



מרצה : פרופסור אבישי מנדלבאום
מתרגלת : שמרית ממן

תאריך הבחינה : 31.08.2008

מס' סטודנט _____

שם _____

הנדסת מערכות שירות – 096324

מועד א' – סמסטר אביב תשס"ח 2008

פתרון

- המבחן נמשך שלוש שעות. באחריותך להחזירו במועד.
- המבחן בחומר סגור.
- מותר להשתמש במחשבון.
- המבחן כולל 29 עמודים, כולל עמוד זה.
- 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.

ניקוד : שאלה 1	_____ מתוך 10 נקודות	תרגילי בית
שאלה 2	_____ מתוך 10 נקודות	הרצאות\תרגולים\בחינות קודמות
שאלה 3	_____ מתוך 15 נקודות	יישום
שאלה 4	_____ מתוך 10 נקודות	תיאוריה יישומית

סה"כ _____ מתוך 45 נקודות

בהצלחה !

שאלה 1 תרגילי בית (10 נקודות)

מודלים אמפירים ו- SEESat

להלן נתון חלק מדו"ח call by call data של בנק אמריקאי מיום ה-25 למאי 2001 (טבלה 1). בנוסף, מצורפת טבלה הכוללת נתוני הגעות מצטברות ועזיבות מצטברות מהמערכת, מהתור ומהשירות (טבלה 2). שעות פעילות המוקד ביום זה הן 06:00-23:00. הדוחות מתייחסים לסוג שירות "Summit".

לנוחיותכם, הדוחות מצורפים גם בשני העמודים האחרונים של הבחינה, כדי שתוכלו לתלוש עמודים אלו ולהשתמש בהם למענה על השאלות הבאות.

טבלה 1

call_id	q_start	q_exit	ser_start	ser_exit	outcome	wait_time	service_time	Agent
510013309	06:23:00	06:23:07	06:23:08	06:25:01	Agent	7	113	23015
510013355	06:23:19	06:24:30	06:24:31	06:24:51	Agent	71	20	23007
510013559	06:24:52	06:24:52	06:24:52	06:26:57	Agent	0	125	23007
510013814	06:26:32	06:26:33	06:26:33	06:27:27	Agent	1	54	23015
510013830	06:26:36	06:26:38	00:00:00	00:00:00	Abandon	2	0	0
510013871	06:26:47	06:26:57	06:26:58	06:28:45	Agent	10	107	23007
510014006	06:27:53	06:27:53	06:27:53	06:29:46	Agent	0	113	23015
510014071	06:28:15	06:28:45	06:28:46	06:29:04	Agent	30	18	23007
510014116	06:28:35	06:29:04	06:29:05	06:30:31	Agent	29	86	23007
510014132	06:28:43	06:29:46	06:29:47	06:31:27	Agent	63	100	23015
510014196	06:29:05	06:30:31	06:30:32	06:34:32	Agent	86	240	23007
510014425	06:30:38	06:31:27	06:31:27	06:34:31	Agent	49	184	23015
510014578	06:31:32	06:34:31	06:34:32	06:35:54	Agent	179	82	23015
510014674	06:32:06	06:34:32	06:34:33	06:37:04	Agent	146	151	23007
510014702	06:32:18	06:33:00	00:00:00	00:00:00	Abandon	42	0	0
510014712	06:32:26	06:35:54	06:35:55	06:37:37	Agent	208	102	23015
510014750	06:32:37	06:36:08	06:36:09	06:47:58	Agent	211	709	23041
510014927	06:33:46	06:37:04	06:37:05	06:43:49	Agent	198	404	23007
510015175	06:35:19	06:36:04	00:00:00	00:00:00	Abandon	45	0	0
510015368	06:36:28	06:37:37	06:37:38	06:39:53	Agent	69	135	23015
510015393	06:36:35	06:37:54	00:00:00	00:00:00	Abandon	79	0	0
510015405	06:36:39	06:39:53	06:39:54	06:51:04	Agent	194	670	23015
510015441	06:36:55	06:43:49	06:43:50	06:45:58	Agent	414	128	23007
510015539	06:37:41	06:45:58	06:45:59	06:47:44	Agent	497	105	23007
510015752	06:38:54	06:39:14	00:00:00	00:00:00	Abandon	20	0	0
510015802	06:39:13	06:40:31	00:00:00	00:00:00	Abandon	78	0	0
510016057	06:40:42	06:40:59	00:00:00	00:00:00	Abandon	17	0	0
510016208	06:41:36	06:47:44	06:47:45	06:51:29	Agent	368	224	23007
510016446	06:42:56	06:47:58	06:47:59	06:48:31	Agent	302	32	23041
510016552	06:43:35	06:45:36	00:00:00	00:00:00	Abandon	121	0	0
510016619	06:44:02	06:48:31	06:48:32	06:50:56	Agent	269	144	23041
510016625	06:44:05	06:46:13	00:00:00	00:00:00	Abandon	128	0	0
510016700	06:44:32	06:50:56	06:50:57	06:56:20	Agent	384	323	23041
510016708	06:44:36	06:51:04	06:51:05	06:53:01	Agent	388	116	23015
510016925	06:45:53	06:51:29	06:51:30	06:53:14	Agent	336	104	23007
510017302	06:48:04	06:53:01	06:53:02	06:54:12	Agent	297	70	23015
510017389	06:48:31	06:49:30	00:00:00	00:00:00	Abandon	59	0	0
510017423	06:48:42	06:53:14	06:53:14	06:54:56	Agent	272	102	23007
510017606	06:49:55	06:54:12	06:54:12	06:55:49	Agent	257	97	23015
510017636	06:50:03	06:51:57	00:00:00	00:00:00	Abandon	114	0	0
510017717	06:50:38	06:54:56	06:54:57	06:56:50	Agent	258	113	23007

