

10/1/2022

קורס: סימולציה

פרויקט הקורס

מספר קבוצה - 31

אוניברסיטת בן-גוריון

המחלקה להנדסת תעשייה וניהול

סמסטר א', תשפ"ב

מגישים:

תעודת זהות	שם
319145959	אופיר אציגלי
324205780	עמית שלו
315523456	יריב סוויד

2. תוכן עניינים

3. תקציר(עד 0.5 עמוד)

4. מבוא(1.5 עמוד)

4.1. תיאור המערכת הנחקרת

4.2. מטרות

5. מודל הסימולציה(עד 2 עמוד)

5.1. תיאור המודל

5.2. הנחות

6. ניתוח מצב קיימם והצעת חלופות לשיפור מצב קיימם (עד 4.5 עמוד)

6.1. בחירת מדדים לניטוח

6.2. סוג המערכת

6.3. ניתוח מצב קיימם ביחס לממדים ולמטרות (הפרוייקט/הארגון)

6.4. תיאור החלופות

6.5. השוואה סטטיסטית בין מצב קיימם לחלופות מוצעות

7. מסקנות(0.5 עמוד)

8. נספחים (0.5 עמוד)

1. נספח 1 – בדיקות נכונות

נספח 1.1 – בדיקות נכונות תכונות המצב הקיים

1.1.1. בדיקות מידול בוחני היידאו

1.1.1.1. בדיקות מידול שעת הגעה ויום הגעה

1.1.1.2. בדיקות מידול הגעה להרצאת תזונה

1.1.1.3. בדיקות מידול פיזיוטרפיסטים

1.1.1.4. בדיקות מידול עייפות

1.1.1.5. בדיקות מידול הפסיקת אנשי מקצוע

נספח 1.2 – מבחנים בריבוע להערכת התפלגות נתוני ההגעה

נספח 1.3 – מבחני טיב התאמה לממדים

2. נספח 2 – הסבר מידול הסימולציה:

2.1. תיאור המודולים העיקריים

2.2. יישיות

2.3 תוכנות

2.4 משאבים

2.5 התרבות

3. נספח 3 – בחירת המדדים

3.1 אחוז המתעמלים ששיממו יומם אימון במלואו מתחר סר כל המתאמנים שהגיעו

3.2 אחוז המתעמלים שעזבו את האולם בעקבות רמת עייפות גבוהה

3.3 אורך תור מקסימלי למכשיר: ground workout:

4. נספח 4 – חישוב מס' הרצות הסימולציה הנדרש

5. נספח 5 – נתוני המערכת הנחקרת

5.1 נתוני מערכת מספרים

5.2 חישוב פונקציית העייפות

6. נספח 6 – השוואת בין חלופות

6.1 ערכי המדדים המתקבלים ממצב קיימ

6.2 ערכי המדדים המתקבלים לכל חלופה

6.3 השוואות ע"י מבחן השערות ± מזוג

3. תקציר

בפרויקט נבצע מידול, ניתוח והסקה על ים פעילות של מתעמלים המשלחת הישראלית המגיעו למרכז הספורט על מנת להיערך לאולימפיאדה, תוך שימוש בסביבת עבודה R-Studio בשפת R, ובכל' העזר- R- Markdown וישום מודולים מחבילת Simmer . במסגרת חקר המצב הקיימ, נתאר את המערכת הנחקרת על כל רבדיה – המכשירים הקיימים במרכז הספורט, אפיקון המתעמלים, בעלי המוצג הנמצאים במרכז והשירותים אותם הםנותנים, מטרות הארגון ומאפיינים נוספים. לשם ניתוח המצב הקיימ, נוצר מודל סימולציה המדמה ים פעילות, על מנת לאתר ליקויים ולהציג הצעות שיביאו לשיפור הליקויים ולהשגת מטרות הארגון. בכך לבודק האם המודל מתאר את המצב הקיימ באופן הקרוב ביותר, נבצע בדיקות נכונות לפטיטים המתקבלים ע"י בדיקות קיומ הנחות והתנהגוות במצב קיצון, וכן נשתמש ב מבחני טיב התאמה להתפלגוות בכך לוודא שackyים הנדגמים במודל, נדגמו מההתפלגוות שהגדרכנו. לאחר וידוא נכונות המודל, נגדיר שלושה מדדים עיקריים אותם נשאף לשפר המתבססים על צוואר בקבוק וליקויים שאיתרנו בעת בדיקות נכונות המודל. המדדים אותם נשאף לשפר, מסייעים לקידום מטרות הארגון להכנת מספר רב יותר של מתעמלים לאולימפיאדה בצורה טובעה ככל שניתן. בכך להבטיח עמידה בדרישות דיקן ומובהקות לרוחן הסマー אותו ניצור לממדים, נבצע בדיקה אודוט רצאות הסימולציה שעליינו לבצע לשם עמידה בדרישות. לשם שיפור המדדים הנבחרים, נציג שתי חלופות הכוללות מספר שיפורים שנוכל להציג למרץ הספורט, תוך עמידה במוגבלת תקציב של 50 אלף שקלים לרכישת השיפורים. נבצע ניתוח עמוקיק אודוט ערכי המדדים במצב הקיימ ולחלופות וכן נבצע השוואות סטטיסטיות בין החלופות והמצב הקיימ ע"י מבחני Z מזוגים, לכל ממד בכך לבחור במודל המשפר בצורה הטובעה ביותר את המדדים. מתוך ההשוואות, מצאנו כי החלופות אכן מייצרות שיפורים ברוב המדדים המוגדרים, ולבסוף נבחר בחלופה 1 תוך שקלול המדדים שישירה ביחס במצב הקיימ ולחלופה 2 וממן שיקול דעת על הבדל בחשיבות המדדים עבור מטרות הארגון.

4. מבוא

4.1. תיאור המערכת הנחקרת

בפרויקט, נחקור את התנהגוות מערכת מרכז הספורט הלאומי הידוע בכינוי "הבניין האולימפי", תוך התחקדוות באולם התעמלות המכשירים. באופןם, מתאמנים בכל ים מתעמלים ומתחם התעמלות המתחילים להגעה עם פתיחת האולם ב-00:00 וכן בעלי מקצוע מ-3 סוגים : בוחני וידאו , תזונאים ופיזיולוגים. ([נוסף 5.1](#)). כלל העובדים מגיעים לאולם כשבועיים ממועד פתיחתו, בשעה 00:00 ויוצאים להפסקה בשעה 13:00. סדר היום של המתעמלים מתחילה מהגעה והתארגנות בתאי ההלבשה לאחר מכון הם עוביים בין המתקנים השונים בהם הם עתידיים להתחרות. גברים מתחרים ב- 6 מתקנים: מקבילים, טבעות, מתוח, סוס סמכות, קרקע וקפיצות. נשים מתחרות ב- 4 מתקנים: קרקע, מקבילים מדורגים,

קורה וקפיקות המעבר בין מתקן למתќן נעשה באופן רנדומלי כך שבסוף המתعامل עבר דרך כל המכנים, פעם אחת בכל מכשיר. בין מכשיר למכשיר, על המתعامل להגיע לחדר הוידאו, על מנת לצפות בתרגיל אותו ביצעו עם בווחן הוידאו. לכל מתعامل מצוות חדר בווחני וידאו מסוים בהגיעו לאולם, זהה החדר אליו הוא יLER בסוף כל תרגיל. יתרה מכך, בתום אימון על מתקן מסוים, המתعامل צובר עיפויות מסוימת בהסתברות מסוימת ([5.3](#)). בתום אימון על כלל המכשירים המיועדים לוואנו המתعامل, בסיכוי של 68% יLER להרצאת התזונה הקרויה. הרצאות התזונה יכולה להתחיל בעקבות שתי סיבות. הראשונה בעקבות הגעת שעה עגולה בשעון. השנייה בעקבות הנסיבות אצווה של כ-10 מתעלמים שתביא להתחלה ההרצאה מוקדם מהנדרש. בסיום היום, ככל המתעלמים יילכו אל הפיזיותרפיסט לקבלת טיפול נדרש. הטיפול יעשה תוך מתן עדיפות לספורטאים אשר הגיעו לרמת עיפויות דחופה (2.4 עבור נשים ו2.9 עבור גברים). לאחר מכן, יעברו המתעלמים במקלחות ובכך יסתוים היום. האולם נסגר בשעה 20:00 והמתעלמים מפסיקים להגיע לאולם בשעה 15:00 על מנת שיוכלו להשיג אימון מספיק של כ- 5 שעות לפחות.

4.2. מטרות

מטרות הארגון – מטרת הארגון המרכזית היא להכין את המתעלמים בצורה הטובה ביותר ביוטר האפשרית על מנת שיגיעו מוכנים ככל הנניתן תוך ניצול מרבי של המשאבים העומדים לרשותם: עובדים ומכנים.

מטרות הפרויקט – לבחון את המצב הקיים בהיבטים שונים ועל סמך מספר מדדים אשר יפורטו בהמשך הדוח. נshall דרכי פעולה אפשריות תחת התקציב הנוכחי והשיפורים האפשרים על מנת לשפר כמה שנitin את המדדים הנבחרים ומתוך כך לשיער באופן מיטבי למטרת הארגון.

מטרות הסימולציה – מידול המצב הקיים היום במערכת על כל פרטיה. מתן תשומת לב לערכים ומדדים נבדקים, וכן, מידול שינויים ושיפורים במודל המצב הקיים תוך השוואה בין ערכי המדדים הנבחרים.

5. מודל הסימולציה

5.1. תיאור המודל

מודל הסימולציה אותו יצרנו בסביבת עבודה studio-R תוך שימוש בחבילת Simmer משמש לבחינת מדדים עבור يوم פעילות במרכז הספורט הלאומי. ([2.2](#)) במרכז הספורט הלאומי ישנו מכשירים המיועדים לגברים, מכשירים המיועדים לנשים, ומכנים המיעדים לשני המינים, על כן לצורך הפרדת המסלולים, הסימולציה מחוללת ישויות משנה סוגים – מתעלמים ומתקלחות. בעת הייצורויות היישיות, ישויות "מתעלמים" ישלחו למסלול המרכזי לגברים – **manTrajectory** וכן "מתעלמות" ישלחו למסלול המרכזי הייעודי לנשים – **womanTrajectory**.

מסלולים מרכזים – womanTrajectory/ manTrajectory – בעת הגעת ישות

(מתעלם/מתעמלת) למסלול המרכז היעודי לבני מינה, תחילה נאותל לישות תוכנות אשר ישמשו אותנו במודול. התוכנות יכללו את ממד העיפות של הישות, ערכיהם ביןאריים המגדירים לישות עבור כל מכשיר האם היא התאימה בו או לא, מספר חדר הוידיאו בו תצפה הישות בסרטוני הוידיאו של המכשירים בהם התאימה, ושתי תכונות מספריות נוספות המשייעות במודול הסימולציה ([נספח 2.3](#)). בעת הגעה למסלול זה, הישות תיגש לחדר הלבשה היעודי לבני מינה, ולאחר מכן תבצע תהליך איטרטיבי של אימונים במכשירים השונים בסדר רנדומלי (פעם אחת לכל מכשיר) וצפיה בסרטון וידיאו לאחר כל מכשיר. במידה והישות לא יכולה לצפות בסרט הוידיאו (בודק הוידיאו עוד לא מגע למערכת), הישות תשלח למסלול דחיה של בודק וידיאו, והתהליך האיטרטיבי מקנה לישות את היכולת לחזור, לבצע מכשירים נוספים ולאחר מכן לצפות בכל הסרטונים של המכשירים שביצעה יחד. במידה וממד העיפות של הישות עבר את הרמה המקסימלית/הישות סימנה את כל המכשירים המותאמים לבני מינה, התהליך האיטרטיבי יסתום, והישות תשלח בהסתברות מסוימת למסלול בו תוכל לצפות בהרצאת תזונה יחד עם ישות נוספת מאותו המין. לאחר מכן הישות תחזור למסלול המרכז ותיגש לקבל טיפול פיזיותרפי אצל הפיזיותרפיסטים ולבסוף תיגש למלתחות (כל ישות למלתחות המותאמות לבני מינה).

מסלולי המכשירים – appliances trajectories – ביצוע תרגיל במכשיר מסויים במרכז הספורט

מודול ע"י מסלולי המכשירים בהם נבצע את הפעולות בכל מכשיר, ונעדקן את ערך התוכונה המתאימה לישות לערך הבינארי שמגדיר שהמכשיר בוצע. עבור מכשירי קורות ומכשירי קפיצה אשר במרכז יש שני מכשירים מכל סוג, במסלול המותאם לביצוע תרגיל על מכשירים אלו, הישות תבחר באחד המכשירים(אחד לכל סוג) ע"י המכשיר לו יש את התור הזמן הקצר ביותר.

מסלולי בודקי הוידיאו – Video Testers service trajectories

VideoTestersTrajectory – במידה ובמסלול המרכז, הישות נשלחה לבודק הוידיאו, ובודק הוידיאו נמצא במערכת, הישות תבחר את בודק הוידיאו המותאם לה (לפי התוכונה), תצפה בוידיאו ותחזור למסלול המרכז.

didntWatchTheVideoW / didntWatchTheVideoM – במידה ובמסלול המרכז הישות נשלחה לבודק הוידיאו אך בודק הוידיאו עוד לא הגיע למערכת, הישות תשלח למסלול זה (כל ישות בהתאם למיניה) שם תבצע בדיקה: אם הישות סימנה את כל המכשירים או התעיפה, הישות תשלח למסלול בו תמתין לבחון הוידיאו שיגיע ואז תיגש לצפיה בסרטונים([WaitToVideoTester](#)), אחרת הישות תשלח חוזרת למסלול המרכז לביצוע מכשיר נוסף([BackToappliances](#)).

BackToappliances – מסלול ריק, ממנו הישות תחזור למסלול המרכז לביצוע מכשיר נוסף, ללא צפיה בסרטוני וידיאו.

WaitToVideoTester – כשהישות מגיעה למסלול זה, היא ממתינה את משך הזמן מנקודת הזמן בו

הגעה למסלול עד לשעה 8 בוקר (שעת הגעת הבוחנים) ואז ניגשת לבוחן הוידיאו המתאים(**לפי התוכנה**) וצופה בסרטונים של כל המCSIרים שביצעה.

מסלול זה – nutritionist1ForWomanTrajectory / nutritionist2ForManTrajectory

הישויות יתאגדו יחד לקבוצות של 10 או יותר מתיינו להגעת שעה עגולה, ולאחר מכן ימשיכו יחד לצפיה בהרצאת תזונה. בסיום הרצאת התזונה יפרדו הישויות וייחזרו למסלול המרconi.

מסלול הפסקה - break Trajectory – בשעה 13:00 הסימולציה מחוללת ישות פיקטיבית יחידה "break" המאפשרת למדל את הפסקה בעלי המוצע ([2.2](#)).

מסלול הפסקה המרconi-breakTrajectory פיקטיביות כך שכל פיצול ישולח למסלול הפסקה המותאם לכל בעלי מוצע.

מסלול הפסקה לבעלי המוצע – לכל בעלי מוצע מותאם מסלול הפסקה, בו הישות הפיקטיבית מגיעה, עוקפת את התור לבעל המוצע בזכות העדיפות הגבוהה המוגדרת לשוט זו, ומתיינה לסיום הישות שנמצאת כרגע עם בעל המוצע, ולאחר מכן "תופסת" את בעל המוצע למשך זמן הפסקה המתפלג נורמלית ושמור בתוכנה גלובלית.

5.2. הנחות

- ☒ עברו מכשרים שבמרכז הספורט יש שניים מאותו הסוג (קורה וקפיצות), במסלול המותאם לביצוע תרגיל על מכשרים אלו, הישות תבחר באחד המכשרים(אחד לכל סוג) ע"י המכשיר לו יש את התור הזמן הקצר ביותר.
- ☒ זמן הפסקה של בעלי המוצע שווה לכלם.
- ☒ הרצאות התזונה המועברות ע"י התזונאים מועברות בנפרד לגברים ולנשים.
- ☒ התזונאים מעבירים הרצאת תזונה כל שעה עגולה או כאשר מגיעים קבוצה של 10 מתאמנים. מניתוך תוכנות הרצת הסימולציה, לא מתקבצים קבוצה של 10 אנשים לפני שעוברת שעה עגולה וכן כל שעה עגולה מתחילה הרצאה שימושה מתפלג בין 30 ל-40 דקות, כלומר, התזונאים נמצאים בהפסקה של 20-30 דקות בכל שעה וכן לא ישלו להפסקה יחד עם שאר בעלי המוצע.
- ☒ בעלי המוצע לא יצאו להפסקה במהלך שירות למתעמל, כלומר אם מתעמל התחיל קבלת שירות לפני שעה 13:00 וטרם סיים בשעה 13:00, בעל המוצע יצא להפסקה מיד עם סיום השירות למתעמל ולא במהלך השירות.
- ☒ בסיום משמרת הבוקר של שני הפיזיולוגים אשר הגיעו לראשונה למערכת, במידה והם היו במהלך שירות למתעמלים, הם יסייעו למתעמלים ורק אז יסייעו את המשמרות ולא במהלך השירות.

6. ניתוח מצב קיימ והצעת חלופות לשיפור

1. בחירת מדדים לניתוח (מטרות הסימולציה)

לאחר תכנון ויצירת המודל, כשלב מקדים לבחירת המדדים שיאפשרו את ניתוח המצב הקיים, ערכנו בדיקות נכונות([תוספת 1](#)) משני סוגים:

- ✓ בדיקות נכונות התכונות (וריפיקציה) – הבדיקות כללו בדיקת קיום ההנחות המוזכרות לעיל, וכן התנהגות הגיונית במצב קיצוני אפשרי ([תוספת 1.1](#))
- ✓ בדיקת תקיפות המודל (ולידציה) – הבדיקות כללו מבחני השערות על נכונות ההתפלגות עליהם המודל מסתמן – נתוני הגעת המתעלמים הנטים ([תוספת 1.2](#)) וכן מבחני טיב התאמה עבור המדדים שהגדרנו ([תוספת 1.3](#)).

בכדי לבחור מדדים, נתבונן בפלטיהם המתקבלים מבדיקות הנכונות שביצענו. במסגרת ניתוח הפלטיהם זיהינו צוארי בקבוק והtnהגות מודל לא שגרתיות וכן ראיינו לנכון להתייחס בפרויקט לשולש מדדים מרכזיים אותם נרצה לשפר באמצעות החלופות([תוספת 3](#)):

- **חישוב אחוז המתעלמים ששיסימו يوم אימון במלואו מטור סך כל המתאמנים שהגינו** – כפי שציינו, המטרה הראשית של הארגון הינה להcin את המתעלמים באופן הטוב ביותר לאולימפיידה. מכיוון כי נרצה כמות מקסימלית אפשרית של מתעלמים ששיסימו יום שלם באולם התעמלות הקרקע. הדבר כולל בתוכו מעבר בכל המכשירים המיועדים להם וכן, הרצתת תזונה וטיפול אצל עובדי המרכז.
- **אחוז המתעלמים שעצרו באימון המכשירים בעקבות רמת עייפות גבוהה – מתעלם אשר מגיע לsofar רמת העייפות שלו** (לפי מגדרו) עצר את אימון המכשירים וממשיך הלאה לקבלת שירות מאנשי המקצוע ולשימוש ביתר האפשרויות באולם. אנו נשאף למזער כמות האנשים העוזרים את האימון בעקבות עייפות מטירה לשפר את המוכנות של מספר רב ככל האפשר של מתעלמים לאולימפיידה. אנו מניחים כי אימון המכשירים הוא השלב הנמצא בלבת תהליך ההכנה לאולימפיידה ועל כן נשאף שמתעלמים הנמצאים במערכת יספיקו לבצע מספר רב ככל הניתן של מכשירים.
- **אורך תור מקסימלי למכשיר ground workout** – כאשר חקרנו את פלטי בדיקות הנכונות, שמו לב כי התור המציג במהלך היום במכשיר ground workout, גדול משמעותית מהතורים המציגים ביתר המכשירים. אנו מניחים כי דבר זה נובע מהיותו המכשיר המשותף היחידי המתאים גם למתעלמים וגם למעמלות ויש ממנו מכשיר יחיד(שלא כמו מכשיר קפיצות). על כן, נרצה למזער ככל הניתן את אורך תור המקסימלי למכשיר [ground workout](#).

6.2. סוג המערכת

המערכת המודולת מתארת יומ פועלות מתאימים במרכז הספורט הלאומי, כך שהסימולציה מגדירה תנאי סיום ליום הפעילות – שעת סיום 00:20 בו המרכז נסגר. ליום פועלות אין תלות ביום שקדם לו כלומר מתעלמים לא משלימים את פעילותם ביום הבא, על כן, המערכת אותה נמדל הנה מערכות מסווג "מערכת מסתיימת" - System Terminating, על כן אין כל צורך בחישוב זמן חיים.

חידות הזמן המוגדרת במודול המערכת	זמן דקוט
מספר הרצות בודדת	14 שעות (840 דקות)
מספר הרצות ראשוני (נקבע שרירותית)	15 הרצות

מספר הרצות נדרש:

בכדי למצוא את המודול היעיל ביותר כך שהמדדים אותם הגדרנו יקבלו ערכיהם האופטימליים, נבחן בהמשך שתי חלופות בהשוואה למצב הקיימן. על מנת לבצע השוואה מהימנה בין החלופות נרצה להבטיח שרווח הסマー עבור המדדים בכל חלופה יהיה מסופיק "הדווקאים" וכן נרצה לבדוק מהו מספר הריצות הנדרש על מנת שכל המדדים בכל החלופות יעמדו ביחס של דיוק יחסי. ([תוספת 4](#))

$$\text{נדרוש שרווח הסマー לכל המדדים בכל המודדים יהיה בר''מ } 0.9 = a_{total} \text{ ודיוק יחסי של } \gamma' = 0.04761$$

להלן הדיוק היחסי לכל ממד במצב הקיימן ובכל אחת מהחלופות (עיגול ל-4 ספרות אחרי הנקודה) :

מצב קיימן	סימנו يوم אימון שלם	אחוז המתעלמים אשר סימנו יום אימון	עקב רמת עייפות גבוהה	אורך תור מקסימלי ground workout
0.0462	0.0462	0.0462	0.0980	0.0321
0.0175	0.0175	0.0175	0.05391	0.05397
0.0235	0.0235	0.0235	0.0728	0.0196

ניתן לראות כי עבור המדדים המסווגנים באדום אין עמידה בדיק היחסי, אך נחשב את מספר הריצות הנדרש לכל אחד מהמודדים על מנת שכל המדדים יעמדו בדיק זה.

מספר הריצות המתתקבל		
חלופה 2	חלופה 1	מצב קיימן
36	20	64

ערכי הדיקן היחסי החדש (המתקבלים מ-64 הרצות):

אורך תור מקסימלי ground workout	אחוז המתעמלים שעצרו אימון	אחוז המתעמלים אשר סיימו يوم שלם במערכת	אחוז המתעמלים אשר סיימו קיטנים מ- 0.04761 = 'g'
0.0125	0.0350	0.0218	מצב קיים
0.0237	0.0225	0.0083	חלופה 1
0.0117	0.0437	0.0094	חלופה 2

נראה כי כלל המددים מקבלים דיקן יחסי העומד בחסם, (ערכים קטנים מ- 0.04761 = 'g')

על כן, מספר הריצות הכלול אותו נקבע הנהו: 64 הרצות.

6.3. ניתוח מצב קיים ביחס לממדים ולמטרות (הפרויקט/הארגון)

הערכים המתקבלים לממדים מתוך שקלול צפויות המתקבלות מ-64 הרצות של מצב קיים (נוסף 6.1) ננתח את התוצאות ונסיק את המסקנות הבאות:

- ☒ על פי התוצאות המתקבלות, ניתן לראות כי רק 6.2% מהמתעמלים מסוימים את כל יום הסימולציה במלואו. זהו נתון חריג ביותר וקטן מאוד. לאחר והגדרנו את אחוז המסויימים כמדד הראשי שלנו, נרצה לתת לו דגש ולשפר אותו ככל שניתן במוגבלות התקציב והSHIPORIM. ברור כי עלייה באחוז המתעמלים מסוימים את יומם הסימולציה תוביל לעלייה בביצועים שלהם ובכישוריהם לאולימפיאדה.
- ☒ מدد אורך התור המקסימלי למכשיר הקרקע עומד על כ-406 אנשים! ברור כי זה נתון גבוה מאוד וחריג ביחס לשאר התורים ליתר המכשירים וכן נרצה לבצע שינויים במטרה להקטין את התור למכשיר זה ולמנוע מצב בו מתעמלים רבים לא מצליחים לבצע אימון מלא עקב התור למכשיר זה.
- ☒ מدد אחוז האנשים מסוימים להתאמן בעקבות עייפות אمنם אינו גבוה במיוחד והוא עומד על כ- 4.4% אך עם זאת, כישוריהם של אנשים אלו נפגעת. בנוסף, סביר להניח כי האנשים אשר מסוימים את האימון בעקבות עייפות אלו אנשים מראשים שהגיעו לאולם (משום שהם עוברים במהירות יחסית בין המכשירים לפני שמצובר תור). לאנשים אלו פוטנציאל גבוה יותר לסיים את יומם האימון וכן נרצה לשמור אותם.

6.4. תיאור החלופות

על מנת להביא לתוצאות משופרות עבור הממדים הנבחרים, קיבלנו התקציב של כ-\$50,000 עבור בניית חלופות. בנוסף, הוצעו בפניינו מספר SHIPORIM ועלותם לצורך רכבת כל אחת מהחלופות.

להלן שתי החלופות שיצרנו:

חולופה 1		
עלות	משמעות	SHIPOR
14,000\$	הקטנת תוחלת האימון בכלל המכשירים ב-25%	הוסף עמדת קפה בתאי ההלבשה
16,000\$	מכשיר המיועד לשני המינים שבמערכת ישנו מכשיר יחיד מסוגו	הוסף מכשיר התعمالות - קרקע
16,000\$	במערכת יש כעת מכשיר יחיד מסוגו מדורגים	הוסף מכשיר התعمالות - מקבילים
46,000\$		עלות כוללת בעבר חולופה זו :

חולופה 1 – הסבר:

בחולופה זו התמקדמנו בשיפור זמני העמידה בתורים למכשירים והאימון עצמו בכל אחד מהם, במטרה לשפר את המددים שהגדכנו. עמדת הקפה המביאה להקטנת תוחלת משך זמן האימון, תביא לעלייה בכמות המתאמנים בכל מכשיר ותשיע בשיפור אחוז המתعمالים אשר סיימו יום שלם. הוסף מתאמנים במכשירים המדורגים נקבעה בעקבות הצלבותות תורים ארוכים בכל אחד מהם יחסית ליתר המכשירים. הצלבותות במכשיר קרקע נקבעה מכך שהוא המכשיר היחיד המשמש מתعمالים ומתחום גם יחד ויש רק אחד מסוגו באולם. ברור כי הוסף מכשירים נוספים מסוגים אלו תוביל להקטנה בתורים אליהם ותשיע בשיפור מدد אורק התור המקסימלי ground workout.

מתוצאות המددים שהתקבלו לאחר הכנסת כל השיפורים הנכללים בחולופה 1:(נספח 6.1)

נראה כי נרשמה עלייה באחוז המסיימים שעומד כעת על 7.6% ביחסו לשוויה של 6.2% במצב הקיים. עלייה זו מעודדת ומחזקת את חשיבות החולופה. בנוסף, הכנסת מתקן קרקע נוספת אkan הובילה לשיפור משמעותי וכעת אורק התור המקסימלי למכשיר קרקע הינו 115.06.

חולופה 2		
עלות	משמעות	SHIPOR
14,000\$	הקטנת תוחלת האימון בכלל המכשירים ב-25%	הוסף עמדת קפה בתאי ההלבשה
20,000\$	איפוס רמת העייפות של כלל המתعمالים באולם ברגע הגעת הי"ר. נבחר שיגיע ב-13:00	ביקורת י"ר הוועד האולימפי באולם
10,000\$	הקטנת הסיכוי שמתועלן ילך לסדנת תזונה במתיחס ב-7%	העברת הרצאות תזונה בזום מעבר לשעות פעילות האולם
44,000\$		עלות כוללת בעבר חולופה זו :

חולופה 2 – הסבר:

חולופה זו, תשיע להגדלת אחוז מסימי היום, ע"י שימוש בעמדת הקפה שכפי שציינו בחולופה 1, נותנת מענה לשיפור בכמות המתعمالים המסיימים את המכשירים ומצוות העומס בתורים. כמו כן, נסזה להפחית מצבים בהם מתועלן עוצר אימון מכשירים עקב רמת עייפות גבוהה. בבדיקה הי"ר איפוס רמת העייפות תזוזמן לשעה 13:00, כך שמאז אחד, במערכת כבר יהיה מספיק ישיות שעיניות תתאפס להן ויכלן לסייע את כלל המכשירים, ומצד שני עדין עוד מוקדם ולא הצלבו

תורים ארוכים מדי, لكن לשויות הנמצאות במכשירים סיכוי טוב לשיטם את המכשירים הקטנות הסיכוי שמתעמל ייך להרצאת תזונה מגבירה את הסיכוי שהוא יסימם את היום מוקדם יותר ויצא מהמערכת.

מתוצאות המדדים שהתקבלו לאחר הכנסת כל השיפורים הנכללים בחלופה 2: (נספח 6.1)

נראה כי גם בחלופה זו אחוז המסיימים את יום הסימולציה גדול ועומד על כ-7.5%, בעוד, נראה כי הכנסת שיפור בנושא העייפות הביא לכך שאחוז מס' ימי האימון עקב עייפות קטן ועומד על כ-2.8%.

6.5 השוואة סטטיסטית בין מצב קיים לחולופות מוצעות

לאחר מידול המצב הקיים ומידול החולופות ע"י הוספת השיפורים לכל חלופה, ובוחינת התוצאות המתקבלות מהרצת הסימולציה בכל אחד מהמודלים, נערך בחינת כדאיות בין החולופות למצב הקיים, וכן, אחת מול השנייה. בחינה זו תיעשה על ידי השוואת ערכי 3 המדדים הנבדקים בכל אחד מ-3 המודלים ולשם כך נערך 9 השוואות. על מנת להשוות בין החולופות ע"י בחינת ערכי המדדים נבצע מבחני χ^2 מזוג עם ר"מ כוללת 0.09. (נספח 6.3). נרכז את כלל התוצאות שהתקבלו:

אחוז מס' ימי אימון עקב במערכות		אחוז עוצרי אימון עקב רמת עייפות גבוהה		אורך תור מקסימלי למכשיר הקרן		מודלים מושווים	השווה
רוח סמן	עדיף	רוח סמן	עדיף	רוח סמן	עדיף		
חולופה 1	(-1.55 – 1.15)	חולופה 1	(-8.50 – 7.71)	חולופה 1	(2.83 – 3.00)	מצב קיים	1
	(-1.52 – 1.10)	חולופה 2	(1.32 – 1.84)	חולופה 2	(-8.08 – 5.95)	חולופה 2	מצב קיים
אדישים	(-6.97 – 1.42)	חולופה 2	(9.29 – 1.01)	חולופה 1	(-3.70 – 3.53)	חולופה 2	חולופה 2
	אדישות	חולופה 2	חולופה 1	חולופה 1	חולופה מעדפת למדד:	חולופה 1	חולופה 1

7. מסקנות

בפרויקט זה, חקרנו את ההתנהלות היומית באולם התعاملות הקרן של הוועד האולימפי. לאחר בדיקה מעמיקה, הגיענו למסקנה כי ברצוינו לשפר את אחוז המתعاملים המסיימים يوم אימון מלא, אחוז המתعاملים הנוטשים בעקבות עייפות ואת אורך התור המקסימלי. כתוצאה לכך, בהתאם לתקציב הנוכחי לנו, בנוינו שתי חולופות אשר שיפרו את מדדים אלו או את חלקם. נראה כי חלופה 1 דומיננטית עבור מدد אורך התור המקסימלי למכשיר הקרן ואילו חלופה 2 דומיננטית עבור ממד אחוז המתعاملים העייפים. במדד השלישי קיימת אדישות בין החולופות. מאוחר ואנו נתונים חשיבות גבואה יותר עבור ממד אורך התור המקסימלי למכשיר הקרן על פני אחוז המתعاملים העייפים, נמליץ לוועד האולימפי לבחור בחלופה 1 ולרכוש מכשיר קרן נוסף, מכשיר מקבילים מדורגים נוסף להוסיף עמדת קפה בעלות של כ-\$ 46,000. כן, נביא לשיפור ממשוני בשני המדדים המרכזיים.

8. נספחים (0.5 עמוד)

נספח 1 – בדיקות נכונות

נספח 1.1 – בדיקות נכונות תכנות המצב הנוכחיים

1.1.1 בדיקות מידול בוחני הוידאו

בוחני וידאו - בדיקת נכונות 1					
אם מתאים סיים מכשיר לפני שבחני הוידאו הגיעו, הוא יחזיר ויבצע עוד מכשיר (ולא ימתין לבחון הוידאו שיגיע), ולאחר מכן ינסה לתפוס את בוחן הוידאו שוב (באופן איטרטיבי).					

לשם הבדיקה נשתמש בטבלה `zals_get_mon_arrivals` עם סינון שם הישות `0man_man0` לקבלת זמני הגעה וסיום למשאבים של המתאמן הגבר הראשון במערכת.

name	start_time	end_time	activity_time	resource	replication
gymna:	All	All	All	All	All
gymnast_man0	2.792802	6.228619	3.435817	MansLockeRooms	1
gymnast_man0	6.228619	10.670366	4.441747	pommelHorse	1
gymnast_man0	10.670366	17.081467	6.411101	rings	1
gymnast_man0	17.081467	47.499549	5.657079	GroundWorkeout	1
gymnast_man0	47.499549	85.117947	5.624219	jumpToolA	1
gymnast_man0	85.117947	148.818534	3.248925	ParallelBars	1
gymnast_man0	148.818534	161.653078	12.834545	VideoTestersRoom3	1
gymnast_man0	161.653078	214.184154	4.061481	horizontalBar	1
gymnast_man0	214.184154	224.891254	2.874981	VideoTestersRoom3	1
gymnast_man0	240.000000	276.755818	36.755818	nutritionist2	1

הטבלה מתארת מתאם אשר לא סיימ את כל המכשירים לפני 8 דקות:

ניתן לראות כי לפני שעת ההגעה של בוחן הוידאו (120 دق) , המתאמן לא תופס את בוחן הוידאו וביצע 5 מתוך 6 מכשירים. לאחר מכן הוא צופה בוידאו במשך זמן המתאים לצפייה ב-5 סרטונים (ממוצע צפייה הסרטון 3 דקות). כשמשיים לצפות מבצע מכשיר נוסף, ולאחר מכן צופה הסרטון היחיד.

בוחני ידיאו - בדיקת נוכחות 2

אם מתאמן סימן את כל המכשירים לפני שבוחני היידאו מגיעים, הוא ימתין לשעת ההגעה של בוחן היידאו, יתפוא את בוחן היידאו, ורק לאחר שיצפה בוידאו של כל המכשירים ימשיך להרצאת התזונה.

ע"י שאלת SQL הבאה נמצא את כל המתאמנים שסימנו את המכשירים לפני 8 דקות (זמן הגעת בוחני היידאו):

```
allGymnastFinishAllappliancesBefore120min <- sqldf(
  "select *
  from mon_attributes
  where key =='times' AND (value==6 or (value==4 and name like '%woman%' )) AND time<120")
```

הפלט:

	time	name	key	value	replication
1	63.93695	gymnast_woman1	times	4	1
2	113.17246	gymnast_woman0	times	4	1

נראה כי 0=gymnast_woman1 ו-1=gymnast_woman0 סימנו לפני 8 דקות.

נבדוק את נתוני 0=gymnast_woman0 בטבלת get_mon_arrivals:

name	start_time	end_time	activity_time	resource	replication
gymnast_woman0	2.619739	5.784604	3.164865	WomansLockeRooms	1
gymnast_woman0	5.784604	8.377774	2.593169	gradualParallelBars	1
gymnast_woman0	8.377774	18.467762	5.290126	barA	1
gymnast_woman0	18.467762	60.614461	3.315229	GroundWorkeout	1
gymnast_woman0	60.614461	113.172457	3.994897	jumpToolA	1
gymnast_woman0	120.000000	133.792083	13.792083	VideoTestersRoom5	1
gymnast_woman0	133.792083	194.891257	27.290235	Physiotherapist	1
gymnast_woman0	194.891257	203.902092	9.010835	womansShower	1

ניתן לראות כי המתعاملת סימה את כל 4 מכשירי ההתעלמות של הנשים בדקה 113, המתינה עד 120, ואז ניגשה לתפוא את בוחן ידיאו 5, צפתה בסרטי היידאו במשך כ-14 דקות (מתאים לצפייה בסרטי ידיאו) והמשיכה להמשך המסלול.

בוחני ידיאו - בדיקת נכונות 3

כשבוחני הווידאו מגעים, מתאמן צפה בסרטוני הווידאו לכל המכשירים שביצע עד שהגיעו.

մեדי Kot הפלט הקודמות שבוצעו לבדיקת מידול בוחני הידיאו, ראיינו כי אכן זמן הפעילות של ישות אצל בוחן ידיאו לאחר שביצעה מספר מכשירים (יותר מ-1) נקבע ערך המתאים להתפלגות זמן צפיה במספר הסרטונים הדרושים (3 دق' ממוצע לסרטון כפול מספר המכשירים שעשה לפני שהגיעו לבוחן הידיאו).

gymnast_woman0	5.784604	8.377774	2.593169	gradualParallelBars	מכשיר 1	1
gymnast_woman0	8.377774	18.467762	5.290126	barA	מכשיר 2	1
gymnast_woman0	18.467762	60.614461	3.315229	GroundWorkeout	מכשיר 3	1
gymnast_woman0	60.614461	113.172457	3.994897	jumpToolA	מכשיר 4	1
gymnast_woman0	120.000000	133.792083	13.792083	VideoTestersRoom5		1

$$13.793 \sim \text{norm}(\text{mean} = 3 \text{ minute}, \text{sd} = 45 \text{ second}) * 4$$

1.1.2 בדיקות מידול שעות הגעה וסיום הגעה

שעות הגעה וסיום הגעה - בדיקת נכונות 1

בעל המקצוע מגעים ב-8

נתבונן בטבלה `get_mon_resources` ונוכל לראות כי בדקה 120 יש עדכן בcapacity ובגודל התוור האפשרי של כל בעל המקצוע. כמו כן, בטבלה זו בעל המקצוע לא הופיעו לפני דקה 120.

resource	time	server	queue	capacity	queue_size
All	All	All	All	All	All
Physiotherapist	120.0000	0	0	2	Inf
VideoTestersRoom1	120.0000	0	0	2	0
VideoTestersRoom1	120.0000	0	0	2	Inf
VideoTestersRoom2	120.0000	0	0	2	0
VideoTestersRoom2	120.0000	0	0	2	Inf
VideoTestersRoom3	120.0000	0	0	2	0
VideoTestersRoom3	120.0000	0	0	2	Inf
VideoTestersRoom4	120.0000	0	0	2	0
VideoTestersRoom4	120.0000	0	0	2	Inf
VideoTestersRoom5	120.0000	0	0	2	0
VideoTestersRoom5	120.0000	0	0	2	Inf
nutritionist1	120.0000	0	0	1	Inf
nutritionist2	120.0000	0	0	1	Inf

שעות הגעה וסיום הגעה - בדיקת נכונות 2

המתאימים לא מגיעים בטוחו של פחות מ-5 שעות זמן סגירת האולם (00:15:00 בצהרים)

בכדי לוודא שמתעמלים לא מגיעים לאחר 15:00 נדרש שזמן start time שלהם לא יהיה גדול מ-540. לשם הבדיקה נתבונן בפלט של שאלת SQL הבאה:

```
getMaxStart_time <- sqldf(
  "select max(start_time)
   from mon_arrivals ")
```

הפלט המתקיים:

	max(start_time)
1	539.4637

ניתן לראות כי אין מתעמל שmagiu לאחר דקה 539 (זמן הגעת המתעמל האחרון).

1.1.3 בדיקות מידול הגעה להרצאת תזונה

הגעה להרצאת תזונה - בדיקת נכונות 1

הרצאת תזונה תתחיל בשעה עגולה, או במידה והגיעו יותר מ-10 מתעמלים.

לשם הבדיקה נתבונן בפלט המתקיים שאלת SQL הבאה:

```
allProfessionalsActivity <- sqldf(
  "select *
   from mon_arrivalswithResources
   where (resource == 'nutritionist1' OR resource == 'nutritionist2')")
```

הפלט המתקיים:

gymnast_woman25	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman9	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman32	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman1	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman5	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman34	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_woman20	180	212.2137	32.213696	nutritionist1	1
gymnast_man5	180	219.4320	39.431968	nutritionist2	1
gymnast_man0	180	219.4320	39.431968	nutritionist2	1
gymnast_man42	180	219.4320	39.431968	nutritionist2	1
gymnast_man2	240	272.8923	32.892349	nutritionist2	1

ונכל לראות כי בשעה 9:00 מתחילה 2 הרצאות תזונה במקביל אצל שני התזונאים, אך שככל הרצאה יש פחות מ-10 אנשים ובשתי הרצאות יש 10 אנשים.

הדבר נוגד את אופן המידול האופטימלי, שכן אם הגיעו קבוצה של 10, סביר שהם התקבצו לפני באיחוד הישויות (batch) ועל כן נצפה שכקבוצה הם יבחרו בתזונאי מסוים ויתחילו הרצתה אצלם במקומם להמתין לשעה עגולה.

על כן ניעזר בהנחה המקלה שניתנה לנו לפיה הרצאות תזונה מתקיימות בנפרד לנשים ולגברים. לאחר התיקון הנדרש לנק בקוד הסימולציה, הפלט המתקבל מהרצת שאלת SQL שהוצאה:

name	start_time	end_time	activity_time	resource	replication
gymnast_woman0	180	210.4741	30.474147	nutritionist1	1
gymnast_woman1	180	210.4741	30.474147	nutritionist1	1
gymnast_woman7	180	210.4741	30.474147	nutritionist1	1
gymnast_man6	180	216.6143	36.614319	nutritionist2	1
gymnast_man5	180	216.6143	36.614319	nutritionist2	1
gymnast_man2	180	216.6143	36.614319	nutritionist2	1
gymnast_woman9	240	270.6343	30.634331	nutritionist1	1
gymnast_woman3	240	270.6343	30.634331	nutritionist1	1
gymnast_woman40	240	270.6343	30.634331	nutritionist1	1
gymnast_woman4	300	336.4238	36.423841	nutritionist1	1
gymnast_man17	300	338.8628	38.862826	nutritionist2	1

ניתן לראות כי הקבוצות מתחילה הרצאות בשעות עגولات, נשים וגברים משוכרים לרצאות של תזונאים שונים ואין קבוצה הגדולה מ-10 שהצטברה עד שעה עגולה (קבוצת גברים/קבוצת נשים), ולכן המידול כעת אופטימלי.

1.1.4 בדיקות מידול פיזיותרפיסטים

פיזיותרפיסטים - בדיקת נכונות 1

הרכב הפיזיותרפיסטי משתנה בהתאם למשמרות.

לשם הבדיקה נתבונן בפלט שאלת SQL הבאה המנפיקה את הזמן בהם נעשו שינויים בערך ה- capacity של הפיזיותרפיסטים (מחזירה את הזמן הראשון לכל ערך של capacity):

```
getCapacityChangedTimes <- sqldf(
  "select capacity, min(time)
  from mon_resources
  where resource='Physiotherapist'
  group by capacity"
)
```

הפלט המתתקבל:

	capacity	min(time)
1	2	120
3	5	360
2	3	600

ניתן לראות מני הפלט המתkeletal כי זמני השינוי של ה-capacity עברו פיזיותרפיסטים הם בשעה 00:08 כאשר מגיעים 2 פיזיותרפיסטים, ב - 12:00 כאשר מctrופים 3 פיזיותרפיסטים נוספים (סה"כ 5), וב00:16 כאשר שני הפיזיותרפיסטים של משמרות הבוקר מסיימים את היום (נשארים 3)

פיזיותרפיסטים - בדיקת נכונות 2

כאשר הפיזיותרפיסטים העובדים במשמרות בוקר מסיימים את המשמרות (בשעה 16), המתעמלים שהיו במהלך טיפול לא יפסיקו את הטיפול, כמובן, רק לאחר שייסימו את הטיפול יעצבו את הפיזיותרפיסטים, ולא בשעה 00:16:00 בדיק (600 דק')

בטבלת `get_mon_resources` ניתן לראות כי למשך שעה capacity משתנה לכואורה בשעה 00:16:00, מספר היישויות התופסות את המשאבות עדין גדול מ3 כמובן, מתעמלים שהיו בתיפול פיזיותרפיה, סיימו את הטיפול ורק אז יעצבו ולא ברגע שהcapacity משתנה.

resource	time	server	queue	capacity
ph	[...]	All	All	All
Physiotherapist	581.7693		5	0
Physiotherapist	588.2696		5	1
Physiotherapist	600.0000		5	1
Physiotherapist	606.9556		4	1
Physiotherapist	609.8564		3	1
Physiotherapist	610.9446		3	0

ניתן לקבל את אותה המסקנה גם מטבלת `mon_arrivals`. נראה כי ישיות שהיו אצל פיזיותרפיסט לפני שעת העזיבה של משמרות בוקר יסימנו את הטיפול לאחר שעת העזיבה ולא בבדיקה בשעה זו.

name	start_time	end_time	activity_time	resource	replication
All	[...]	All	All	ph	All
gymnast_man11	573.1244	606.9556	33.83119	Physiotherapist	1
gymnast_man18	573.1244	609.8564	36.73205	Physiotherapist	1
gymnast_woman18	579.3129	610.9446	31.63170	Physiotherapist	1
gymnast_woman27	579.3129	613.2576	33.94474	Physiotherapist	1
gymnast_woman20	581.7693	614.0149	32.24551	Physiotherapist	1
gymnast_man7	588.2696	644.4223	33.47774	Physiotherapist	1
gymnast_woman23	622.8008	654.4478	31.64701	Physiotherapist	1
gymnast_woman19	636.4987	668.1726	31.67383	Physiotherapist	1
gymnast_man9	648.3156	680.6128	32.29720	Physiotherapist	1
gymnast_woman33	654.0073	682.8438	28.39596	Physiotherapist	1

1.1.5 בדיקות מידול עייפות

عيיפות - בדיקת נכונות 1				
הعيיפות מתעדכנות בסיום מכשיר				

2.910889	gymnast_woman1	tiredness	0.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	GroundWorkeoutDone	1.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	gradualParallelBarsDone	1.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	BarDone	1.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	jumpToolDone	1.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	VideoTestersRoom	5.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	counter	0.0000000	1
2.910889	gymnast_woman1	times	0.0000000	1
12.615726	gymnast_woman1	GroundWorkeoutDone	0.0000000	1
12.615726	gymnast_woman1	counter	1.0000000	1
12.615726	gymnast_woman1	tiredness	0.6475254	1
12.615726	gymnast_woman1	times	1.0000000	1

ניתן לראות שכאשר הישות ביצעה מכשיר (ערך התוכונה על ביצוע המכשיר התעדכן), ערך העייפות של הישות עליה מ-0 ל- 0.6475 . (כמובן שביצענו בדיקות נוספות עבור ישותות נוספת וצפינו בהתנהלות תקינה של המודל).

عيיפות - בדיקת נכונות 2				
המתאמנים מפסיקים אימון אם העייפות גבוהה				

בכדי לבדוק מידול זה, נחפש תחיליה ישות שרמת העייפות שלהן הגיעו מעל לרמה המרובה.
(סינון התוכנות לתוכנת עייפות בלבד וסינון ערכי תוכנת העייפות לגודלים מ-2.3).

time	name	key	value	replication
All		tir	[...]	All
57.87541	gymnast_man1	tiredness	2.549570	1
76.78517	gymnast_man4	tiredness	2.561353	1
77.87984	gymnast_woman1	tiredness	2.681687	1
79.79861	gymnast_man2	tiredness	2.673202	1
84.64697	gymnast_man14	tiredness	2.609696	1
105.63897	gymnast_man6	tiredness	2.991996	1
118.35669	gymnast_man5	tiredness	3.097947	1
126.41753	gymnast_man7	tiredness	2.623422	1
132.28392	gymnast_man0	tiredness	2.523005	1
140.78218	gymnast_man2	tiredness	3.439117	1

כדוגמה נתבונן בנתוני הנקודות של מתעמל 6-

נתבונן בטבלת הנקודות של מתעמל 6 עם סינון הנקודות לתוכנה times המיצגת את מספר המכשירים שהישות ביצעה.

time	name	key	value	replication
All	gymnas	tir	[...]	All
53.02961	gymnast_man6	times	3	1
75.26078	gymnast_man6	times	4	1
105.63897	gymnast_man6	times	5	1
212.91892	gymnast_man68	times	3	1

ניתן לראות כי הערך המרבי המתkeletal לתוכנת times הוא 5, כלומר הישות ביצעה 5 מכשירים בלבד, ולא 6 שזה מספר המכשירים האפשרי לגברים. נזודא שערך העייפות עבר את המותר לאחר התרגיל החמישי:

time	name	key	value	replication
All	gymnas		[...]	All
74.62181	gymnast_man69	times	0.0000000	1
75.26078	gymnast_man6	ringsDone	0.0000000	1
75.26078	gymnast_man6	counter	4.0000000	1
75.26078	gymnast_man6	tiredness	2.3673751	1
75.26078	gymnast_man6	times	4.0000000	1
105.63897	gymnast_man6	horizontalBarDone	0.0000000	1
105.63897	gymnast_man6	counter	5.0000000	1
105.63897	gymnast_man6	tiredness	2.9919964	1
105.63897	gymnast_man6	times	5.0000000	1
105.66332	gymnast_man62	pommelHorseDone	0.0000000	1

נראה שכאשר ערך ה-times התעדכן ל-4, העייפות עדין לא עברה את העייפות המקסימלית, ורק לאחר התרגיל החמישי העייפות התעדכנה לערך הגודל מה夷יפות המקסימלית ולכן הישות לא המשיכה לביצוע התרגיל השישי.

1.1.6 בדיקות מידול הפסיקת אנשי מקצוע

הפסיקת אנשי מקצוע - בדיקת נוכחות 1

בעת הגיעו לשעת הפסקה נדרש שבמידה ובעל מקצוע היה במהלך מתן שירות לקוחות, הוא לא יפסיק את מתן השירות, אלא יסיים את השירות ואז יצא להפסקה

בכדי לנתח את התנהוגות המודל בזמן הפסיקת בעלי המקצוע, נתבונן בפלט של שאלת SQL הבאה המציגת את טבלת הישויות לפי משאבי עבור משאבי מסווג בעלי מקצוע בלבד:

```
breakCheck <- sqldf(
  "select *
   from mon_arrivalswithResources
  where resource=='Physiotherapist' OR resource=='nutritionist1'
    OR resource=='nutritionist2' OR resource=='VideoTestersRoom1' OR
    resource=='VideoTestersRoom2' OR resource=='VideoTestersRoom3' OR
    resource=='VideoTestersRoom4' OR resource=='VideoTestersRoom5'"
)
```

name	start_time	end_time	activity_time	resource	replication
All	[...]	All	All		All
gymnast_woman25	417.5487	438.3705	2.223636	VideoTestersRoom3	1
gymnast_man87	418.4185	439.9385	2.348976	VideoTestersRoom3	1
gymnast_man238	418.7310	422.0048	3.273765	VideoTestersRoom5	1
gymnast_woman191	419.1130	430.3791	2.160150	VideoTestersRoom2	1
break0	420.0000	426.5268	6.526825	nutritionist1	1
break0	420.0000	426.5268	6.526825	nutritionist2	1
break0	420.0000	426.5268	6.526825	VideoTestersRoom1	1
break0	420.0000	426.5268	6.526825	VideoTestersRoom4	1
break0	420.0000	427.9141	6.526825	VideoTestersRoom3	1
break0	420.0000	428.2189	6.526825	VideoTestersRoom2	1
break0	420.0000	428.5316	6.526825	VideoTestersRoom5	1
gymnast_woman10	420.0000	459.2369	32.710119	nutritionist1	1
gymnast_woman11	420.0000	459.2369	32.710119	nutritionist1	1
gymnast_woman69	420.0000	459.2369	32.710119	nutritionist1	1
break0	420.0000	461.8937	6.526825	Physiotherapist	1
gymnast_man14	420.0000	464.4392	37.912339	nutritionist2	1
gymnast_man3	420.0000	464.4392	37.912339	nutritionist2	1
gymnast_woman107	421.3808	430.2516	1.720029	VideoTestersRoom5	1

□ ניתן לראות כי משאב חדר וידיאו 5 נתפס ע"י מתאם 238 רגע לפני זמן הפסקה, (זהה תפיסת משאב ולא רק ניסיון כי זמן הסיום מינימום שווה לזמן השירות) ונitinן לראות כי הישות מסיים את הפעולות ורק אז הבוחן יצא להפסקה שכן זמן הפסקה הוא כ-6 דקות וישות הפסקה סיימה את פעילותה מול המשאב חדר וידיאו 5 רק לאחר 8 דקות לערך, לעומת זאת לא הגיעו ומיד שחררה את הלקוח משירות, אלא המתינה לסיום פעילותו ורק אז שחררה את המשאב להפסקה.

□ ניתן לראות את מימוש העדיפות של ישות הפסקה, כך שלמרות שהՃדר וידיאו 2 הגיעו מתעמלת 191 לפני 13:00, ישות הפסקה שהגיעה אחריה, תפסה את המשאב ברגע שהוא התפנה מהישות שהייתה בפעולות, והוצאה אותו להפסקה (ניתן לראות את זמן הסיום של ישות הפסקה).

□ ניתן לראות כי ישות הפסקה הגיעה אל הפיזיותרפיסט בשעה 13:00 אך למשך זמן הפסקה הנה כ-6 דקות, היא שחררה את הפיזיותרפיסטים לאחר חצי שעה, לעומת זאת המתינה לסיום השירות של המתעלמים שהיו אצל הפיזיותרפיסט בזמן זה ורק אז תפסה את משאב הפיזיותרפיסטים והוצאה אותם להפסקה.

נספח 1.2 – מבחן ח' בריבוע להתאמת התפלגות נתוני הגעה:

לאחר קבלת נתונים הגעת המתעלמים והמתעמלות, נרצה לבדוק מה' ההתפלגות המתאימה ממנה נתונים קצב הגעה הגיעו. תחילה, ערכנו את הנתונים באקסל, תוך חישוב ההפרשיות בין הגעת מתעלם מסוים לקודמו. זאת משומש שבדיקת נתונים הגעה למקום, נרצה לבדוק את משך הזמן ש עבר בין שני מופעי הגעת מתעלמים. ההתפלגות אשר נבדקו הן נורמלית וקספוננציאלית. להלן פלט RMD אשר יסייע לנו בעריכת מבחני ח' בריבוע לבדיקת טיב התאמה.

נרצה לעורוך מבחן ח' בריבוע על מנת להבין איזה התפלגות קרובה ביותר לנ נתונים אלו.

מתעלמים:

```

fitting of the distribution 'norm' by maximum likelihood
Parameters :
Loglikelihood: -73.33673 AIC: 150.6735 BIC: 154.4975
Correlation matrix:
      mean sd
mean   1  0
sd     0  1

Fitting of the distribution 'exp' by maximum likelihood
Parameters :
Loglikelihood: -55.29299 AIC: 112.586 BIC: 114.498

```

מתעמלות

```

fitting of the distribution 'norm' by maximum likelihood
Parameters :
Loglikelihood: -85.49432 AIC: 174.9886 BIC: 178.8127
Correlation matrix:
      mean sd
mean   1  0
sd     0  1

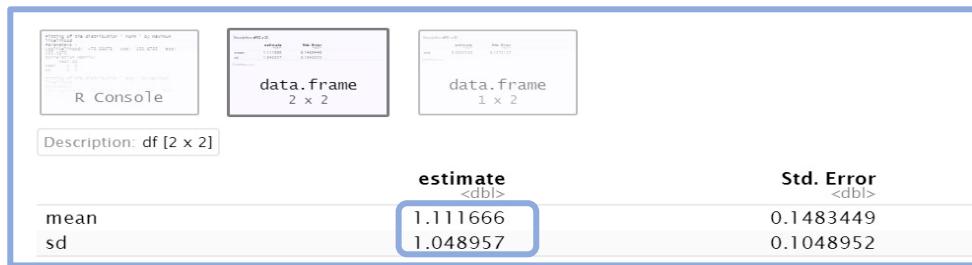
Fitting of the distribution 'exp' by maximum likelihood
Parameters :
Loglikelihood: -61.76681 AIC: 125.5336 BIC: 127.4456

```

נתבונן בפלט RMD לבחן ח' בריבוע לטיב התאמה להתפלגות נורמלית ומעירכית.
ניתן לראות כי עבור מתעלמים ומתעמלות מתקבלים ערכים המניבים מסקנות דומות:
ערכים C,AIC,BIC נמוכים יותר עבור התפלגות מעריכית וערך loglikelihood גדול יותר עבור התפלגות מעריכית. על כן נאמר כי לפי מבחן זה התפלגות מעריכית מתאימה יותר לקלט הנתונים.

עבור מתעלמים

במידה ונתוני הגעת המתעלמים לקוחים מהתפלגות נורמלית, ממוצע וסטיית התקן יהיו:



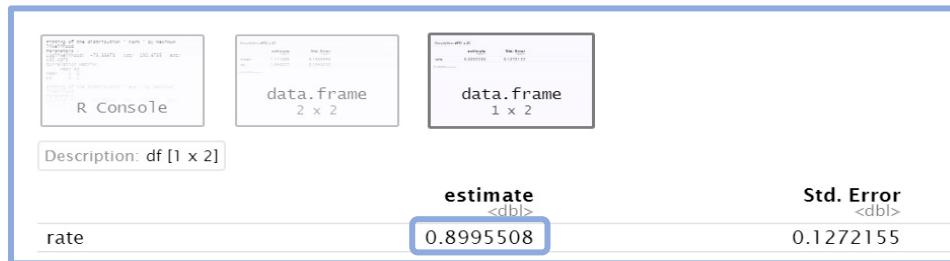
R Console

Description: df [2 x 2]	
mean	estimate <dbl> 1.111666
sd	1.048957

Std. Error
<dbl>

estimate	Std. Error
1.111666	0.1483449
1.048957	0.1048952

במידה ונתוני הגעת המתעלמים לקוחים מהתפלגות מעריכית, הparameter יהיה:



R Console

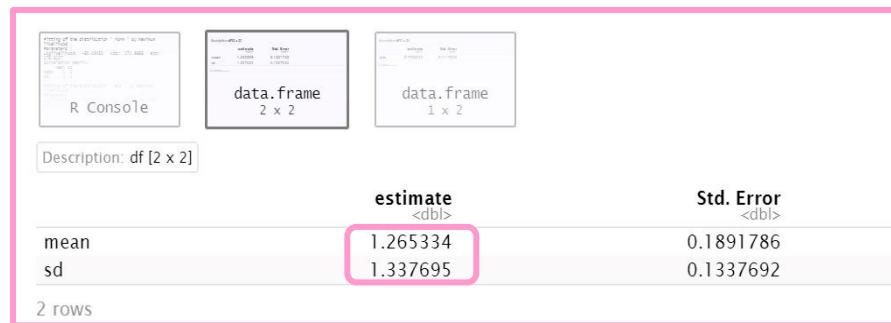
Description: df [1 x 2]	
rate	estimate <dbl> 0.8995508

Std. Error
<dbl>

estimate	Std. Error
0.8995508	0.1272155

עבור מתעלמות

במידה ונתוני הגעת המתעלמות לקוחים מהתפלגות נורמלית, ממוצע וסטיית התקן יהיו:



R Console

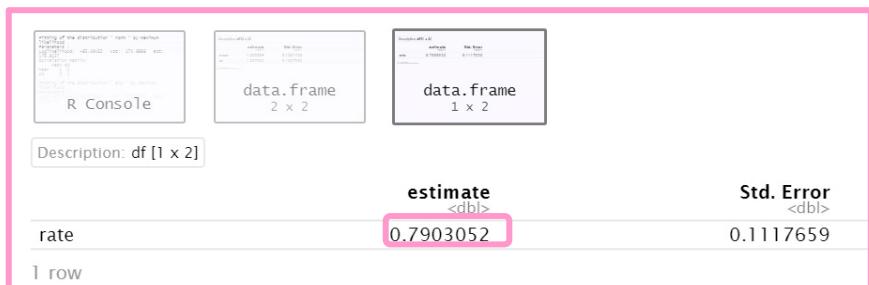
Description: df [2 x 2]	
mean	estimate <dbl> 1.265334
sd	1.337695

Std. Error
<dbl>

estimate	Std. Error
1.265334	0.1891786
1.337695	0.1337692

2 rows

במידה ונתוני הגעת המתעלמות לקוחים מהתפלגות מעריכית, הparameter יהיה:



R Console

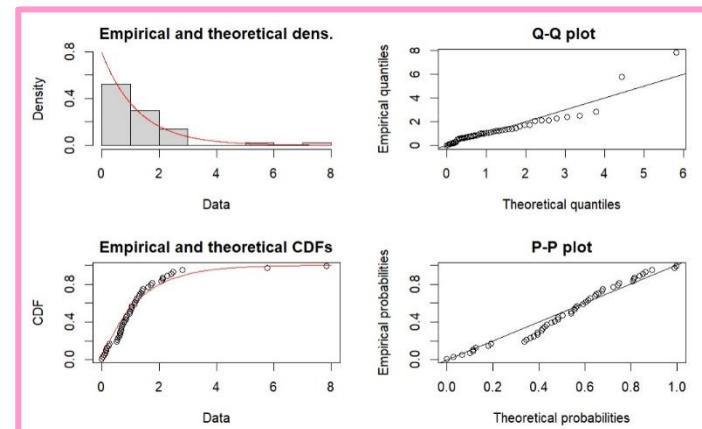
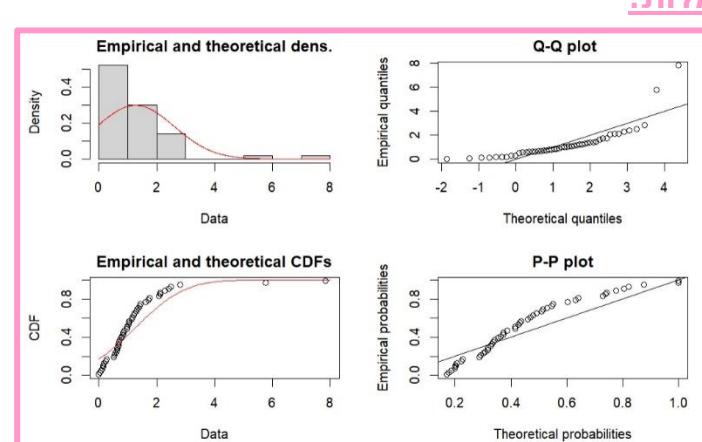
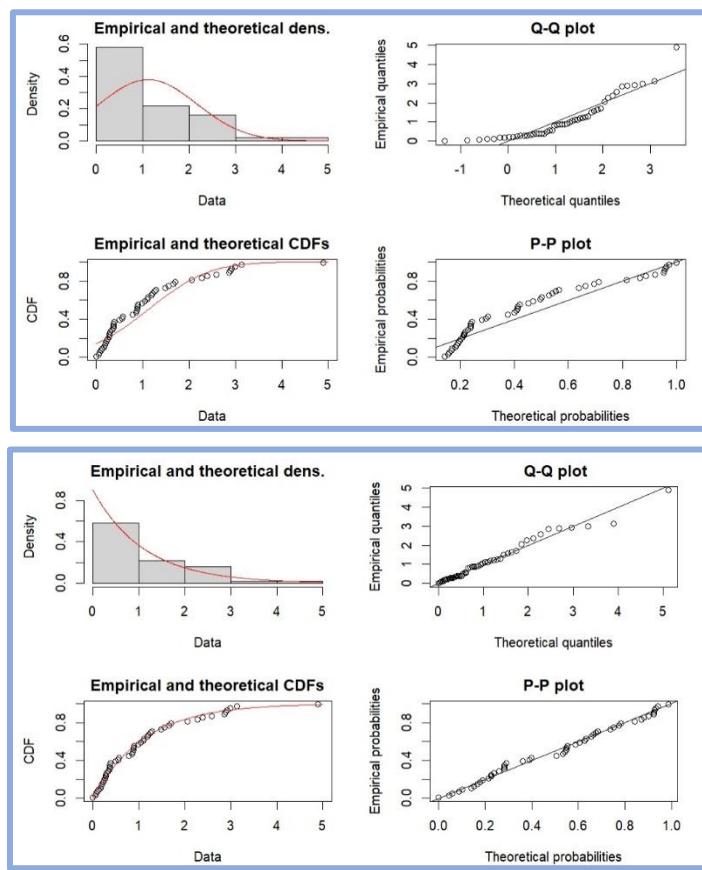
Description: df [1 x 2]	
rate	estimate <dbl> 0.7903052

Std. Error
<dbl>

estimate	Std. Error
0.7903052	0.1117659

1 row

מתעדמלים



מתעדמלות:

מהתרשים מ לעיל, ניתן לראות כי ההסתrema להסתפוגות מעריצית ברורה יותר מההסתrema להסתפוגות נורמלית.

מתעלמים

נעדרנו ב מבחן KS על מנת לבדוק את ההסתפוגות המתאימה:

```
```{r}
expgof<- gofstat(expFit)%>%print()
expgof$kstest%>%print()

Goodness-of-fit statistics
1-mle-exp
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.08836356
Cramer-von Mises statistic 0.04391904
Anderson-Darling statistic Inf

Goodness-of-fit criteria
1-mle-exp
Akaike's Information Criterion 112.586
Bayesian Information Criterion 114.498
1-mle-exp
"not rejected"

For exp Fit - H0 is denied.

```
```{r}
normgof<- gofstat(normFit)%>%print()
normgof$kstest%>%print()

Goodness-of-fit statistics
1-mle-norm
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.1550138
Cramer-von Mises statistic 0.3920673
Anderson-Darling statistic 2.3369753

Goodness-of-fit criteria
1-mle-norm
Akaike's Information Criterion 150.6735
Bayesian Information Criterion 154.4975
1-mle-norm
"not rejected"
```

```

לפי מבחנים אלו ניתן לראות כי גם ההשערה שהנתונים נדגו מהתפוגות מעריצית וגם ההשערה שהנתונים לקוחים מהתפוגות נורמלית לא נדחו כלומר לפי כל אחד מה מבחנים ניתן לקבוע כי הנתונים נלקחו מהתפוגות הנבדקת.

מתעלמות

```
```{r}
expgof<- gofstat(expFit)%>%print()
expgof$kstest%>%print()

Goodness-of-fit statistics
1-mle-exp
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.1552017
Cramer-von Mises statistic 0.1895157
Anderson-Darling statistic Inf

Goodness-of-fit criteria
1-mle-exp
Akaike's Information Criterion 125.5336
Bayesian Information Criterion 127.4456
1-mle-exp
"not rejected"

```
```{r}
normgof<- gofstat(normFit)%>%print()
normgof$kstest%>%print()

Goodness-of-fit statistics
1-mle-norm
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.2100090
Cramer-von Mises statistic 0.6353525
Anderson-Darling statistic 3.8787439

Goodness-of-fit criteria
1-mle-norm
Akaike's Information Criterion 174.9886
Bayesian Information Criterion 178.8127
1-mle-norm
"rejected"
```

```

לפי מבחנים אלו ניתן לראות כי ההשערה שהנתונים נדגו מהתפוגות מעריצית לא נדחתה ואילו ההשערה שהנתונים לקוחים מהתפוגות נורמלית נדחתה כלומר לפי מבחני קולמוגורוב סmirnov וסיק שהנתונים נדגו מהתפוגות מעריצית, אותן מסקנה שהתקבלה מבוחן ח' בריבוע.

לסיכום, מה מבחנים שהוצגו לעיל, נקבע כי קצב הגעת המתעלמים והמתעלמות לאותם הספורט הנה מתפלג מעריצית, עבור מתעלמים - $\exp(\lambda) = 0.89955077$ ועבור מתעלמות - $\exp(\lambda) = 0.7903051$

נספח 1.3 – מבחני טיב התאמה למדדים:

ניתן לראות כי המדדים "חישוב אחוז המתعاملים ששס"יו יומם אימון במלואו מתוך סך כל המתאימים שהגיעו", ו-"אחוז המתعاملים שעצרו באימון המכשירים בעקבות רמת ע"יפות גבוהה" – הנם מדדים המיצגים פרופורציה של מקרים מס'ך כל המקרים האפשריים. נניח נורמליות עבור מדדי הפרופורציה, שכן ניתן להתייחס אליהם כמוצע של תצפויות עבור המתعاملים. כך שכל תצפית הנהו משתנה מקרי אינדיקטורי: $\begin{cases} 1 & \text{כך שהוא מקבל ערך 1 במידה והתצפית מייצגת מתعامل שס"י יומם אימון במלואו / לא עזב עקב התע"יפות -0 אחרת.} \\ 0 & \text{else} \end{cases}$

משתנים מקרים ומספר התצפויות הנציגות גדול מספיק, נוכל להניח לפי משפט גבול מרכז כי הפרופורציות מתפלגות נורמלית.

עבור התפלגות המדד השלישי – "אורך תור מקסימלי למכשיר ground workout" לא ניתן להניח נורמליות ללא ביצוע בדיקות טיב התאמה. על כן נעורו בדיקת טיב התאמה להתפלגות זו:

בחן טיב התאמה להתפלגות אורך תור מקסימלי למכשיר הקrukע:

נבחן את נתוני אורך התור המקסימלי המתקבלים בכל אחתמן 64 הריצות הסימולציה ונבחן האם הם מגיעים מהתפלגות נורמלית או מעריכית.

נכצע מבחן חי בריבוע לטיב התאמה עבור התפלגות נורמלית ומעריכת. להלן התוצאות:

```
```{r}
normFit<-fitdist(samples,"norm") # fitting a normal distribution
summary(normFit) # summary function displays the results
expFit<-fitdist(Samples,"exp") # now the fit will work
summary(expFit)
```



Fitting of the distribution ' norm ' by maximum likelihood  

Parameters :  

Loglikelihood: -286.0494 AIC: 576.0989 BIC: 580.4166  

Correlation matrix:  

mean sd  

mean 1.000000e+00 -3.504279e-08  

sd -3.504279e-08 1.000000e+00



Fitting of the distribution ' exp ' by maximum likelihood  

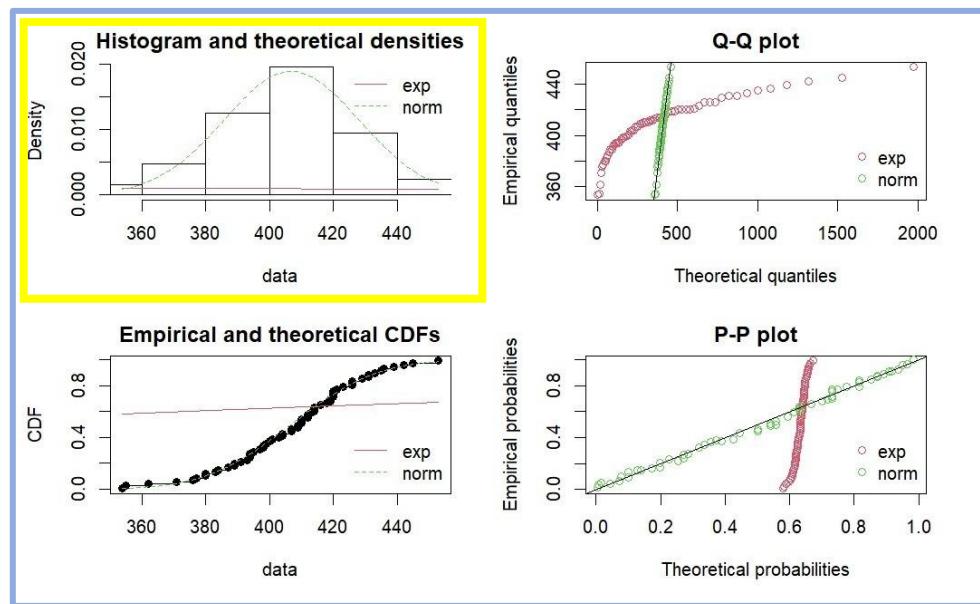
Parameters :  

Loglikelihood: -448.5468 AIC: 899.0937 BIC: 901.2526


```

מתוצאות אלו, נסיק כי הנתונים הגיעו מהתפלגות נורמלית. זאת מאחר והמדדים המתקבלים עבור מבחן ההשערות לטיב התאמה עבור התפלגות נורמלית טובים יותר מהמדדים המתקבלים עבור המבחן להערכת התפלגות מעריכית. ניתן לראות כי -loglikelihood גבוה יותר וערכי מדדי AIC וBIC נמוכים יותר.

מציג השוואות גרפיות נוספות בין ההתפלגות הנבדקות (נורמלית ומעריצית)



מההסתוגמה לעיל, ניתן לראות כי התאמת ההתפלגות הנורמלית חזקה ומובהקת הרבה יותר מההתאמת ההתפלגות המעריצית. כמו כן, גם שאר התרשיים מאוששים השערת זו.

מבחן נוסף שנערך הוא קולמוגורוב סmirnov לבדיקה התאמת ההתפלגות:

```
##{r}
normgof<- gofstat(normFit)%>%print()
normgof$kstest%>%print()
```
Goodness-of-fit statistics
 1-mle-norm
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.07101410
Cramer-von Mises statistic 0.03410819
Anderson-Darling statistic 0.22130988

Goodness-of-fit criteria
 1-mle-norm
Akaike's Information Criterion 576.0989
Bayesian Information Criterion 580.4166
 1-mle-norm
"not rejected"
```

```
##{r}
expgof<- gofstat(expFit)%>%print()
expgof$kstest%>%print()
```
Goodness-of-fit statistics
  1-mle-exp
Kolmogorov-Smirnov statistic 0.5810538
Cramer-von Mises statistic 5.7745657
Anderson-Darling statistic 26.4679060

Goodness-of-fit criteria
  1-mle-exp
Akaike's Information Criterion 899.0937
Bayesian Information Criterion 901.2526
  1-mle-exp
"rejected"

For exp Fit - H0 is denied.
```

מתוצאות המבחן זה קיבל תמייה נוספת להשערתנו לאחר עברו ההתפלגות הנורמלית בחרנו לא לדוחות את השערת ה-0 ואילו עבור ההתפלגות המעריצית אכן דחינו את השערת ה-0. כלומר, נסיק כי נתונים אלו מתאימים באופן מובהק יותר משמעותית להתפלגות הנורמלית.

על כן מתוך כלל הבדיקות שנערכו, יוכל לקבוע כי הנתונים נלקחו מتوزעת ההתפלגות נורמלית, וכן נוכל למצוא רוח סמך למדד זה ע"י שימוש בהתפלגות χ^2 וכן במבחן t מדווג.

נספח 2 – הסבר מידול הסימולציה:

2.1 תיאור המודולים העיקריים

חברית Simmer בה השתמשנו למידול המצב הקיים, מאפשרת להשתמש בפונקציות ומודולים שונים על מנת למDSL באופן מיטבי תרחישים אפשריים.

| מודולים עיקריים | | | |
|---|---|--------------------------------------|--|
| הצורף עליו הוא עונה במודול הסימולציה שלנו | ערך מוחזר | מודול | |
| וקטור הסתברויות שמשמש branch ומסיע לקבוע האם מתעמל ליר למסלול המתנה לבחון וידיאו (במידה והתעיף או סיים את כל המCSIרים) או יחזור חזרה למCSIר נוסף (אחרת) | וקטור הסתברויות $c(0,1) \setminus c(1,0)$ | getProbabilityIfNeedToWaitMan | |
| תפיסת משאב, ביצוע פעולה ושחרור משאב | | addService | |
| התפלגות נורמלית קטומה המשמשת בקבלת ערכיהם המגיעים מהתפלגות נורמלית כך שהערכים לא יכולים להיות שליליים כמו זמן. | $X \sim norm(\mu, \sigma^2) > 0$ | trimmedNormal | |
| אפשר לקבל את הזמן שייעבור מהרגע שיגיע האדם הראשון להמתנה להרצאת תזונה עד שתגיע שעה עגולה. בכל שעה עגולה הקבוצה שהתאחדה תצא להרצאת תזונה. | 60% now – 60 | findStartTime | |
| בודק האם המתאים סיים את כל המCSIרים/התעיף, וכך ידע אם להמשיך לגשת למCSIרים נוספים | True/False | checkIfNeedToContinueMan | |
| נשתמש בערך המוחזר לעדכון העדיפות של מתעמל – 1 במידה ורמת העייפות עברה את הרמה המקסימלית, 0 אחרת וכן הוא קיבל עדיפות אצל הפיזיותרפיסט. | 0/1 | getPriorityMan | |
| אלגוריתם דגימה המאפשר לקבל ערך הלקוות מהתפלגות העייפות המתווספת לאחר כלCSIיר | $X \sim tierdness$ | tierdnessValue | |
| אפשרות לחשב את זמן הצפה בודיאו המתקבל מחיבור counter ערכים הלקוויים מהתפלגות זמן צפה בודיאו, כך ש-counter מציג את מספר המCSIרים שביצעו מתעמל וטרם צפה בסרטוניהם | timeDist | timeoutVideo | |

| | | | |
|--|---|--|------------------------------|
| | אתחול ראשון לערכי התוכנות | וקטור ערכי תוכנות | manAttributedTelInf |
| | בחירה אקראית בין בוחני הויידאו שמאפשרת להגדיר לכל מתעמל את בוחן הויידאו שלו (ערך הנשמר בתוכנות) | 1/2/3/4/5 | getVideoRoom |
| | ممומש ב-branch ומאפשר למתעמל לבחור מכשיר באופן רנדומלי מבין המסלולים שלא ביצע (כל ערך בווקטור מיצג הסתברות לגשת למכשיר מבחן המכשירים הייעודיים לבני מינו) | וקטור הסתברויות דוגמא: $(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ | getProbabilityVector |
| | משתנה שערכו משתנים באופן מתוזמן, דבר המאפשר למשש את הגעה המאוחרת של בעלי המקצוע וחילופי המשמרות של הפיזיוטריפיסטים | ערך מתזמן | schedule |
| | שיטה של חבילת Simmer המאפשרת לאחד את המתעמלים לפני הרצאת תזונה ולהגדיר להם להתחיל הרצאת תזונה רק כאשר יגיעו 10 מתעמלים/תגיע שעה עגולה (ሞקדם מבנייהם) | - | Batch-separate |
| | אפשר לפצל את הישות הפיקטיבית "הפסקה" במספר ישויות פיקטיביות כל שכל אחת תתפוך משאב של בעל מקצוע, וכך נמשך יציאה להפסקה. | - | Clone-synchronization |
| | אפשר לפצל את הישויות למסלולים בהתאם להסתברויות. באמצעות ה-branch מדלונו: <ul style="list-style-type: none"> לא כולן ניגשים להרצאת תזונה (הסתברות). שליחת ישות למסלול מבין מסלולי המכשירים. בעת הגעה לבוחן ידאו מידת ובחון הויידאו טרם הגיעו, נבחר בין שליחת ישות להמתין לבוחן/זרה לביצוע מכשיר נוספת (בהתאם למצב הישות-עיפות וסיום כל המכשירים). | - | branch |
| | ביצוע תהליך איטרטיבי של גישה למכשיר וצפיה בסרטון עם תנאי עצירה – הישות התעניפה/סיימה את כל המכשירים | - | Rollback |
| | עדכן העדיפות בהתאם לרמת העדיפות כרגע שבעת הגישה לפיזיוטריפיסט, אפשרות עקיפה למתעמלים עיפויים | - | set_prioritization |

2.2 ישויות

| ישויות | | |
|---|---------|----------------------|
| הסבר | ישות | |
| מודלים בנפרד על מנת לאפשר מידול התפלגות זמני
הגעה שונים, ומכשירים אפשריים שונים לכל מין. | מתעלמים | gymnast_man |
| | מתעלות | gymnast_woman |
| ישות פיקטיבית הנוצרת באופן חד פעמי בשעת ההפסקה (13:00) בעלת עדיפות גבוהה (גם יותר משל מתעלמים עייפים), שתתפצל לשינויים פיקטיביות כך שכל אחת תתפוא משאב מבין בעלי המקצוע בשעה שmagua בצד למדל הפסקה. | | break |

2.3 תוכנות

| תוכניות | | |
|---|--------|----------------------|
| הסבר | סוג | תוכנית |
| רמת העיפות – ערך מצטבר המתעדכן לאחר כל מכשיר | מקומי | tiredness |
| לכל ישות יש מספר תוכנותBINARIES (מספר המכשירים אותם היא רשאית לבצע) שמודגר להיות 1 במידה ולא ביצעה את המכשיר 0-0 במידה וביצעה. התוכנה מסיעת במידול שליחת הישות למכשירים שעוד לא הייתה בהם עי' וקטור ההסתברות. | מקומי | Done שם מכשיר |
| ערך מתעדכן, כאשר מtbody מכשיר, ערך התוכונה יעלה ב1, כאשר הישות צפה בוידיאו ערך התוכנה יתאפס. מסיעת לגשת במספר המכשירים שישות ביצעה ולא צפתה בוידיאו שלהם. | מקומי | counter |
| תוכנית הסופרת כמה מכשירים ישות ביצעה (משמש למס' ריצות הלואה של תפיסת מכשיר נוסף וצפיה בוידיאו – תנאי עצירה). | מקומי | times |
| תוכנית גלובלי המאפשרת למדל הפסקה באורך שווה לכל בעלי המקצוע. | גלובלי | breakTime |

2.4 משאבים

| משאבים | |
|--|---|
| הסבר | משאב |
| מכשורים | |
| קורה 1 | barA |
| קורה 2 | barB |
| קרקע | GroundWorkout |
| מקבילים | ParallelBars |
| מקבילים מדורגים | gradualParallelBars |
| טבעות | rings |
| סוס סמוכות | pommel Horse |
| מתח | horizontalBar |
| מכשיר קפיצה 1 | jumpToolA |
| מכשיר קפיצה 2 | jumpToolB |
| בעלי מקצוע | |
| 5 משאים שונים של חדרי בוחני וידיאו כך
שכל חדר עם capacity = 2 בצד אחד בלבד שני
בוחנים בחדר | VideoTestersRoom1/2/3/4/5 |
| תזונאי 1 – עורך הרצאות לנשים | nutritionist1 |
| תזונאי 2 – עורך הרצאות לגברים | nutritionist2 |
| פיזיותרפיסט – משאב עם ערך capacity
מתעדכן באמצעות משטנה מתוזמן schedule | Physiotherapist |
| חדרי הלבשה נפרדים לגברים ונשים עם
capacity = 20 למידול 20 תאים | MansLockeRooms
/WomansLockeRooms |
| מלתחות נפרדות לגברים ונשים עם
capacity = 20 למידול 5 מקלחות | mansShower
womansShower/ |

2.5 התפלגיות

| התפלגיות | |
|--|------------------------------------|
| התפלגות | פעולה |
| משכי זמן שירות | |
| $X \sim U(3,5)$ | התארגנות בתאי הלבשה (לשני המגדרים) |
| $X \sim U(8,14)$ | זמן מוקחת (לשני המגדרים) |
| $X \sim Norm(5,1.7)$ | זמן אימון במכשיר |
| $X \sim Norm(3,45 \text{ sec})$ | משך צפיה בוידאו (זמן אימון וידיאו) |
| $X \sim U(30,40)$ | משך הרצאת TZונה |
| $X \sim \text{triangle}(25,33,40)$ | משך טיפול פיזיותרפיטי |
| $X \sim Norm(6,50)$ | התפלגות הפסקה של בעלי מקצוע |
| זמן בין מופעי | |
| (1.2) $M \sim \exp(0.899)$ | קצב הגעת מתעמלים |
| (1.2) $W \sim \exp(0.799)$ | קצב הגעת מתעמלות |
| התפלגות העייפות | |
| (5.3) | תוספת לעייפות לאחר כל מכשיר |

נספח 3 – בחירת המדדים:

יעזר בטבלאות הנתונים אשר מתווכן נחשב את ערכי המדדים הנבחרים:

```
mon_resources <- get_mon_resources(olympicsGames)
mon_arrivals<-get_mon_arrivals(olympicsGames,ongoing = T)
mon_arrivalsWithoutOngoing<-get_mon_arrivals(olympicsGames,ongoing = F)
mon_attributes <- get_mon_attributes(olympicsGames)
mon_data_false<-get_mon_arrivals(olympicsGames,T)|
```

3.1 אחז המתעמלים שס"יימו יומ אימון במלואו מtower סר כל המתאמנים

שагיעו:

במסגרת בדיקות הנכונות אותן ביצעו, בדקנו את מספר הישיות שנמצאות בטבלה mon_arrivalsWithoutOngoing וראינו כי מספר הישיות שס"יימו את הסימולציה היה קטן משמעותית ממספר הישיות הגיעו ליום הסימולציה (כ-60 מtower כ-900 ישויות).

| | name | start_time | end_time | activity_time | finished | replication |
|----|-----------------|------------|----------|---------------|----------|-------------|
| 49 | gymnast_woman43 | 57.1909147 | 737.0995 | 110.654282 | TRUE | 1 |
| 50 | gymnast_man21 | 24.3225709 | 765.8246 | 130.233905 | TRUE | 1 |
| 51 | gymnast_woman66 | 87.1149598 | 767.2577 | 108.166408 | TRUE | 1 |
| 52 | gymnast_man20 | 24.1396664 | 768.6761 | 127.095344 | TRUE | 1 |
| 53 | gymnast_woman39 | 49.7957740 | 798.7441 | 119.626881 | TRUE | 1 |
| 54 | gymnast_man53 | 57.4583254 | 799.9592 | 119.257679 | TRUE | 1 |
| 55 | gymnast_man25 | 27.0105918 | 802.9981 | 127.067409 | TRUE | 1 |
| 56 | gymnast_woman20 | 29.8130421 | 826.7870 | 76.350066 | TRUE | 1 |
| 57 | gymnast_woman44 | 60.8056854 | 831.0983 | 75.004129 | TRUE | 1 |

המצב הנוכחי מתאר התנהגות לא אופטימלית שאינה עולה בקנה אחד עם מטרת הארגון לאפשר למתעמלים לנצל את מרבית המשאבים בכך להציג מוכנים ככל האפשר לאולימפיאדה ולכן, קיבלו מוטיבציה לבדוק את אחוז המתעמלים שס"יימו יומ אימון במלואו מtower סר המתאמנים שהגיעו בכך לבחון חלופות לשיפור ממד זה.

את חישוב ממד זה נבע באמצעות שאלת SQL הבאה:

```
> precent_of_finishers <- (nrow(mon_arrivalsWithoutOngoing)-1)/(nrow(mon_arrivals))
> paste("the precent of finishers on current state is",precent_of_finishers)
[1] "the precent of finishers on current state is 0.055793991416309"
```

לצורך חישוב מدد זה, השתמשנו בטבלת `get mon arrivals`. פעם אחת כמו `שהיא` – הוצגו בפנינו רק המתעלמים אשר סיים את כל היום, ופעם נוספת עם תנאי `True = on going` – הוצגו בפנינו כל המתעלמים שהגיעו לאולם ביום הסימולציה. מחולקה בין השניים, קיבלו את אחוז המתעלמים שסיפו יום אימון שלם. הסרנו 1 מספר השורות בטבלת `mon_arrivalsWithoutOngoing` כדי לא להחשב את ישות `Break`.

נראה כי רק 5.5% מהמתעלמים מסיימים את יום הסימולציה. זה אחוז נמוך מאוד שנרצה לשפר במטרה להביא לכך שכמה שיותר מתעלמים יגיעו מוכנים לאולימפיאדה.

3.2 אחוז המתעלמים שעזבו את האולם בעקבות רמת עייפות גבוהה :

```
> precent_left_because_tierdness <- sqldf("select count(*)
+                               from mon_attributes
+                             where (key=='tierdness' and value>2.9 and name not like '%woman%')
+                               or(key=='tierdness' and value>2.4 and name like '%woman%')
+")
> paste("the precent of people that have left because of tierdness is",precent_left_because_tierdness/(nrow(mon_arrivals)-1))
[1] "the precent of people that have left because of tierdness is 0.0472103004291846"
```

מגיעים בכל יום כ-900 מתעלמים למערכת. המשמעות היא שכ- 44 מתעלמים בערך נוטשים את האולם בעקבות עייפות. נרצה להשאיר כמה שיותר ישויות במערכת בכך שיכללו לנצל את כל המשאבים, וכן נרצה למזער מدد זה.

3.3 אורך תור מקסימלי למכשיר: ground workout:

במסגרת ניתוח הנקודות, בדקנו את התנהוגות המודל בשלב האימון במכשירים השונים. רצינו לבדוק אילו מכשירים יוצרים צוואר בקוק ולקן יצרנו את שאלחתת SQL הבאה לצורכי מציאת אורך התור המקסימלי בכל אחד מהמכשירים:

```
max_queue_per_resource <- sqldf("select resource,Max(queue)  as MaxQueueLength
from mon_resources
where resource NOT LIKE '%video%' AND
resource NOT IN ('WomansLockeRooms','MansLockeRooms','womansShower','mansShower','nutritionist1','nutritionist2','Physiotherapist')
group by resource")
```

התבלה המתבקשת:

| | resource | MaxQueueLength |
|----|---------------------|----------------|
| 1 | GroundWorkout | 406 |
| 2 | ParallelBars | 70 |
| 3 | barA | 3 |
| 4 | barB | 2 |
| 5 | gradualParallelBars | 125 |
| 6 | horizontalBar | 92 |
| 7 | jumpToolA | 78 |
| 8 | jumpToolB | 77 |
| 9 | pommelHorse | 64 |
| 10 | rings | 46 |

נראה כי מספר האנשים המkos'imeli בתור למכשיר הקרן הוא גדול משמעותית בהשוואה לתור המkos'imeli במכשירים האחרים. לכן, נשאף לצמצם את אורך התור המkos'imeli למכשיר זה במטרה שישיות יכולו להמשיך הלאה למתקנים הבאים ויכולו להתאים לאולימפיאדה מבל' להמתין זמן רב בתור העמוס הנ"ל.

נספח 4 – חישוב מס' הרצות הסימולציה הנדרש:

הבדיקה היחסית שישמש עבורנו כערך סף הנה: $\gamma = 0.05 = \gamma$. בכספי לדיק אפ' יותר נבצע תקנון לדיקוק יחס'

$$(\text{נקטינן את } \gamma) \text{ על פי הנוסחה: } \frac{\gamma}{1+\gamma} = \gamma \text{ לכן: } \mathbf{0.04761} = \gamma$$

נבחר שרמת המובייקות הכלולת תהיה $a_{total} = 0.9$. משום שאנו מבצעים השוואה בין ארבעה

$$\text{מדדים, } 0.03 = \frac{a_{total}}{3} = a_i \text{ ומכאן, רמת הבטחון הנה } 0.97.$$

מניתוח המדדים המתקיים מתוך $n_0 = 15$ הרצות הראשונות אותן ביצענו נמצא את הדיקוק היחסי

$$\text{לכל מדד לפי הנוסחה: } \frac{\delta(n_0, \alpha_i)}{\bar{x}} \text{ ונבדוק אם הוא עומד בדרישה } \gamma \leq \frac{\delta(n_0, \alpha_i)}{\bar{x}}$$

לכל אחד מבין המודלים האפשריים (מצב קיימ, חלופה 1 וחלופה 2) נחולל סימולציה עם מספר

התחלתי של ריצות $15 = n_0$

```
n0 <- 15

mm1envs <- mclapply(1:n0, function(i) {
  set.seed(((i+100)^2)^3-7)
  reset(olympicsGames)%>%run(until=simulationTimeolimpicsGames) %>%
    wrap()
})
t <- qt(p=.03, df=n0-1, lower.tail=FALSE)
```

לאחר הריצה של מודל מסוים, ניתן ל-R לחישוב מספר הרצות הנדרש.

מבצע שאילתות SQL בכספי למצוא את המדדים בכל מודל שנרץ.

לכל מדד נחשב ממוצע, סטיית תקן ודיקוק יחס:

```
sdGround <- sd(groudworkoutRep$MaxQueueLength)
meanGround <- mean(groudworkoutRep$MaxQueueLength)
deltaGround <- t*(sdGround/sqrt(n0))
deltaByMeanGround <- deltaGround/meanGround
paste(deltaByMeanGround)
dataset$QueueMaxLengthInGroundworkout <- deltaByMeanGround

sdTiredness <- sd(howMuchLeftoftiredness$prec)
meanTiredness <- mean(howMuchLeftoftiredness$prec)
paste(sdTiredness)
paste(meanTiredness)
deltaTiredness <- (t*sdTiredness/sqrt(n0))
deltaBymeanTiredness <- deltaTiredness/meanTiredness
paste(deltaBymeanTiredness)
dataset$howMuchLeftoftiredness <- deltaBymeanTiredness

sdFinished <- sd(finishedPrec$Prec)
meanFinished <- mean(finishedPrec$Prec)
deltaFinished <- t*(sdFinished/sqrt(n0))
deltaByMeanFinished <- deltaFinished/meanFinished
paste(deltaByMeanFinished)
dataset$finishedPrec <- deltaByMeanFinished
```

| מספר ריצות נדרש לעמידה בדיק היחסי | ניתוח מדדים (טיטית תקן, ממוצע, דיקון יחסוי) | | | |
|-----------------------------------|---|--------------|---------------|------------|
| | מצב קיימים | | | |
| [1] "The new n is = 64" | Tiredness | 0.008164759 | 0.04397255 | 0.09809744 |
| | Ground | 24.639882498 | 405.133333333 | 0.03213191 |
| | Finished | 0.005513156 | 0.06296521 | 0.04625892 |
| חולפה 1 | | | | |
| [1] "The new n is = 20" | Tiredness | 0.013310401 | 0.13042746 | 0.05391604 |
| | Ground | 11.652508416 | 114.066666667 | 0.05397051 |
| | Finished | 0.002555495 | 0.07681769 | 0.01757558 |
| חולפה 2 | | | | |
| [1] "The new n is = 36" | Tiredness | 0.003941508 | 0.02856485 | 0.07289981 |
| | Ground | 17.696650208 | 474.80000000 | 0.01969138 |
| | Finished | 0.003383146 | 0.07604731 | 0.02350351 |

ניתן לראות כי עבור המדדים המסווגנים אין עמידה בדיק היחסוי, לכן נחשב את מספר הריצות הנדרש לעמידה בדיק זה. לשם החישוב, לכל אחד מהמודלים (החולפות והמצב הקיימים), משתמש בנוסחה הבאה עבור המדד שקיבל את ערך הדיקון היחסוי הגבוה ביותר בכל אחד מהמודלים, תוך התבוססות על הנחה מוקלה כי הדיקון היחסוי הגבוה ביותר יניב מספר מקסימלי של ההרצות:

$$n = n_0 * \left(\frac{\delta_0}{\bar{x}_t * \frac{\gamma}{1 + \gamma}} \right)^2$$

```

Nnew <- 15
if(deltaByMeanFinished<deltaByMeanTiredness & deltaByMeanGround<deltaByMeanTiredness & deltaByMeanTiredness>lambdaNew){
  #deltaByMeanTiredness was the maximum value and it was bigger than the new lambda
  #we will use the details of the table in order to find the new number of runs
  Nnew <- n0*((t*sdTiredness/sqrt(n0))/(meanTiredness*lambdaNew))^2
  Nnew <- ceiling(Nnew)
  paste("The new n is =",Nnew)
}

if(deltaByMeanFinished<deltaByMeanGround & deltaByMeanGround>deltaByMeanTiredness & deltaByMeanGround>lambdaNew){
  #deltaByMeanGround was the maximum value and it was bigger than the new lambda
  #we will use the details of the table in order to find the new number of runs
  Nnew <- n0*((t*sdGround/sqrt(n0))/(meanGround*lambdaNew))^2
  Nnew <- ceiling(Nnew)
  paste("The new n is =",Nnew)
}

if(deltaByMeanFinished>deltaByMeanTiredness & deltaByMeanFinished>deltaByMeanGround & deltaByMeanTiredness & deltaByMeanFinished>lambdaNew){
  #deltaByMeanTiredness was the maximum value and it was bigger than the new lambda
  #we will use the details of the table in order to find the new number of runs
  Nnew <- n0*((t*sdTiredness/sqrt(n0))/(meanTiredness*lambdaNew))^2
  Nnew <- ceiling(Nnew)
  paste("The new n is =",Nnew)
}
else{}}

```

נבחר את מספר הריצות המקסימלי – 64 על מנת לשמור על אחידות ולאפשר להשוות בהמשך בין החולפות ע"י מבחני t מזווגים. נבדוק אם ערכי הדיק היחסי החדשניים (המתקבלים מ-64 הריצות) של המדדים עומדים ביחסם (אמנם מספר הריצות גדול ונכפה שהבדיקה היחסית יהיה כעת מובהק, אך יתכן והתקבלו תוצאות חריגות אשר הגידלו את השונות ופגעו בהדיוקות רוח הסמן):

```
n0 <- 64

mm1envs <- mclapply(1:n0, function(i) {
  set.seed(((i+100)^2)*3-7)
  reset(olympicsGames)%>%run(until=simulationTimeolympicsGames) %>%
  wrap()
})
```

| מצב קיום | | |
|-----------|-------------------|--|
| | Relative_accuracy | |
| Tiredness | 0.03509985 | |
| Ground | 0.01252950 | |
| Finished | 0.02185761 | |

| חולופה 1 | | |
|-----------|-------------------|--|
| | Relative_accuracy | |
| Tiredness | 0.022508455 | |
| Ground | 0.023766494 | |
| Finished | 0.008376248 | |

| חולופה 2 | | |
|-----------|-------------------|--|
| | Relative_accuracy | |
| Tiredness | 0.04378535 | |
| Ground | 0.01178552 | |
| Finished | 0.00942963 | |

ניתן לראות שערכי הדיק היחסי עומדים ביחסם הדיק שהגדכנו ועל כן, נבחר לבצע 64 הריצות, ונוכל להגיד בר"מ 0.09 שהמדדים שייכים לרוח הסמן שהוגדר להם ברמת דיק יחסית של $\gamma' = 0.04761$.

נספח 5 – נתוני המערכת הנחקרת

5.1 עובדים:

הרכב העובדים

10 בוחני וידאו היושבים ב 5 חדרים.

6 תזונאים המעבירים הרצאות תזונה.

פיזיותרפיסטים העובדים במשמרות

משמרות הפיזיותרפיסטים:

2 מתחallים לעבוד ב00:8 ומס' 16:00, 3 מגעים בשעה 12:00 עד לסיום היום.

5.2 התפלגיות הגעה ומשכי שירות

כל התפלגיות המודל, זהות לתפלגיות המערכת لكن נפנה לצפיה ב-([נספח 2.5](#))

5.3 חישוב פונקציית העייפות

$$f(x) = \begin{cases} 8x^2 & 0 \leq x \leq \frac{1}{2} \\ 2 & \frac{1}{2} \leq x \leq \frac{2}{3} \\ 6 - 6x & \frac{2}{3} \leq x \leq 1 \end{cases}$$

תמונה:

תמונה, נגזר קומפוזיטי ב 3 הנקודות הולכת ומעלה
בנוסף:

$$f(x) = \sum_{j=1}^3 p_j f_j(x); f_j(x) = p_1 f_1(x) + p_2 f_2(x) + p_3 f_3(x)$$

$$\textcircled{1} \quad \int_0^{\frac{1}{2}} 8x^2 dx = \frac{8x^3}{3} \Big|_0^{\frac{1}{2}} = \frac{8 \cdot (\frac{1}{2})^3}{3} - 0 = \frac{1}{3}$$

לכטם את הערך הנוכחי כך:

$$p_1 \downarrow \quad \frac{1}{3} \cdot 8x^2 \downarrow \quad f_1(x)$$

$$\textcircled{2} \int_{\frac{1}{2}}^{\frac{2}{3}} 2dx = 2x \Big|_{\frac{1}{2}}^{\frac{2}{3}} = 2 \cdot \frac{2}{3} - 2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$$

$$P_2 \downarrow \begin{matrix} \frac{1}{3} \cdot 6 \\ f_2(x) \end{matrix}$$

$$\textcircled{3} \int_{\frac{2}{3}}^1 (6-6x)dx = (6-6x^2) \Big|_{\frac{2}{3}}^1 = 6-3-6 \cdot \frac{2}{3} + 3 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{1}{3}$$

$$P_3 \downarrow \begin{matrix} \frac{1}{3} \cdot (18-18x) \\ f_3(x) \end{matrix}$$

הוכן על ידי ג'יימס פון פון מרטין:

$$F_1(x) = \int_0^x P_1(x) dx = \int_0^x 2ux^2 dx = \frac{2ux^3}{3} \Big|_0^x = 8x^3 = u$$

$$X^3 = \frac{u}{8}$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{u}{8}}$$

$$F_2(x) = \int_{\frac{1}{2}}^x P_2(x) dx = \int_{\frac{1}{2}}^x 6dx = 6x \Big|_{\frac{1}{2}}^x = 6x - 6 \cdot \frac{1}{2} = 6x - 3 = u$$

↓

$$6x = u + 3$$

$$X = \frac{u+3}{6}$$

$$F_3(x) = \int_{\frac{2}{3}}^x (18 - 18x) = (18x - 9x^2) \Big|_{\frac{2}{3}}^x = 18x - 9x^2 - 18 \cdot \frac{2}{3} + 9 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 = u$$

$$18x - 9x^2 - 8 - u = 0$$

$$9x^2 - 18x + 8 + u = 0$$

$$9x^2 - 18x + 9 + u - 1 = 0$$

$$(3x-3)^2 = 1-u$$

$$3x-3 = \sqrt{1-u}$$

$$3x = \sqrt{1-u} + 3$$

$$x = \frac{1 + \sqrt{1-u}}{3}$$

$$3x-3 = -\sqrt{1-u}$$

$$3x = -\sqrt{1-u} + 3$$

$$x = \frac{1 - \sqrt{1-u}}{3} = \boxed{1 - \sqrt{\frac{1-u}{9}}}$$

X

1-N נספחים

רעיון

$$u_1 \sim U(0,1) \quad : \text{ר.כ.}$$

$$u_2 \sim U(0,1)$$

$$: u_1 < \frac{1}{3} \quad \text{ר.כ.}$$

$$\sqrt[3]{\frac{u_2}{8}} \quad \text{ר.כ.}$$

$$: \frac{1}{3} \leq u_1 \leq \frac{2}{3} \quad \text{ר.כ.}$$

$$\frac{u_2+3}{6} \quad \text{ר.כ.}$$

$$: \frac{2}{3} \leq u_1 \leq 1 \quad \text{ר.כ.}$$

$$1 - \sqrt{\frac{1-u_2}{9}} \quad \text{ר.כ.}$$

נספח 6 – השוואת בין חלופות

6.1 ערכי המדדים המתקבלים ממצב קיימן:

| תוצאות המדדים שהתקבלו לאחר הכנסת
כל השיפורים הנכללים לכל חלופה | | |
|---|--------------|--------------|
| מצב קיימן | | |
| | sd | mean |
| Tiredness | 0.006479286 | 0.04419385 |
| Ground | 21.294695060 | 406.89062500 |
| Finished | 0.005685016 | 0.06226858 |

6.2 ערכי המדדים המתקבלים לכל חלופה:

| תוצאות המדדים שהתקבלו לאחר הכנסת כל השיפורים הנכללים לכל חלופה | | |
|--|--------------|--------------|
| חלופה 2: | | חלופה 1: |
| | sd | mean |
| Tiredness | 0.005182307 | 0.02833571 |
| Ground | 23.485425867 | 477.07812500 |
| Finished | 0.002971562 | 0.07544494 |

| תוצאות המדדים שהתקבלו לאחר הכנסת כל השיפורים הנכללים לכל חלופה | | |
|--|--------------|--------------|
| חלופה 2: | | חלופה 1: |
| | sd | mean |
| Tiredness | 0.011781309 | 0.12531058 |
| Ground | 11.422443794 | 115.06250000 |
| Finished | 0.002652396 | 0.07581039 |

6.3 מבחן t להשוואה בין חלופות

נרצה לבצע מבחן t מזווג עבור כל אחד מהמדדים שלנו על מנת לבצע בדיקת ההשערות להפרש תוחלות. בכל פעם יבחן אחד המדרדים בין שני מודלים שונים (המצב הקיימן, חלופה 1, חלופה 2). את מבחן t מזווג נבדוק בר"מ $a_{total} = 0.9$ ומשום שהוא עורך 3 השוואות ובכל השוואה בודקים הפרש תוחלות בין 3 מדדים, במקרה שניתן לדחות/לקבל את המבחן כולו בר"מ 0.9, כל מבחן בודד יבוצע עם $a_i = 0.1$ לפי אי שוויון בונפרוני.

מבחן t מזווג עבור אורך תור מקסימלי למכשיר קרקע

מבחן t מזווג עבור אורך תור מקסימלי למכשיר הקרקע בין המצב הקיימן לחלופה 1:

```
pairedTest1 <- t.test(x=alloftheAspects$MaxQueueLength,
                      y=alloftheAspects$MaxQueue1,alternative = "two.sided",
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)
print(pairedTest1)
```

תוצאות:

```
Paired t-test

data: alloftheAspects$MaxQueueLength and alloftheAspects$MaxQueue1
t = 88.671, df = 63, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
99 percent confidence interval:
 283.0864 300.5699
sample estimates:
mean of the differences
 291.8281
```

קיבלונו רוח סמך חיובי לתוחלת אורך התור המקסימלי למכשיר הקרקע, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדרד במצב הקיימן גבוה מערך המדרד בחלופה 1, ולאחר שנשאף למינר את ערך המדרד, נעדיף את חלופה 1.

מבחן t מזווג עבור אורך תור מקסימלי למכשיר הקרקע בין המצב הקיימן לחלופה 2:

```
pairedTest2 <- t.test(x=alloftheAspects$MaxQueueLength,
                      y=alloftheAspects$MaxQueue2,alternative = "two.sided",
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)
print(pairedTest2)
```

תוצאות:

```
Paired t-test

data: alloftheAspects$MaxQueueLength and alloftheAspects$MaxQueue2
t = -17.464, df = 63, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
99 percent confidence interval:
 -80.86234 -59.51266
sample estimates:
mean of the differences
 -70.1875
```

קיבלנו רוח סמך שלילי לתוכלת אורך התור המקורי למכשיר הקrukע , שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד במצב הקי"ם נמור מערך המדד בחלופה 2, ולאחר שנשאף למצער את ערך המדד, נעדיף את המצב הקי"ם.

מבחן t מזוג עבור אורך תור המקורי למכשיר הקrukע בין חלופה 1 לחלופה 2:

```
pairedTest3 <- t.test(x=alloftheAspects$MaxQueue1,  
                      y=alloftheAspects$MaxQueue2,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest3)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$MaxQueue1 and alloftheAspects$MaxQueue2  
t = -113.75, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 -370.4692 -353.5621  
sample estimates:  
mean of the differences  
 -362.0156
```

קיבלנו רוח סמך שלילי לתוכלת אורך התור המקורי למכשיר הקrukע , שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד בחלופה 1 נמור מערך המדד בחלופה 2, ולאחר שנשאף למצער את ערך המדד, נעדיף את חלופה 1.

מבחן t מזוג עבור אחוז המתعاملים העוזרים מכשירים עקב רמת עייפות גבוהה

מבחן t מזוג עבור אחוז המתعاملים העוזרים מכשירים עקב רמת עייפות גבוהה בין המצב הקי"ם לחלופה 1:

```
pairedTest4 <- t.test(x=alloftheAspects$prec,  
                      y=alloftheAspects$tiredPr1,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest4)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$prec and alloftheAspects$tiredPr1  
t = -54.425, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 -0.08507554 -0.07715793  
sample estimates:  
mean of the differences  
 -0.08111674
```

קיבלונו רוח סמך שלילי לאחיזת המתعاملים הנוטשים את האלים בעקבות רמת עייפות גבוההה, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד במצב הקיימם נמור מערך המדד בחלופה 1, ומאחר שנשאף למזער את ערך המדד, נעדייף את המצב הקיימם.

מבחן t מזוווג עבור אחיזת המתعاملים העוצרים מכשירים עקב רמת עייפות גבוהה בין המצב הקיימם לחלופה 2:

```
pairedTest5 <- t.test(x=alloftheAspects$prec,  
                      y=alloftheAspects$tiredPr2,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest5)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$prec and alloftheAspects$tiredPr2  
t = 16.168, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 0.01325282 0.01846345  
sample estimates:  
mean of the differences  
 0.01585813
```

קיבלונו רוח סמך חיובי לאחיזת המתعاملים הנוטשים את האלים בעקבות רמת עייפות גבוההה, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד במצב הקיימם גבוה מערך המדד בחלופה 2, ומאחר שנשאף למזער את ערך המדד, נעדייף את חלופה 2.

מבחן t מזוווג עבור אחיזת המתعاملים העוצרים מכשירים עקב רמת עייפות גבוהה בין חלופה 1 לחלופה 2:

```
pairedTest6 <- t.test(x=alloftheAspects$tiredPr1,  
                      y=alloftheAspects$tiredPr2,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest6)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$tiredPr1 and alloftheAspects$tiredPr2  
t = 63.878, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 0.0929425 0.1010072  
sample estimates:  
mean of the differences  
 0.09697487
```

קיבלנו רוח סマー' חיווי לאחוז המתعاملים הנוטשים את האולם בעקבות רמת ע"יפות גבוהה, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד בחלופה 1 גבוהה מערך המדד בחלופה 2, ומאחר שנשאף למצויר את ערך המדד, נעדיף את החלופה 2.

מבחן t מזווג עבור אחוז המתعاملים שסימנו את יום הסימולציה

מבחן t מזווג עבור אחוז המתعاملים שסימנו את יום הסימולציה בין המצב הקיים לחלופה 1:

```
pairedTest7 <- t.test(x=alloftheAspects$finishedPr,  
                      y=alloftheAspects$finishedPr1,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest7)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$finishedPr and alloftheAspects$finishedPr1  
t = -18.271, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 -0.01551041 -0.01157322  
sample estimates:  
mean of the differences  
 -0.01354181
```

קיבלנו רוח סマー' שלילי לאחוז המתعاملים המסימימים את יום הסימולציה, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד במצב הקיים נמוך מערך המדד בחלופה 1, ומאחר שנשאף למקסם את ערך המדד, נעדיף את החלופה 1.

מבחן t מזווג עבור אחוז המתعاملים שסימנו את יום הסימולציה בין המצב הקיים לחלופה 2:

```
pairedTest8 <- t.test(x=alloftheAspects$finishedPr,  
                      y=alloftheAspects$finishedPr2,alternative = "two.sided",  
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)  
print(pairedTest8)
```

תוצאות:

```
Paired t-test  
  
data: alloftheAspects$finishedPr and alloftheAspects$finishedPr2  
t = -16.725, df = 63, p-value < 2.2e-16  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
99 percent confidence interval:  
 -0.01526900 -0.01108372  
sample estimates:  
mean of the differences  
 -0.01317636
```

קיבלנו רוח סמך שלילי לאחוז המתعاملים המסויימים את יום הסימולציה, שהמספר 0 לא כולל בו. לכן, נאמר כי ערך המדד בחלופה 1 נמור מערך המדד בחלופה 2, ומאחר שנשאף למקסם את ערך המדד, נעדיף את חלופה 2.

מבחן t מדווג עבור אחוז המתعاملים שסימנו את יום הסימולציה בין חלופה 1 לחלופה 2:

```
pairedTest9 <- t.test(x=alloftheAspects$finishedPr1,
                      y=alloftheAspects$finishedPr2,alternative = "two.sided",
                      paired = TRUE,var.equal = TRUE,conf.level = 0.99)
print(pairedTest9)
```

תוצאות:

```
Paired t-test

data: alloftheAspects$finishedPr1 and alloftheAspects$finishedPr2
t = 0.91343, df = 63, p-value = 0.3645
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
99 percent confidence interval:
-0.000697244 0.001428152
sample estimates:
mean of the differences
0.0003654538
```

קיבלנו רוח סמך לאחוז המתعاملים המסויימים את יום הסימולציה, שהמספר 0 כולל בו. לכן, נאמר כי נהיה אדישים בבחירה של מدد זה בין חלופה 1 לחלופה 2.