ביצענו את מבחן Welch:

