



מרצה : פרופסור אבישי מנדלבאום

מתרגל: איתמר זייד

תאריך הבחינה: 10.02.2011

מס' סטודנט \_\_\_\_\_

שם \_\_\_\_\_

## הנדסת מערכות שירות – 096324

### **מועד א' – סמסטר חורף תשע"א 2011**

- המבחן נמשך **שלוש** שעות. באחריותך להחזירו במועד.
- **המבחן בחומר סגור.**
- **מותר להשתמש במחשבון.**
- המבחן כולל **26** עמודים, כולל עמוד זה, ודף התפלגויות מהסתברות בעמוד האחרון.
- **כאשר נדרשים חישובים, ניתן לעגלם באופן שאינו פוגע בהבנת התשובה.**
- מלאו את הפרטים הנדרשים בראש העמוד, בכתב ברור בבקשה.
- על התשובות יש לענות במקומות המיועדים, שאמורים להספיק: מלל מיותר יגרע ניקוד.
- יש לתת **הסברים או הוכחות רק אם** התבקשתם במפורש לעשות זאת.

|               |        |                      |                                     |
|---------------|--------|----------------------|-------------------------------------|
| <b>ניקוד:</b> | שאלה 1 | _____ מתוך 10 נקודות | <b>תרגילי בית</b>                   |
|               | שאלה 2 | _____ מתוך 10 נקודות | <b>הרצאות\תרגולים\בחינות קודמות</b> |
|               | שאלה 3 | _____ מתוך 20 נקודות | <b>יישום</b>                        |
|               | שאלה 4 | _____ מתוך 10 נקודות | <b>תיאוריה</b>                      |

סה"כ \_\_\_\_\_ מתוך 50 נקודות

**בהצלחה!**

## שאלה 1 תרגילי בית (10 נקודות)

### חלק 1.1. מודל נוזלים

Tele-SHOP היא חברה העוסקת במכירות המתבצעות באמצעות מוקד שירות טלפוני. ניתן לתאר את הגעת השיחות למוקד השירות ע"י תהליך פואסון לא הומוגני בזמן עם פונקציית הקצב  $\lambda(t)$ . המוקד פועל בשעות 16:00-24:00. נסמן אינטרוול זמן זה ב-  $[0, T]$ .

ממוצע זמן שירות של שיחה הינו  $\frac{1}{\mu}$  דקות וממוצע סבלנותו של לקוח (עד נטישה) הינו  $\frac{1}{\theta}$ .

הניחו כי עלות העסקת שרת הינה  $c$  ש"ל לדקה ועלות המתנה הינה  $h$  ש"ל לדקה. עוד הניחו כי הרווח מסיום שירות הינו  $r$  ש"ל והקנס על נטישת לקוח הינו  $s$  ש"ל.

נסמן ב-  $Q(t)$  את מספר הלקוחות במערכת בזמן  $0 \leq t \leq T$ ,

וב-  $N(t)$  את מספר המוקדנים במערכת בזמן  $0 \leq t \leq T$ .

**1.1.1** כתבו משוואה דיפרנציאלית עבור  $Q(t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ .

**1.1.2** תארו בקיצור איך ניתן, בעזרת גיליון אלקטרוני בלבד, לפתור בקירוב (מדויק ככל הנדרש) את המשוואה הדיפרנציאלית בסעיף 1.1.1.

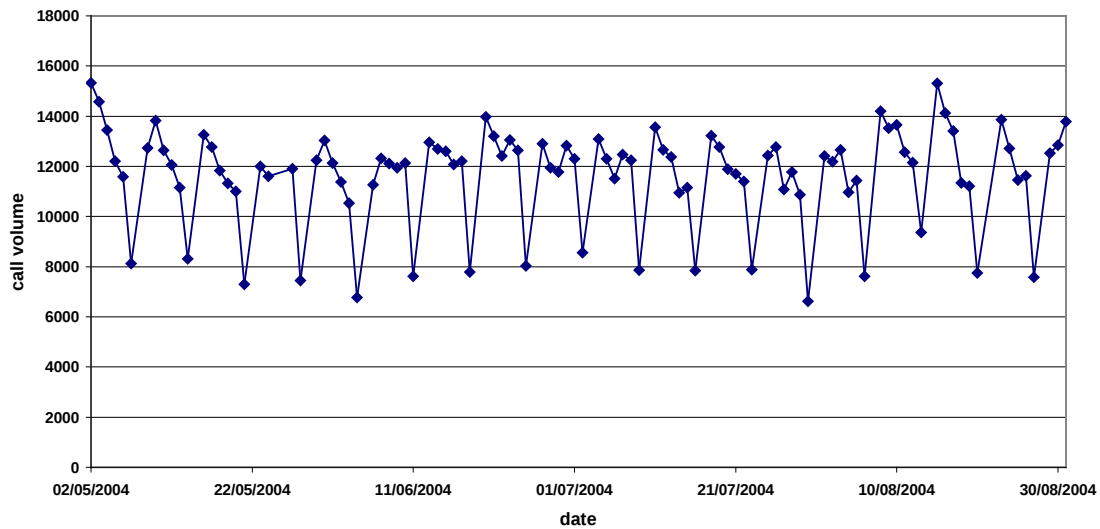
**1.1.3** רשמו ביטוי לאחוז הנוטשים באינטרוול  $[0, T]$ .

**1.1.4** על מנת לקבוע את פונקצית האיוש  $\{N(t), t \geq 0\}$  המשיגה רווח יומי מקסימלי של מוקד השירות, יש לפתור בעיית אופטימיזציה.  
רשמו את פונקצית המטרה של בעיית האופטימיזציה ואת אילוצי הבעיה.

## חלק 1.2 מופעים ותחזיות.

נתונים סיכומים של נתוני שיחות טלפון, במוקד של חברת תקשורת ישראלית, על פני שלושה חודשים. הנתונים כוללים, לכל אינטרוול זמן של חצי שעה, את מספר השיחות הנכנסות למוקד. מוגדרים 33 אינטרוולים במהלך יום עבודה. כמו בתרגיל הבית, נסמן את  $N_{jk}$  להיות מספר השיחות הנכנסות ביום  $j$  באינטרוול  $k$ . בעוד  $F_{jk}$  הוא תחזית מספר השיחות שיכנסו ביום  $j$  באינטרוול  $k$ .

**1.2.1** הגרף הבא מציג את סך השיחות הנכנסות ליום בתקופה 02/05/2004-30/08/2004 (בימים א'-ו', ללא שבת). אילו מסקנות (בעלות משמעות תפעולית) ניתן להסיק מהגרף?



**1.2.2** תארו במדויק את אחת משיטות התחזית (Forecasting) שהוצגו בכיתה או בתרגילי הבית. ציינו באיזו שיטה בחרתם.

(השתמשו בתשובתכם בסימונים  $N_{jk}$  ו-  $F_{jk}$ )

### חלק 1.3 אמידת סבלנות.

להלן ארבע שיטות לאמידת סבלנות של לקוחות:

#### 1. מודל אקספוננציאלי סטנדרטי.

הזמן שלקוח מוכן להמתין הוא מהתפלגות אקספוננציאלית עם פרמטר  $\theta$ .

#### 2. מודל אקספוננציאלי עם נטישות מיידיות.

לקוח המתקשר ומסתבר לו שהוא נדרש להמתין בתור, נוטש באופן מיידי בהסתברות  $p$  (באופן מעשי זמן הנטישה ייקח מספר שניות). במידה והלקוח לא נוטש מיידית, סבלנותו תהיה אקספוננציאלית עם פרמטר  $\theta$ .

#### 3. סבלנות בת שתי פאזות.

סבלנות  $X + Y =^d$ , ז"א סכום של  $X$  ו-  $Y$ , כאשר  $X$  הינו משתנה מקרי (בפרט קבוע) המתאים לזמן בו הלקוח "מרגיש בסדר" ולא חושב על נטישה, המ"מ  $Y$  מתאים לזמן בו הלקוח מתחיל להיות קצר רוח, והתפלגות  $Y$  הינה אקספוננציאלית עם פרמטר  $\theta$ . לבסוף,  $X$  ו-  $Y$  בלתי תלויים.

#### 4. התנהגות אדפטיבית.

סבלנות הלקוחות משתנה במשך שעות היום (לדוגמא בשעות אשר הלקוחות מצפים להמתין זמן רב תהיה להם סבלנות ארוכה).

עליכם למדל את סבלנותם של לקוחות ממענה קולי טלפוני מסוים. כדי לבחור מודל מתאים לסוגים שונים של לקוחות, שורטטו ארבעת הגרפים הבאים:

- כל גרף מייצג סוג לקוחות מסוים (PS, IN, NE, NW).
- כל גרף מתאר פיזור נקודות, כאשר כל נקודה מחושבת כממוצע במשך רבע שעה.
- ערכי נקודה בגרף הם: ממוצע זמן ההמתנה של הלקוחות שהמתינו בתור, ברבע שעה מסוימת, מול אחוז הנוטשים של לקוחות אשר המתינו בתור באותה רבע שעה.
- בכל גרף משורטט קו ישר אשר נוצר על ידי רגרסיה ליניארית בין שני המשתנים.

Figure 1 NE customers.  
 $P\{\text{Abandon} \mid \text{Wait} > 0\}$  vs.  $E[\text{Wait} \mid \text{Wait} > 0]$ .

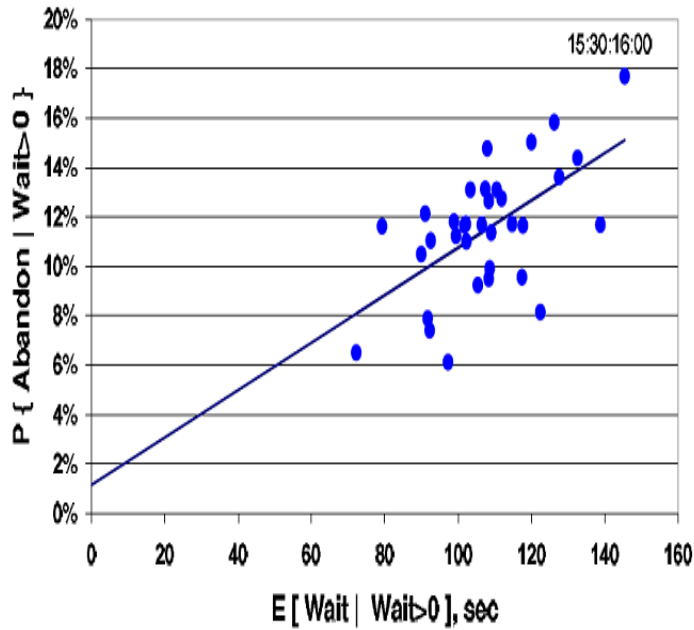


Figure 2 NW customers.  
 $P\{\text{Abandon} \mid \text{Wait} > 0\}$  vs.  $E[\text{Wait} \mid \text{Wait} > 0]$ .

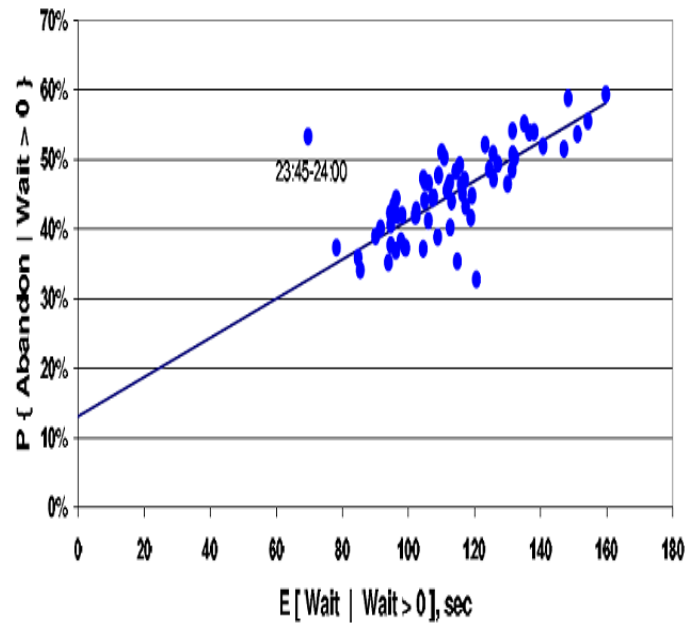


Figure 3 PS customers.  
 $P\{\text{Abandon} \mid \text{Wait} > 0\}$  vs.  $E[\text{Wait} \mid \text{Wait} > 0]$ .

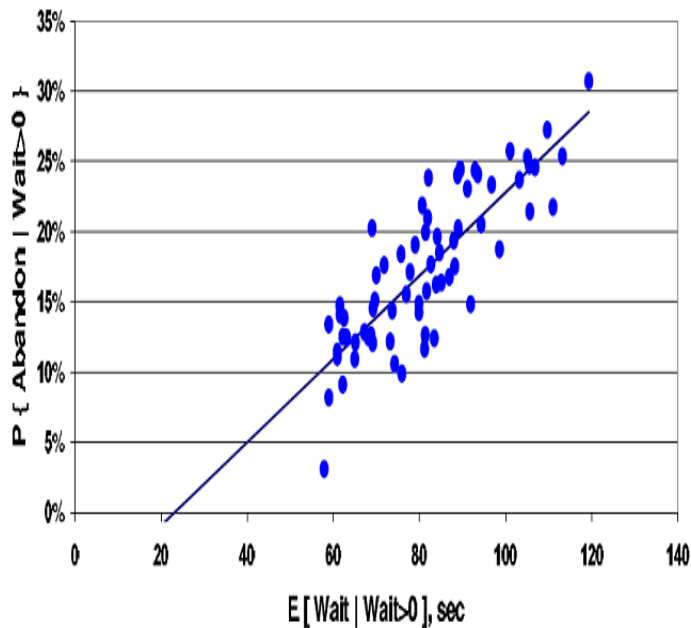
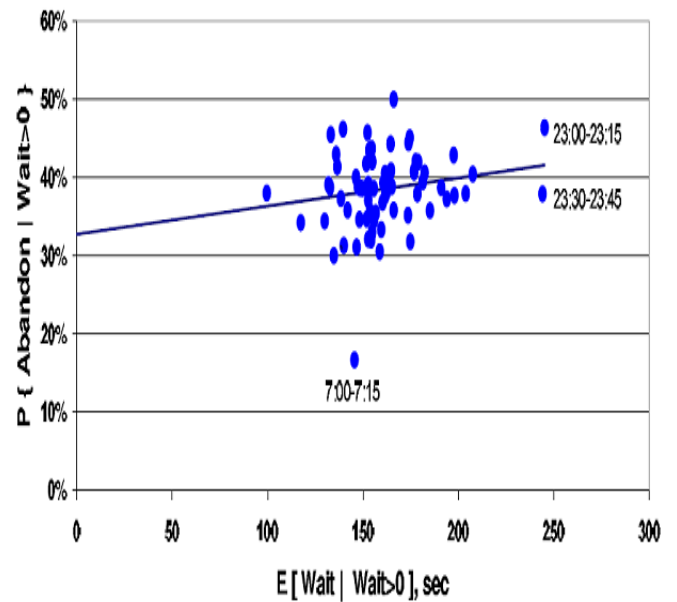


Figure 4 IN customers.  
 $P\{\text{Abandon} \mid \text{Wait} > 0\}$  vs.  $E[\text{Wait} \mid \text{Wait} > 0]$ .



**1.3.1** הסבירו בקצרה מדוע הנתונים שנבחרו עבור מידול הסבלנות (אותם נתונים אשר מופיעים בארבעת הגרפים), הם נתונים המדברים על לקוחות שהמתינו בתור בלבד, ולא על כלל הלקוחות. (במילים אחרות, מדוע לא נכללו הלקוחות ששורתו מיידית?)

**1.3.2** על סמך הגרפים הנ"ל, התאימו מודל סבלנות מתאים (מארבעת המודלים המוצגים בשאלה) לכל אחד מארבעת סוגי הלקוחות. הסבירו את תשובתכם.

לקוחות NE

לקוחות NW

לקוחות PS

לקוחות IN

## שאלה 2 הרצאות / תרגולים / בחינות קודמות (10 נקודות)

### חלק 1.

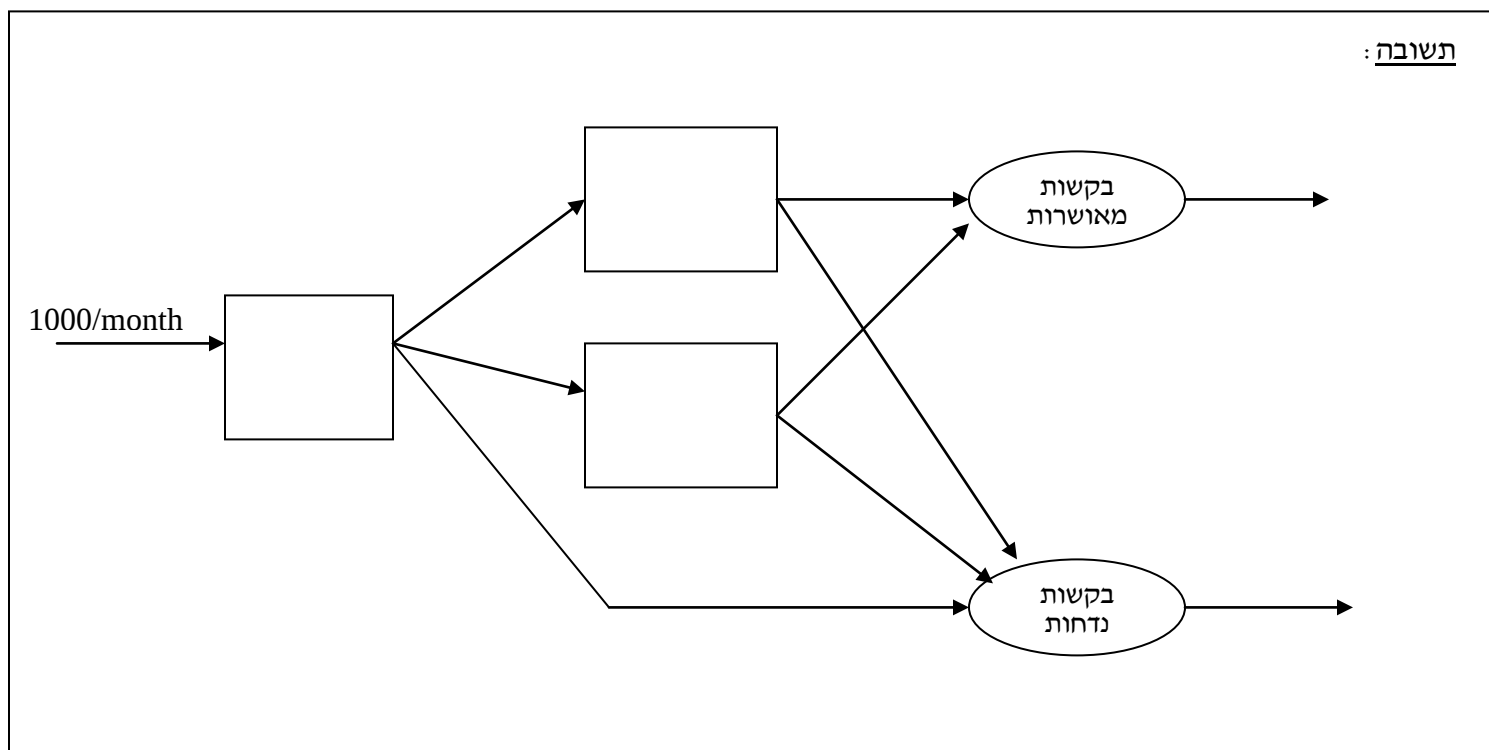
חברת MBPF Finance Inc. מבצעת הערכת בקשות להלוואות ולאחר מכן מאשרת או דוחה את הבקשות. החברה מעוניינת להעריך שינויים ברמת השירות הנובעים משינוי בתהליך הערכת הבקשות. מופע הבקשות להלוואות הינו בקצב של 1000 בקשות בחודש. עד לינואר 1998 (תחת "תהליך 1"), כל בקשה עוברת את אותו התהליך. נמצא כי בממוצע קיימות 500 בקשות בתהליך ההערכה, ובממוצע 20% מהבקשות מאושרות בתום התהליך. מכיוון שקיימים סוגי בקשות שונים וכי לא סביר להתייחס לכל הבקשות באותו אופן, הוחלט לבצע שינוי בתהליך העבודה. לפי "תהליך 2" כל הבקשות עוברות בדיקה ראשונית שבסופה תסווג כל בקשה לאחת מ-3 הקבוצות הבאות:

- A – בקשות שעבורן קיים סיכוי גבוה לאישור ועבורן נדרשת בדיקה קצרה נוספת.
- B – בקשות עבורן נדרשת בדיקה מפורטת.
- C – בקשות נדחות לאחר בדיקה ראשונית.