טבלה 2

time	Arr_sys	Dep_sys	Arr_q	Dep_q	Arr_ser	Dep_ser
06:15	6	6	6	6	5	5
06:16	6	6	6	6	5	5
06:17	6	6	6	6	5	5
06:18	6	6	6	6	5	5
06:19	7	6	7	7	6	5
06:20	7	6	7	7	6	5
06:21	7	6	7	7	6	5
06:22	8	6	8	8	7	5
06:23	9	6	9	9	8	5
06:24	11	7	11	10	9	6
06:25	12	9	12	12	11	8
06:26	12	10	12	12	11	9
06:27	15	12	15	15	13	10
06:28	16	13	16	16	14	11
06:29	19	14	19	17	15	12
06:30	20	16	20	19	17	14
06:31	21	17	21	20	18	15
06:32	22	18	22	21	19	16
06:33	26	18	26	21	19	16
06:34	27	19	27	22	19	16
06:35	27	21	27	24	21	18
06:36	28	22	28	25	22	19
06:37	32	24	32	27	23	20
06:38	33	27	33	30	25	22
06:39	34	27	34	30	25	22
06:40	35	29	35	32	26	23
06:41	36	31	36	34	26	23
06:42	37	31	37	34	26	23
06:43	38	31	38	34	26	23
06:44	39	32	39	35	27	24
06:45	43	32	43	35	27	24
06:46	44	34	44	37	28	25
06:47	44	35	44	38	28	25
06:48	44	37	44	40	30	27
06:49	47	38	47	41	31	28
06:50	48	39	48	42	31	28
06:51	51	40	51	43	32	29
06:52	53	43	53	46	34	31
06:53	54	43	54	46	34	31
06:54	54	45	54	48	36	33
06:55	54	47	54	50	38	35
06:56	56	49	56	52	39	36
06:57	59	52	59	55	41	38
06:58	59	53	59	56	42	39
06:59	60	54	60	57	43	40
07:00	60	55	60	59	44	40
07:01	62	57	62	62	46	41
07:02	64	57	64	64	48	41
07:03	70	62	70	68	51	45
07:04	70	63	70	70	53	46
07:05	71	65	71	71	54	48
07:06	74	67	74	74	57	50
07:07	79	69	79	78	61	52
07:08	80	72	80	80	63	55

1.1 ממוצע זמן ההמתנה

1.1.1 כיצד תחשבו את ממוצע זמן ההמתנה של לקוחות שנכנסו למוקד בין 06:28 ל-07:01. הסבירו ופרטו את תשובתכם, תוך שימוש בשמות העמודות בטבלאות שבנתונין אתם משתמשים. אין צורך בחישובים.

תשובה:

יש לחשב ממוצע על פני עמודת wait_time עבור שיחות נכנסות בין 06:28 ל-07:01 (כולל זמני המתנה השווים ל-0).

1.1.2 כיצד ניתן בעזרת שימוש במודל נוזלים לאמוד את ממוצע זמן ההמתנה של לקוח הנכנס למוקד בין 06:28 ל-07:01. הסבירו תחילה מה עליכם להניח כדי שמודל הנוזלים יהיה רלוונטי, תארו את תהליך האמידה והסבירו האם האמד שתקבלו שונה מהאמד שמחושב לפי סעיף 1.1.1, או שווה לו.
רמז: השתמשו בנתונים המופיעים בטבלה 2.

תשובה:

לשם שימוש במודל נוזלים נניח כי לקוחות מקבלים שירות לפי מדיניות שירות First Come First Served. תיאור תהליך האמידה: מכיוון שאנו מניחים מדיניות FCFS, נתאים ללקוח ה- i שנכנס לתור את זמן היציאה ה- i מהתור, נחשב את זמני ההמתנה תחת הנחה זו, ואת ממוצעים.
מכיוון שבתחילת האינטרוול (6:28) ובסופו (7:01) התור ריק (מטבלה 2: Arr_q=Dep_q), שני האמדים יהיו זהים בערכם.

1.1.3 הניחו שני סוגי ימים- "עמוס" ו-"לא עמוס". הניחו בנוסף שרמות האיוש בשני הימים זהות. נסמן ב- W_1 ו- W_2 את ממוצעי זמני ההמתנה ביום עמוס וביום לא עמוס בהתאמה; וב- W_1^+ ו- W_2^+ את ממוצעי זמני ההמתנה בהינתן המתנה.

מהו היחס בין $\frac{W_1}{W_2}$ ו- $\frac{W_1^+}{W_2^+}$ אותו תצפו לקבל? הסבירו.

תשובה:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1^+}{W_2^+} \quad \text{א.}$$

$$\frac{W_1}{W_2} < \frac{W_1^+}{W_2^+} \quad \text{ב.}$$

$$\frac{W_1}{W_2} > \frac{W_1^+}{W_2^+} \quad \text{ג.}$$

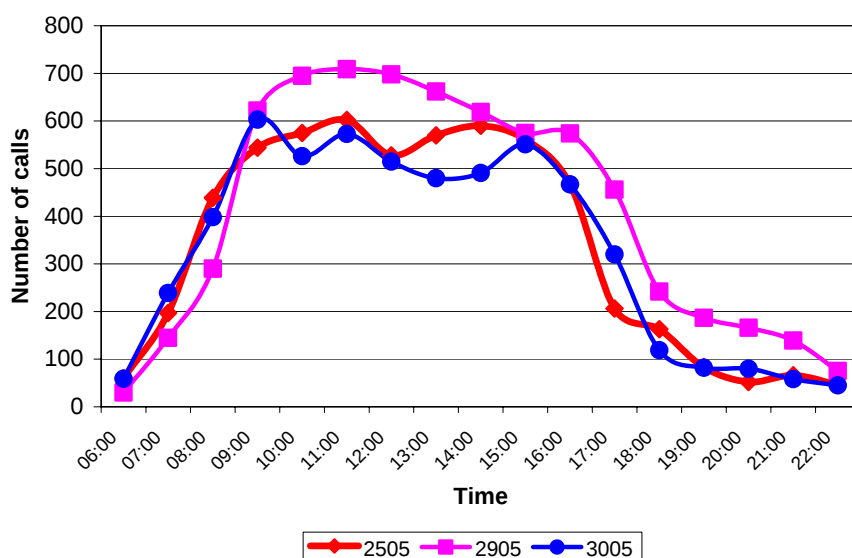
הסבר: נצפה ליחס $\frac{W_1}{W_2} > \frac{W_1^+}{W_2^+}$ מכיוון ש- $\frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{W_1^+}{W_2^+} = \frac{P_1\{Wait > 0\}}{P_2\{Wait > 0\}} > 1$.

1.2 מופעים

לפניכם מוצג גרף המתאר, על פני יום, את מספר המופעים בשעה למוקד השירות של הבנק הנידון, בימים ה- 25, 29 ו- 30 במאי 2001 (גרף 1).

גרף 1

Arrival rate per hour.

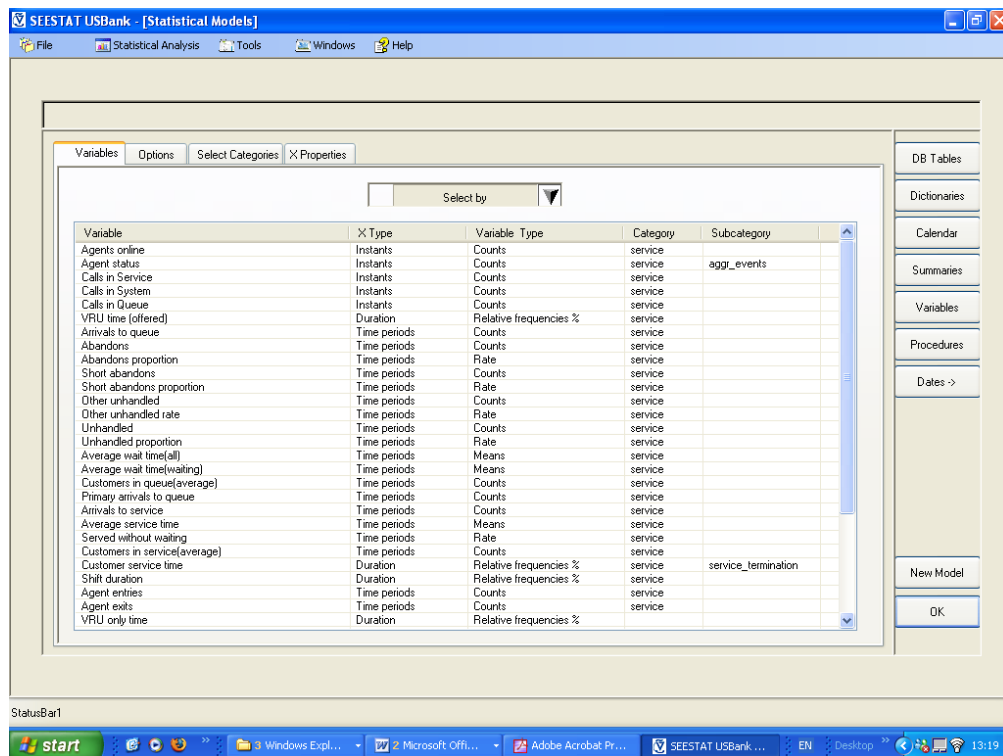


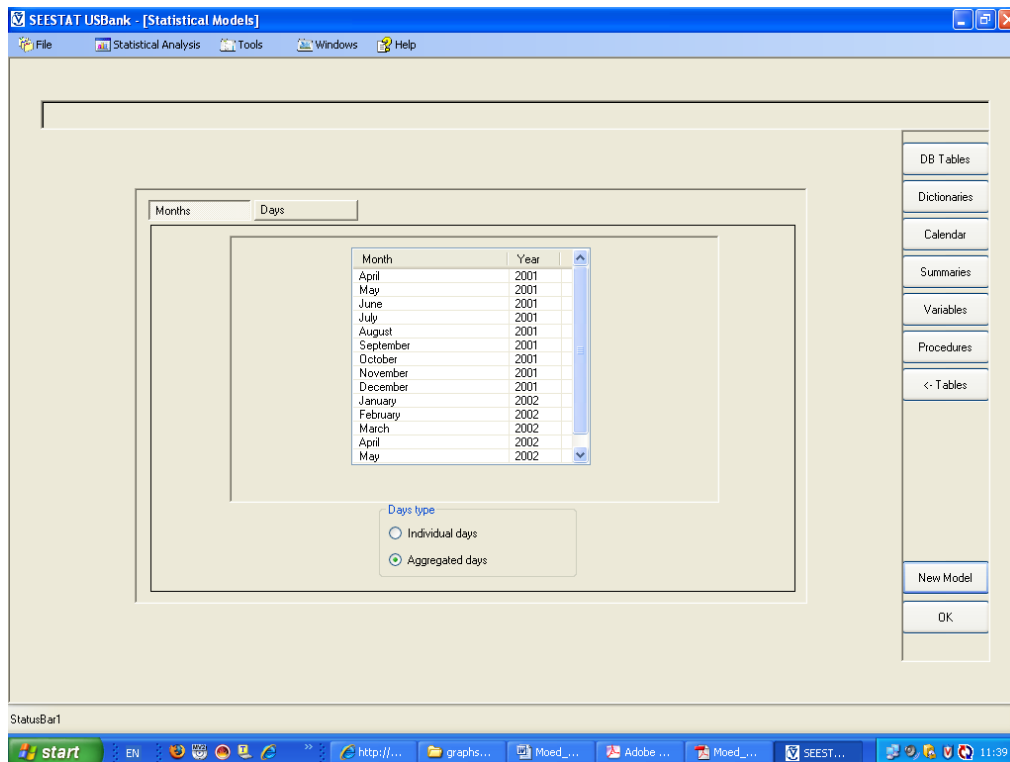
1.2.1 תארו כיצד חושבו הנתונים לשם יצור הגרף לעיל, ותנו דוגמא לחישוב אחד מהערכים בגרף, תוך שימוש בנתונים שבטבלאות הנתונות בתחילת השאלה. הסבירו ופרטו את תשובתכם, תוך שימוש בשמות עמודות הנתונים בהם אתם משתמשים.

תשובה:

לפי טבלה 1: לפי עמודת q_start (זמני כניסה לתור) נספור את מספר המופעים למוקד השירות בכל שעה.
 לפי טבלה 2: מספר המופעים בשעה ה- i יהיה שווה לסך המופעים מתחילת היום עד תום השעה ה- i ית פחות מספר המופעים המצטבר עד תום השעה ה- $i-1$. לשם חישוב זה נשתמש בנתונים שבעמודה Arr_sys .
 דוגמא: תוך שימוש בנתונים שבטבלה 2, מספר המופעים ביום ה- 25 למאי 2001 בין 06:00 ל- 07:00 הינו 60.

1.2.2 תארו במדויק ככל שתוכלו, כיצד ניתן לייצר את גרף קצבי המופע הנ"ל בעזרת תוכנת SEESat. (לשם תזכורת הפונקציות של התוכנה, צרפנו תצוגה של שני עמודים מממשק התוכנה.)





תשובה :

נבחר במשתנה Arrivals to queue, בסוג שירות Summit וברזולוציה של 60 דקות. נעבור לבחירת התאריכים ונסמן את May 2001. נבחר באופציית ה- Individual days ונסמן את שלושת הימים (25, 29 ו-30).

1.3 מוקד הבנק מורכב למעשה מארבעה מוקדים טלפוניים נפרדים, המקושרים ביניהם. במטרה לשפר רמת שירות ולאזן עומסים בין המוקדים השונים, הפעיל הבנק את הפרוטוקול הבא: לקוח הממתין X יחידות זמן בתור המוקד אליו חייג, מועבר לתור המשותף לכלל המוקדים. תארו, במדויק ככל שתוכלו, כיצד ניתן בעזרת תוכנת SEESat למצוא את הערך X בימי החול של חודש ספטמבר 2001, עבור לקוחות מסוג Retail.

הערה: המוקד פועל בתחום ה-QD.

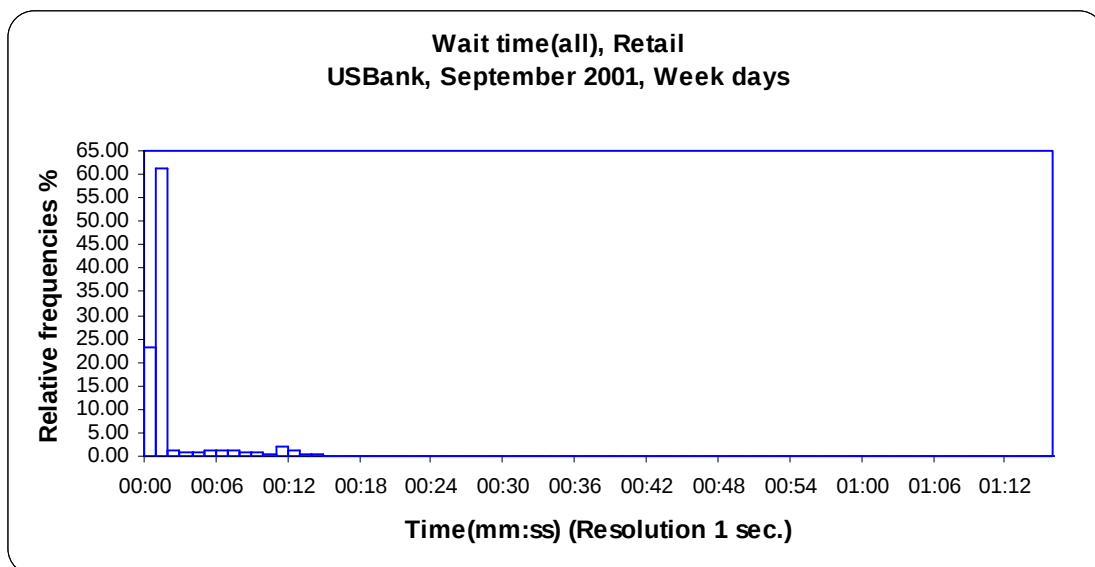
תשובה:

נייצר היסטוגרמה של זמני ההמתנה של לקוחות שהמתינו בתור. בהיסטוגרמה ניתן לזהות peak המתרחש עבור זמן המתנה X (לקוחות נענים מיידית עם העברתם לתור המשותף ע"י מוקדנים פנויים מהמוקדים האחרים).

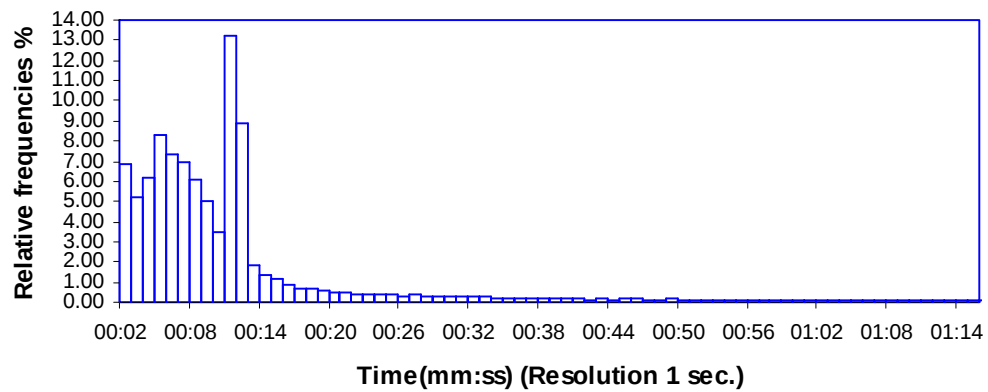
General → Descriptive Statistics → Variable: Wait time (waiting) →
 → Service: Retail → Resolution: 1 second
 Dates : September 2001, Aggregated Days → Weekdays

הערה: בהיסטוגרמת זמני ההמתנות עבור כל הלקוחות, נכללים זמני ההמתנות של לקוחות שקיבלו שירות ללא המתנה (השווים ל-0). מכיוון שאחוז הלקוחות שנענים מיידית גבוה (כ-85%, המוקד פועל בתחום QD), נתקשה לזהות peak בזמנים גבוהים מ-0. לעומת זאת, בהיסטוגרמת זמני ההמתנות (חיוביים) של לקוחות שהמתינו בתור, סקלת הערכים קטנה יותר וזיהוי ה-peak מיידי.

להלן מוצגות שתי ההיסטוגרמות הנ"ל:



**Wait time(waiting), Retail
USBank, September 2001, Week days**



מההיסטוגרמה הראשונה קשה לזהות את X . בשניה נחשף ש- $X=10$ בערך.

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.

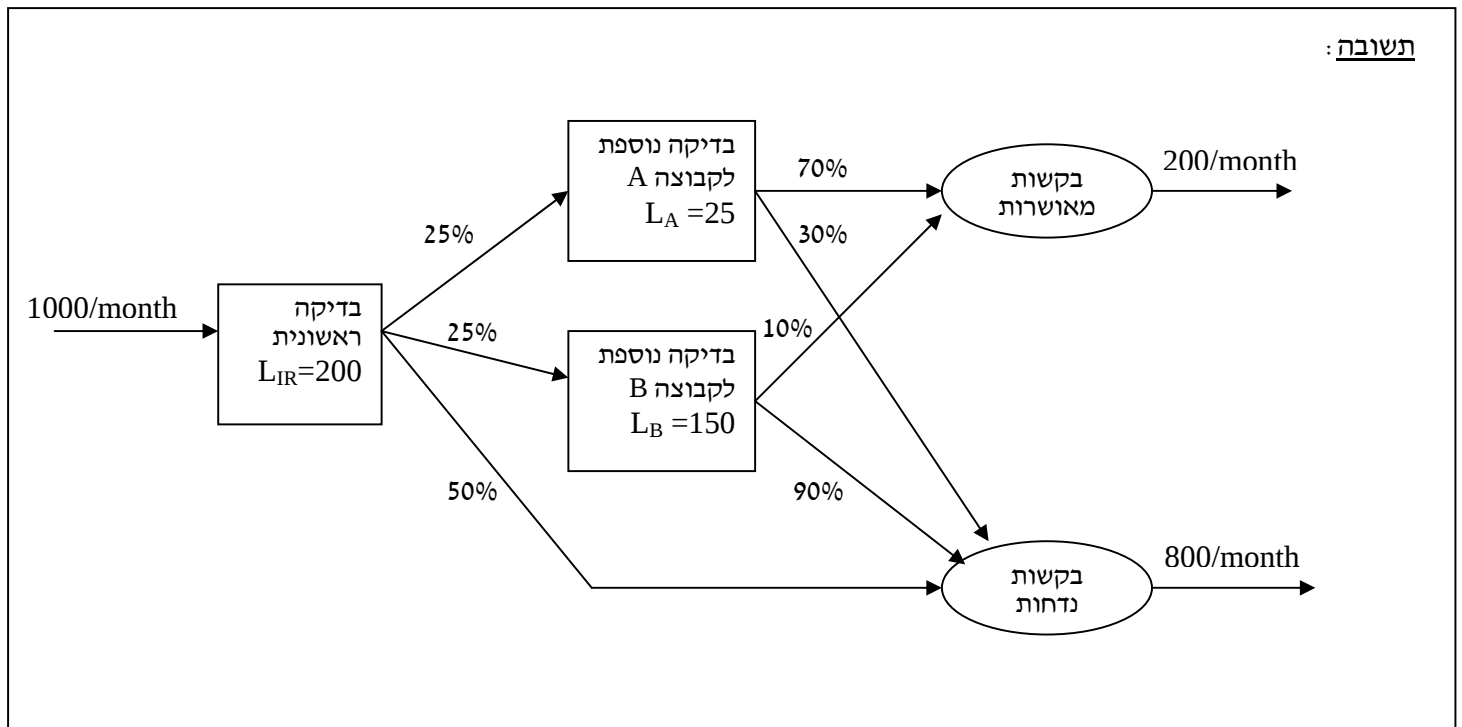
2.1.1 חשבו את ממוצע זמן בדיקת בקשה לפי תהליך 1.

תשובה:

לפי חוק Little ,

$$W_1 = \frac{500}{1000} \text{ month} = 15 \text{ days}$$

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.

תשובה:

דרך 1:

$$W_2 = \frac{375}{1000} \text{ month} = 11.25 \text{ days}$$

דרך 2:

$$W_{IR} = \frac{200}{1000} \text{ month} = 6 \text{ days}; \quad W_A = \frac{25}{1000 \times 0.25} \text{ month} = 3 \text{ days};$$

$$W_B = \frac{150}{1000 \times 0.25} \text{ month} = 18 \text{ days};$$

$$\Rightarrow W_2 = 0.5 \cdot 6 + 0.25 \cdot (6 + 3) + 0.25 \cdot (6 + 18) = 11.25 \text{ days}$$

כלומר, שיפור של 4 ימים בממוצע זמן השירות.

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

תשובה:

דרך 1: $\frac{25\% \times 70\%}{20\%} = \frac{7}{8}$ מהבקשות שאושרו הן מסוג A, ו- $\frac{1}{8}$ מסוג B. לכן,

$$W_{Approved} = \frac{7}{8} \cdot 9 + \frac{1}{8} \cdot 24 = 10.875 \text{ days}$$

דרך 2:

$$L_{Approved} = L_{IR,App} + L_{A,App} + L_{B,App} = 200 \cdot 20\% + 25 \cdot 70\% + 150 \cdot 10\% = 72.5$$

$$\lambda_{Approved} = 1000 \cdot 20\% = 200 \text{ per month}$$

$$\Rightarrow W_{Approved} = \frac{72.5}{200} \text{ month} = 10.875 \text{ days}$$

← זמן העיבוד עבור הבקשות שאושרו השתפר.

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, במוצע, 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.

תשובה:

$$\rho_B = \frac{250 + 250 \cdot 20\%}{8 \cdot 4} = 94\%$$

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?

תשובה:

בקשות מבדיקה ראשונית : 78%.

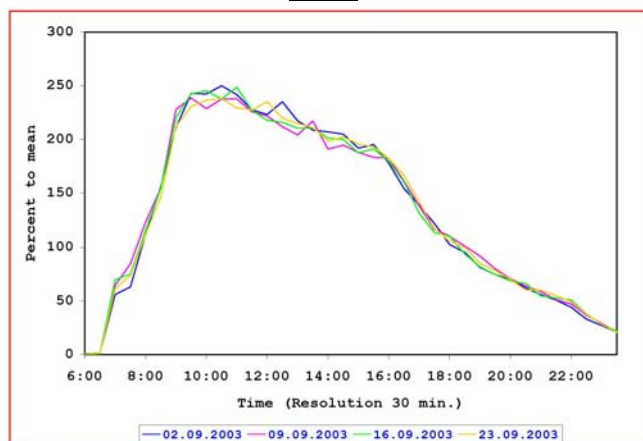
בקשות מ-A : $94\% - 78\% = 16\%$

בטל : $100\% - 94\% = 6\%$

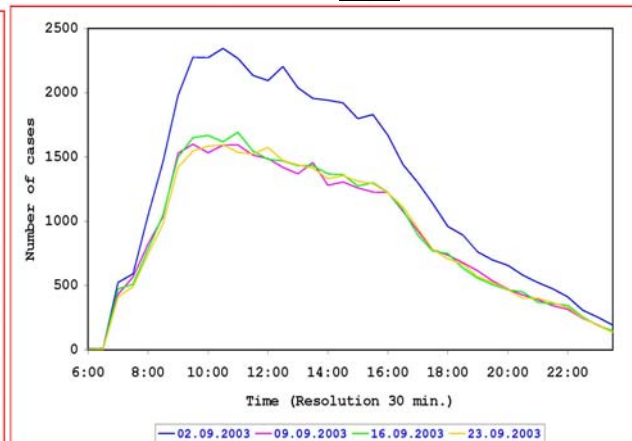
חלק 2. תחזית קצב מופע.

2.2.1 להלן מתוארים מופעים למוקד שירות טלפוני של בנק אמריקאי בימי שלישי בחודש ספטמבר 2003. גרף 2 מתאר מספר מופעים לחצי שעה וגרף 3 את מספר מופעים זה ביחס לממוצע היומי (באחוזים). בהנחה שהמופע למוקד הוא פואסון לא הומוגני בזמן, באיזה מודל מתמטי לקצב המופע $\lambda(t)$ הייתם ממליצים להשתמש, ובאילו שיטות הייתם חוזים אותו.

גרף 3



גרף 2



תשובה:

ניתן לראות בגרף 3 יציבות בצורה של קצב המופע ולכן נמליץ על שימוש במודל $\lambda(t) = C \cdot \lambda_0(t)$, כאשר $C =$ סה"כ מספר המופעים במהלך היום – משתנה מקרי (השתנות סטוכסטית),

$$\lambda_0(t) = \text{הצורה של המופעים}, \quad \int_0^T \lambda_0(t) dt = 1, \quad \text{דטרמיניסטי (השתנות בת-חיזוי של תהליך המופע)}.$$

בחיזוי C נשתמש בשיטות של סדרות עתיות, ואת $\lambda_0(t)$ נאמוד על פי ממוצעים היסטוריים.

שאלה 3 יישום (15 נקודות)

חלק 1. Erlang-C

הטבלה הבאה הינה פלט מתוכנת 4CallCenters.

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 parameters and click 'Compute'.

Your Call Center's Parameters

◆ Number of Agents Answering Calls

1

◆ Average Time to Handle One Call (mm:ss)

03:00

◆ Calls per 60 minute Interval

15

Settings

◆ **Features:** None Selected

◆ **Basic Interval:** 60 minutes

◆ **Target Time:** 00:00 (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	Agent's Occupancy	Average Speed of Answer	%Answer within Target	Average Queue Length
Results									
1	60.0	00:00.0	1.0	03:00.0	15.0	75.0%			
2									
3									

3.1.1 שחזרו את הערך החסר עבור תוחלת זמן ההמתנה בתור.

את תשובתכם לשאלה זו חלקו לשני שלבים. בשלב הראשון, העזרו ברמז הנתון על מנת לחשב את התפלגות זמן ההמתנה במערכת Erlang-C. הסבירו חישובים. בשלב השני, השתמשו בתוצאה מהשלב הראשון על מנת לחשב את תוחלת זמן ההמתנה.