נמצא כי בממוצע 25% מכלל הבקשות הן מסוג A, 25% מסוג B ו- 50% מסוג C. בממוצע, 70% מהבקשות מסוג A ו- 10% מהבקשות מסוג B מאושרות בתום הבדיקה הנוספת. מספר הבקשות הממוצע בתהליך הינו כדלקמן: 200 בקשות בבדיקה הראשונית, 25 בבדיקה לבקשות מסוג A ו- 150 בבדיקה לבקשות מסוג B.

### 2.1.1 חשבו את ממוצע זמן בדיקת בקשה לפי תהליך 1.

2.1.2 השלימו את התרשים המתאר את תהליך 2 ע"י תוספת שמות הפעילויות, אחוזי מעבר, קצבי מעבר וממוצע מספר בקשות בתחנה.



2.1.3 חשבו את ממוצע זמן בדיקת בקשה לפי תהליך 2.

**2.1.4** האם זמן השירות הממוצע עבור בקשות שאושרו השתפר במעבר מתהליך 1 לתהליך 2? הציגו את חישוביכם.

**2.1.5** הניחו כי 8 סוכנים עובדים בתחנת הבדיקה הנוספת לבקשות מסוג B וכי עומס העבודה מתחלק ביניהם באופן שווה. כל סוכן יכול לשרת 40 בקשות לחודש. בנוסף, בממוצע, 20% מהבקשות שמסווגות לאחר הבדיקה הראשונית לקבוצה A דורשות למעשה בדיקה מפורטת יותר, ונשלחות לבדיקה עבור קבוצה B (לאחר בדיקתן בקבוצה A). מהי כעת נצילות סוכן בתחנת הבדיקה מסוג B? הציגו את חישוביכם.

**2.1.6** תחת ההנחות של סעיף 2.1.5, מהו פרופיל התעסוקה של סוכן בתחנה B? כלומר, מהו אחוז הזמן בטווח הארוך בו עסוק הסוכן בהערכת בקשות שהגיעו ישירות מהבדיקה הראשונית, בטיפול בבקשות שהגיעו מתחנת בדיקה A ומהו אחוז זמן חוסר-התעסוקה?

להלן כתבה שפורסמה בחודש מאי 2010 באתר האינטרנט של העיתון גלובס:



זירת העסקים של ישראל

תיק איש

פורטל פיננסי

חדשות

דין וחשבון

נתח שוק וצרכנות

סביבה

נדל"ן

היי טק

וול סטריט ועולם

שוק ההון

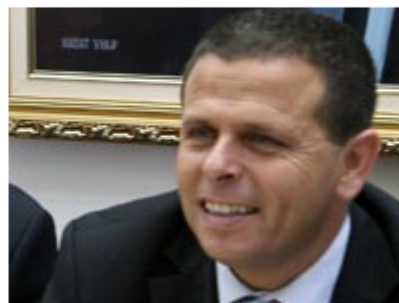
ראשי

עמוד הבית < נתח שוק

## אושר בטרומית: חברות יענו תוך 3 דקות במוקד שירות הלקוחות

הכנסת אישרה היום בקריאה טרומית את הצעת החוק של ח"כ איתן כבל, הקובעת כי חברות שלהן למעלה מ-10,000 לקוחות יחויבו לתת מענה אנושי במוקד השירות בתוך 3 דקות - או שיתחייבו לחזור ללקוח בתוך 3 שעות

14:27, 26/05/2010



נושאים: [איתן כבל](#) [הצעת חוק](#) [שירות לקוחות](#)

חברות הסלולר והאינטרנט יחויבו לענות ללקוחות בתוך 3 דקות: מליאת הכנסת אישרה היום (ד') בקריאה טרומית את הצעת החוק של ח"כ איתן כבל, הקובעת כי חברות שלהן למעלה מ-10,000 לקוחות יחויבו לתת מענה אנושי במוקד שירות הלקוחות בתוך 3 דקות, או שיתחייבו לחזור ללקוח שהשאיר הודעה במענה קולי בתוך 3 שעות.

חברת סלולר מסוימת, המפעילה מוקד שירות טלפוני, מעוניינת להתאים (לשפר) את רמת השירות שלה לחוק החדש. כיום, מספר המוקדנים העובדים במוקד השירות הוא 75, משך שיחה ממוצע הינו 6 דקות, בעוד הסבלנות הממוצעת של לקוח היא 12 דקות. קצב המופע משתנה על פני היום, וניתן להניח שהוא קבוע למקוטעין כפי שיוסבר בהמשך. אנליסט העובד בחברה הסלולארית הנוכחית ממדל את המוקד הטלפוני הנ"ל.

### חלק 3.1. מידול המוקד

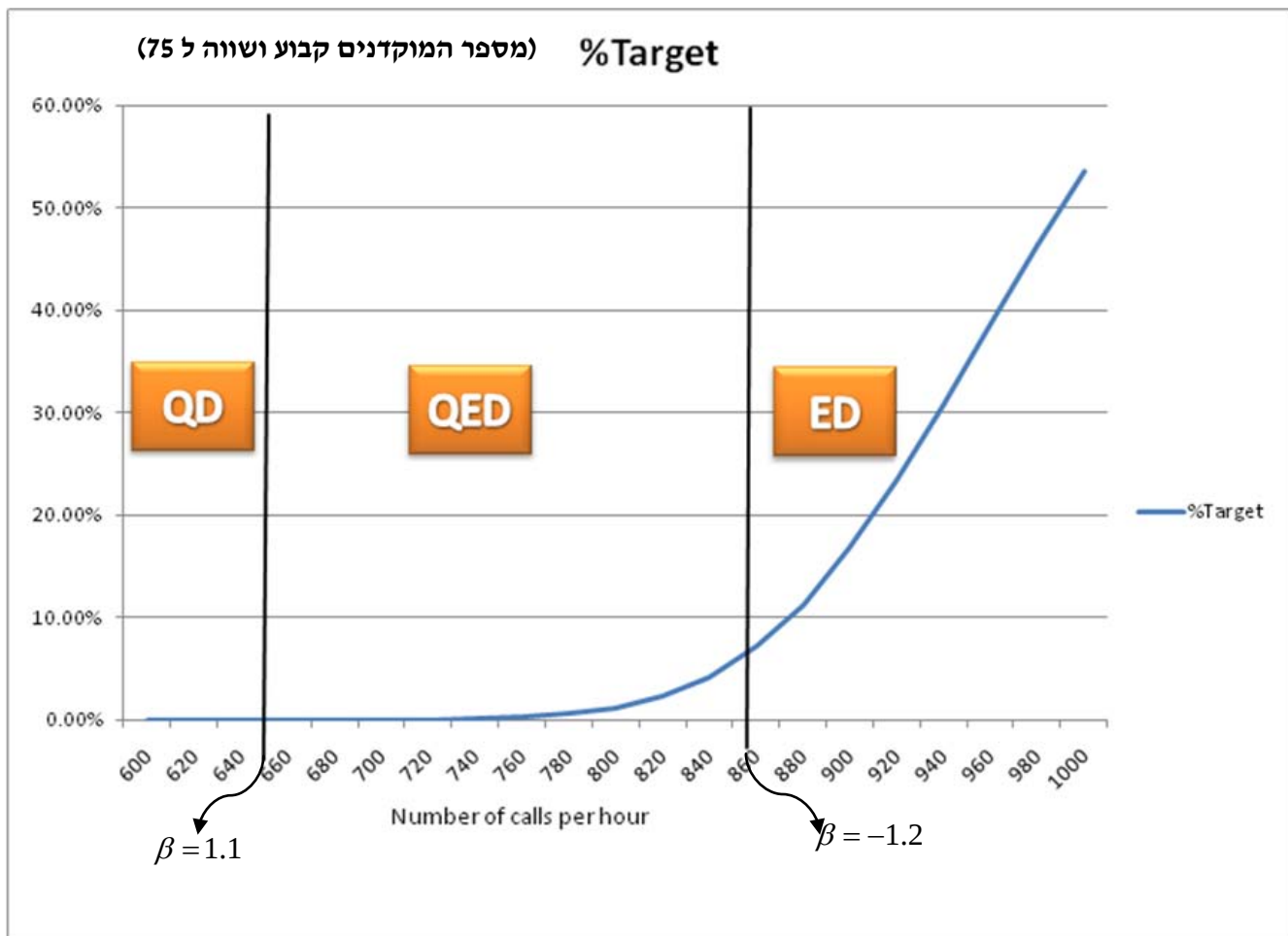
#### 3.1.1 איזה מודל סטוכסטי נראה לכם מתאים לניתוח מצב זה? מה הן ההנחות המתמטיות במודל זה?

הנהלת המוקד הטלפוני פונה אל האנליסט בנוגע להתאמת המוקד הטלפוני לחוק החדש. בשלב הראשון מעוניין האנליסט לבדוק מהו כיום אחוז הלקוחות אשר המתינו בתור יותר משלוש דקות. לשם כך נגדיר את המדד התפעולי הבא:

**%Target = אחוז הלקוחות אשר המתינו בתור למעלה משלוש דקות.**

שימו לב: בחישוב %Target אנו כוללים גם את הלקוחות שהמתינו יותר משלוש דקות וקיבלו שירות וגם את הלקוחות אשר המתינו יותר משלוש דקות ולבסוף נטשו את המוקד.

האנליסט יצר את הגרף הבא, אשר מציג את %Target כפונקציה של קצב המופע למוקד.



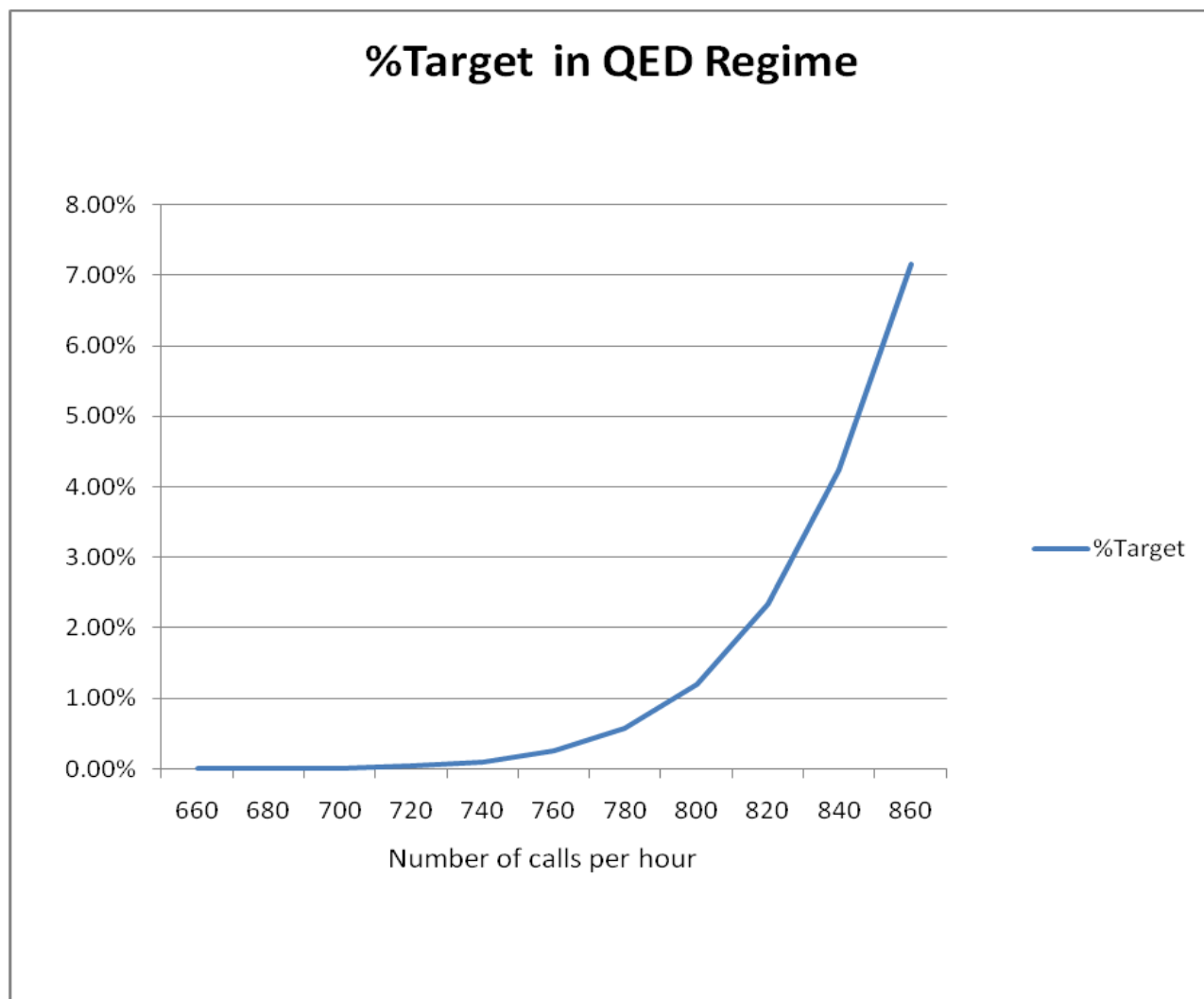
3.1.2 על הגרף מסומנים התחומים התפעוליים השונים (ED,QED,QD) עבור טווחי קצבי ההגעות השונים. (למשל, תחום ה

QED תקף עבור  $660 \leq \lambda \leq 860$ ). כיצד נקבעו התחומים הללו ?

רמז: הניחו כי האיוש נקבע ע"י כלל השורש  $n = R + \beta\sqrt{R}$ , כאשר  $R = \text{Offered Load}$  ו- $n$  הינו מספר המוקדנים,

התבוננו בטווחי  $\beta$  בתחומים הנ"ל.

נתמקד כעת בתחום התפעולי QED, ונתבונן בגרף הבא המתאר אותו (Zoom של הגרף הקודם):



### 3.1.3 מהם טווחי Target % עבורם המוקד נמצא במשטר QED?



### חלק 3.2. התאמת המוקד לחוק החדש: שלב א'

מעטה נדון בשעות הבוקר בהן קצב הגעת הלקוחות קבוע ושווה ל 1000. מהגרף אנו למדים כי, כיום, בשעות אלו המערכת נמצאת תחת משטר ED ואחוז הלקוחות אשר ממתינים יותר מ 3 דקות גדול מ 50%. עקב החוק החדש, מספר זה אינו מקובל על מנהלי המוקד ולכן הם פונים אל האנליסט כדי שיקבע את מספר המוקדנים הדרוש בשעות אלו. ליתר דיוק, מנהל המוקד מטיל על האנליסט למצוא את מספר המוקדנים המינימאלי כך שאחוז הלקוחות הממתינים לא יעלה על 0.3%. (0.3% נבחר בשלב הראשון, כדי לקבל מושג על הנדרש לעמוד בחוק, וזאת כדי לתאר מצב שבו כמעט אין חזרה ללקוחות אחרי 3 דקות).

4CallCenters v2.23

File Table Settings Help

Performance Profiler | Staffing Query | Advanced Profiling | Advanced Queries | What-if Analysis

**Performance Profiler** Performance Profiler allows you to determine and optimize the Performance Level of your Call Center. Enter your call center's parameters below, then press 'Compute'.

**Your Call Center's Parameters**

- Number of Agents Answering Calls: 100
- Average Time to Handle One Call (mm:ss): 06:00
- Calls per 60 minute Interval: 1000
- Average Callers' Patience (mm:ss): 12:00

**Settings**

- Features: Abandons
- Basic Interval: 60 minutes
- Target Time: 03:00 (mm:ss)

Change Settings

Compute | Add to Table | Delete Rows | Clear All | Export | Import | Graph

|                | Basic Interval (minutes) | Target Time to Answer | Number of Agents | Average Handling Time | Calls per Interval | Average Patience | Agents' Occupancy | %Answer | %Abandon | Average Speed of Answer | %Answer within Target | %Abandon within Target | Average Queue Length |
|----------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|-------------------|---------|----------|-------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| <b>Results</b> |                          |                       |                  |                       |                    |                  |                   |         |          |                         |                       |                        |                      |
| 1              | 60.0                     | 03:00.0               | 90.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 99.6%             | 89.7%   | 10.3%    | 01:16.8                 | 87.3%                 | 10.3%                  | 20.7                 |
| 2              | 60.0                     | 03:00.0               | 91.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 99.5%             | 90.5%   | 9.5%     | 01:09.9                 | 88.9%                 | 9.4%                   | 18.9                 |
| 3              | 60.0                     | 03:00.0               | 92.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 99.3%             | 91.4%   | 8.6%     | 01:03.2                 | 90.3%                 | 8.6%                   | 17.2                 |
| 4              | 60.0                     | 03:00.0               | 93.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 99.2%             | 92.2%   | 7.8%     | 00:56.9                 | 91.4%                 | 7.8%                   | 15.6                 |
| 5              | 60.0                     | 03:00.0               | 94.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 98.9%             | 93.0%   | 7.0%     | 00:51.0                 | 92.5%                 | 7.0%                   | 14.0                 |
| 6              | 60.0                     | 03:00.0               | 95.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 98.7%             | 93.7%   | 6.3%     | 00:45.4                 | 93.4%                 | 6.3%                   | 12.5                 |
| 7              | 60.0                     | 03:00.0               | 96.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 98.4%             | 94.4%   | 5.6%     | 00:40.2                 | 94.2%                 | 5.6%                   | 11.2                 |
| 8              | 60.0                     | 03:00.0               | 97.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 98.0%             | 95.1%   | 4.9%     | 00:35.5                 | 94.9%                 | 4.9%                   | 9.9                  |
| 9              | 60.0                     | 03:00.0               | 98.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 97.6%             | 95.7%   | 4.3%     | 00:31.1                 | 95.6%                 | 4.3%                   | 8.7                  |
| 10             | 60.0                     | 03:00.0               | 99.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 97.2%             | 96.2%   | 3.8%     | 00:27.1                 | 96.1%                 | 3.8%                   | 7.6                  |
| 11             | 60.0                     | 03:00.0               | 100.0            | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 96.7%             | 96.7%   | 3.3%     | 00:23.5                 | 96.7%                 | 3.3%                   | 6.6                  |
| 12             |                          |                       |                  |                       |                    |                  |                   |         |          |                         |                       |                        |                      |

3.2.1 מהפלט של 4CC, מה הוא מספר המוקדנים המינימאלי שיבטיח כי לכל היותר 0.3% מהשיחות ימתינו יותר מ 3 דקות?

נמקו במדויק.

מעשה (ועד סיום חלק 3.2) הניחו כי מספר המוקדנים הנבחר הינו 95.

3.2.2 ע"ס פונקציית Garnett (מצורפת בסוף שאלה זו), מה תהיה ההסתברות להמתין בתור במוקד זה?

3.2.3 חשבו את  $E(W_q | W_q > 0)$ , פרטו את חישוביכם, והסבירו את משמעות מדד זה.

### חלק 3.3. התאמת המוקד לחוק החדש: שלב ב'

חברת הסלולר החליטה להעסיק את אריק, מהנדס בוגר הפקולטה לתעשייה וניהול בטכניון, אשר למד את הקורס הנדסת מערכות שירות. אריק מעיר להנהלת החברה כי, לצורך החוק החדש, השיטה בה השתמשו עד עתה לחישוב מספר הלקוחות אשר המתינו יותר מ 3 דקות אינה מדויקת. אריק מציע שיטה אלטרנטיבית לבדיקה זאת. לפני שנפרט את השיטה המוצעת ע"י אריק, נציג את המאפיין Overflow אשר מופיע בתוכנת ה 4CC:

- בחירה ב "Overflows" היא עבור מערכת בה לקוחות הממתינים זמן מסוים (3 דקות במקרה זה) מפונים מהמערכת למערכת אחרת (מערכת אשר אחראית לחזור אל הלקוח לאחר שלוש שעות לכל היותר).
- קלט: Overflow Time Limit: כאן נקבע הזמן אשר לקוחות הממתינים יותר ממנו יופנו למערכת האחרת.
- פלט: %Overflow מציין את אחוז הלקוחות אשר עברו את הזמן המדובר (שלוש דקות) והופנו למערכת האחרת.

לשלמות, להלן פירוט ה- "Overflow" Feature בתוכנה 4CC (לקוח מ-Help).

אין צורך לקרוא את הפירוט הנ"ל.



## Feature Overview : Overflows

### What are "Overflows"?

At some call centers a technical limit has been set on the time a call can spend waiting in queue. Once this time limit is reached the call is "overflowed" and rerouted to some other destination, such as a different queue, an IVR or a voice box. Such an overflowing mechanism is meant to reduce congestion by offering callers a partial or temporary solution, hopefully before they become aggravated by a long wait.

### When should I enable the "Overflows" feature?

If an overflowing mechanism is implemented at your call center and the fraction of calls "overflowed" is not negligible, then it is recommended that you enable the "Overflows" feature. However, since you cannot have both the "Overflows" and "Trunks" features enabled, you should decide which to enable according to the more dominant phenomena at your call center - overflowing or blocking.

### What are the corresponding input parameters and performance indicators?

The input parameter corresponding to the "Overflows" feature is the "Overflow time", which is the time limit on calls waiting in queue.

There is a single performance indicator available only when the "Overflows" feature is enabled: %Overflow.

### הצעתו האלטרנטיבית של אריק:

במקום לבדוק את אחוז הלקוחות אשר המתינו במערכת יותר מ 3 דקות בעזרת ה- Target-Time Feature בוחר אריק להשתמש במודל עם Overflows, וקובע את ה Overflow Time Limit להיות 3 דקות.

### 3.3.1 אריק טוען כי שיטתו תתאר טוב יותר את המתרחש במציאות. מדוע הוא צודק? פרטו!

להלן פלט ה 4CC של המודל הנ"ל, הכולל Overflows:

4CallCenters v2.23

File Table Settings Help

Performance Profiler | Staffing Query | Advanced Profiling | Advanced Queries | What-if Analysis

**Performance Profiler** Performance Profiler allows you to determine and optimize the Performance Level of your Call Center. Enter your call center's parameters below, then press 'Compute'.

**Your Call Center's Parameters**

- Number of Agents Answering Calls: 100
- Average Time to Handle One Call (mm:ss): 06:00
- Calls per 60 minute Interval: 1000
- Average Callers' Patience (mm:ss): 12:00
- Overflow Time Limit (mm:ss): 03:00

**Settings**

- Features: Abandons, Overflows
- Basic Interval: 60 minutes
- Target Time: No Target

Change Settings

Compute | Add to Table | Delete Rows | Clear All | Export | Import | Graph

|         | Basic Interval (minutes) | Number of Agents | Average Handling Time | Calls per Interval | Average Patience | Overflow time-limit | Agent's Occupancy | %Answer | %Abandon | %Overflow | Average Speed of Answer | Average Queue Length |
|---------|--------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|---------------------|-------------------|---------|----------|-----------|-------------------------|----------------------|
| Results | 60.0                     | 100.0            | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 96.7%             | 96.7%   | 3.3%     | .0%       | 00:23.4                 | 6.6                  |
| 1       | 60.0                     | 90.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 99.6%             | 89.7%   | 9.9%     | .4%       | 01:13.5                 | 19.9                 |
| 2       | 60.0                     | 91.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 99.5%             | 90.5%   | 9.2%     | .3%       | 01:07.4                 | 18.3                 |
| 3       | 60.0                     | 92.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 99.3%             | 91.4%   | 8.4%     | .2%       | 01:01.5                 | 16.8                 |
| 4       | 60.0                     | 93.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 99.1%             | 92.3%   | 7.6%     | .1%       | 00:55.7                 | 15.3                 |
| 5       | 60.0                     | 94.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 98.9%             | 93.0%   | 6.9%     | .1%       | 00:50.2                 | 13.8                 |
| 6       | 60.0                     | 95.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 98.7%             | 93.7%   | 6.2%     | .1%       | 00:44.9                 | 12.4                 |
| 7       | 60.0                     | 96.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 98.3%             | 94.5%   | 5.5%     | .0%       | 00:39.9                 | 11.1                 |
| 8       | 60.0                     | 97.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 98.0%             | 95.1%   | 4.9%     | .0%       | 00:35.2                 | 9.8                  |
| 9       | 60.0                     | 98.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 97.6%             | 95.7%   | 4.3%     | .0%       | 00:30.9                 | 8.7                  |
| 10      | 60.0                     | 99.0             | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 97.2%             | 96.2%   | 3.8%     | .0%       | 00:27.0                 | 7.6                  |
| 11      | 60.0                     | 100.0            | 06:00.0               | 1,000.0            | 12:00.0          | 03:00.0             | 96.7%             | 96.7%   | 3.3%     | .0%       | 00:23.4                 | 6.6                  |
| 12      |                          |                  |                       |                    |                  |                     |                   |         |          |           |                         |                      |
| 13      |                          |                  |                       |                    |                  |                     |                   |         |          |           |                         |                      |
| 14      |                          |                  |                       |                    |                  |                     |                   |         |          |           |                         |                      |
| 15      |                          |                  |                       |                    |                  |                     |                   |         |          |           |                         |                      |
| 16      |                          |                  |                       |                    |                  |                     |                   |         |          |           |                         |                      |

**3.3.2** מהו כעת מספר המוקדנים המינימאלי הנדרש כדי לעמוד באילויץ הבא: אחוז השיחות אשר ימתינו בתור יותר משלוש דקות לא יעלה על 0.3%? נמקו! השוו עם המקרה הקודם (שאלה 3.2.1).

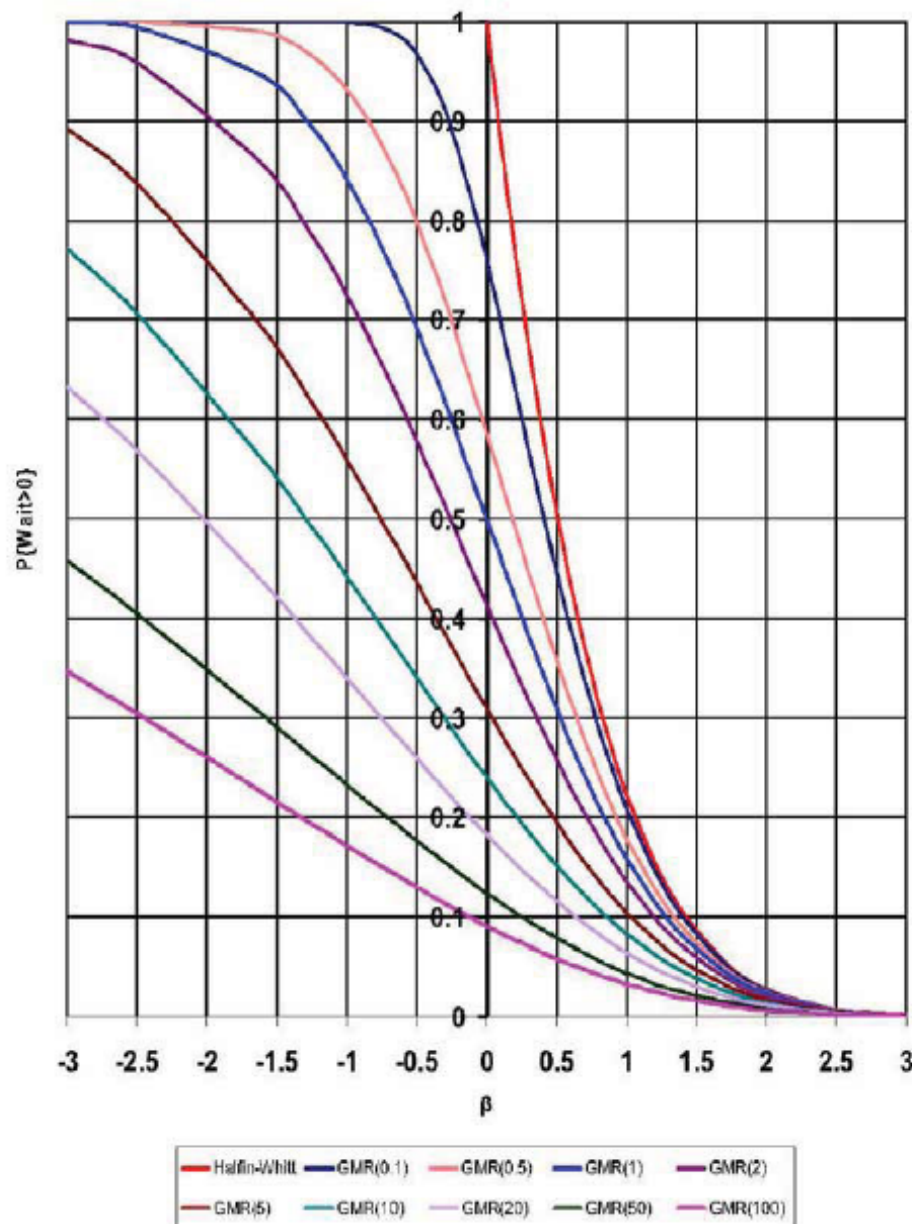
**3.3.3** במודל של אריק, כפי שתואר לעיל, מניחים כי הלקוח עוזב את התור אחרי 3 דקות. ישום מתאים של הפרוטוקול מחייב כמובן הודעה קולית, לאחר שהלקוח המתין שלוש דקות: הודעה זו מודיעה ללקוח שמוקדן יחזור אליו תוך 3 שעות לכל היותר. זהו כמובן מצב לא רצוי (שירות לא טוב), ואריק מצביע עליו לפני הנהלת המוקד. מה ניתן לעשות אחרת? תנו תשובה אחת אותה ניתן לנתח בעזרת 4CC, ותשובה שנייה חופשית.

תשובה אותה ניתן לנתח בעזרת 4CC:

תשובה חופשית:

## Erlang-A: The Garnett Delay-Functions

$P\{W_q > 0\}$  vs. the QOS parameter  $\beta$ , for varying patience  $\theta/\mu$ .



GMR( $x$ ) describes the asymptotic probability of delay as a function of  $\beta$  when  $\frac{\theta}{\mu} = x$ . Here,  $\theta$  and  $\mu$  are the abandonment and service rate, respectively.

Note: **Erlang-C** = limit of **Erlang-A**, as patience  $\uparrow$  indefinitely.

## שאלה 4 תיאוריה (10 נקודות)

מודל פשוט למערכת שירות, על פני אינטרוול זמן  $[0, T]$ , מאופיין על ידי אבני הבניין הבאות:

$$L(t) = \text{מספר הלקוחות במערכת בזמן } t, 0 \leq t \leq T;$$

$$A(t) = \text{מספר הלקוחות שהגיעו למערכת עד זמן } t, 0 \leq t \leq T;$$

$$W_1, W_2, \dots, W_{A(T)} = \text{משכי השהייה של לקוחות במערכת.}$$

### חלק 4.1

**4.1.1** מהו  $L$  = מספר (ממוצע) של לקוחות על פני אינטרוול הזמן  $[0, T]$ ?

**4.1.2** מהו  $\lambda$  = קצב המופע (הממוצע) למערכת, על פני אינטרוול הזמן  $[0, T]$ ?

**4.1.3** מהו  $W$  = ממוצע משך השהייה של לקוח במערכת?

## חלק 4.2

נסחו והוכיחו את נוסחת Little למערכת הנ"ל. השתמשו בדיאגרמת גאנט להוכחתכם, ונסחו במדויק תנאים המספיקים לנוסחת Little להתקיים. (רמז: השתמשו בטרנספורמצית טריס).

### חלק 4.3

מושג ה Offered-Load, אותו סימנו ב-  $R = \{R(t), t \geq 0\}$ , משחק תפקיד מרכזי בניתוח מערכת שירות.

**4.3.1** אחת מ-4 הצגותיו של  $R$  נתונה על ידי:  $t \geq 0$ ,  $R(t) = \int_{-\infty}^t \lambda(u) P(S > t-u) du$

כאשר  $t \geq 0$ ,  $\lambda(t)$  הוא פונקציית קצב מופע.

$S$  הוא משתנה מקרי המייצג משך שירות הנדרש על ידי מופע.

מדוע ניתן להתייחס להצגה הנ"ל כאל הכללה של נוסחת Little?

**רמז:** הציבו  $\lambda(t) = \lambda$  (קצב מופע קבוע).

**4.3.2** כיצד משתמשים ב-  $\{R(t), t \geq 0\}$  כבסיס להמלצת איוש, ומה מצפים ממדדי תפעול המערכת תחת המלצה זו?

**4.3.3** נחזור לסעיף 4.1. נניח שהמערכת מתארת יום בחדר מיון בבית חולים. נניח כי  $\{W_i\}$  הנ"ל הם בעצם סכום של שני משתנים, דהיינו:

$$W_i = Q_i + S_i, i = 1, \dots, A(T)$$

כאשר

$Q_i$  = זמן המתנה למיטה במיון של לקוח  $i$  (מרגע מופע הלקוח למיון).

$S_i$  = משך האשפוז של לקוח  $i$  במיון.

בעזרת הגאנט שציירתם בסעיף 4.2, הדגימו מה הוא המספר המינימאלי של מיטות שנדרש כדי שאף לקוח לא ימתין. מה הקשר של מספר זה למושג ה- Offered-Load?

**4.3.4** השתמשו בתובנות של סעיף 4.3.3 כדי לתאר, עקרונית ובקצרה, אלגוריתם אותו ניתן להוסיף לתוכנת SEESTAT, כדי לחשב את ה- Offered-Load במוקד שירות טלפוני. איזה קושי עלול להיווצר בחישוב זה, איך ניתן להתגבר עליו, ובאילו תנאים? (רמז: נטישות)