רמז: במערכת $M | M | n$, במצב יציב מתקיים:

$$L_q = \begin{cases} 0 & \text{w.p. } 1 - E_{2,n} \\ \text{Geom}_{\geq 0}(1 - \rho) & \text{w.p. } E_{2,n} \end{cases}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{n\mu} \quad \text{כאשר}$$

תשובה:

התפלגות זמן ההמתנה:

לפי PASTA, מופע המגיע למערכת ומוצא את כל המוקדנים עסוקים ו- i לקוחות בתור, ימתין לפני כניסתו לשירות את משך הזמן שיעבור עד ש- $i+1$ לקוחות יסיימו את שירותם ויעזבו את המערכת. עקב חוסר הזיכרון של ההתפלגות המעריכית,

$$W_q | W_q > 0 = \sum_{i=1}^d \text{Geom}(1-\rho) S_i = \text{Exp} \left(\text{mean} = \frac{1}{n\mu} \cdot \frac{1}{1-\rho} \right)$$

ולכן,

$$W_q = \begin{cases} 0 & \text{w.p. } 1 - E_{2,n} \\ \text{Exp} \left(\text{mean} = \frac{1}{n\mu} \cdot \frac{1}{1-\rho} \right) & \text{w.p. } E_{2,n} \end{cases}$$

תוחלת זמן ההמתנה:

$$E(W_q) = E(W_q | W_q > 0) \cdot P\{\text{Wait} > 0\} = \frac{E_{2,n}}{n\mu(1-\rho)}$$

עבור הנתונים בשורה השניה,

$$E(W_q) = \frac{0.75}{20(1-0.75)} = 0.15 \text{ hour} = 9 \text{ min.}$$

3.1.2 שחזרו את ממוצע מספר הלקוחות במערכת (בתור ובשירות).

תשובה:

$$L = L_{service} + L_q = n\rho + L_q = n\rho + \lambda EW_q = 0.75 + 15 * \frac{9}{60} = 3$$

3.1.3 הניחו כי מספר המופעים ומספר השרתים גדלו שניהם פי 5, וקצב השירות לא השתנה. (כל 5 השרתים משרתים תור יחיד). האם תוחלת זמן ההמתנה תרד / תעלה / לא תשתנה? תנו תשובה מדויקת ככל שתוכלו.

תשובה:

תוחלת זמן ההמתנה בהינתן המתנה תקטן פי 5. בנוסף, ההסתברות להמתין תקטן ולכן תוחלת זמן ההמתנה תרד.

חלק 2.

הטבלה הבאה הינה פלט מתוכנת 4CallCenters.

4CallCenters v2.23
File Table Settings Help

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

Performance Profiler allows you to determine and optimize the Performance Level of your Call Center. Enter 'Compute'.

Your Call Center's Parameters

- Number of Agents Answering Calls: 5
- Average Time to Handle One Call (mm:ss): 03:00
- Calls per 60 minute Interval: 100
- Number of Trunks Available: 5

Settings

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

Change Settings

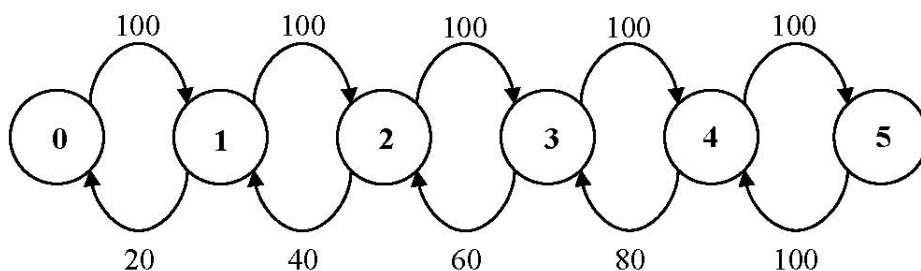
Compute | Add to Table | Delete Rows | Clear All | Export | Import | Graph

	Basic Interval (minutes)	Target Time to Answer	Number of Agents	Average Handling Time	Calls per Interval	Number of Trunks	Agent's Occupancy	Average Trunks Utilized	%Block
Results									
1	60.0	00:00.0	5.0	03:00.0	100.0	5.0	71.5%	3.6	28.5%
2									
3									

עבור המודל שתוצאות ניתוחו מוצגות בטבלה הנ"ל, נסמן ב- $L(t)$ את מספר האנשים במערכת בזמן t . אזי $L = \{L(t), t \geq 0\}$ הוא תהליך לידה ומוות תורי.

3.2.1 ציירו את דיאגרמת קצבי המעבר של L .

תשובה:



3.2.2 הניחו כי מספר הקווים במערכת המתוארת עלה ל-6 קווים. שאר הפרמטרים של המודל לא השתנו. האם נצילות מוקדן תרד / תעלה / לא תשתנה? הסבירו תשובתכם.

תשובה:

כאשר מספר הקווים עולה, אחוז הנחסמים יורד ולכן נצילות מוקדן, $\rho = \frac{\lambda(1 - P\{Block\})}{n\mu}$, תעלה.

3.2.3 תארו מערכת תורים נוספת עבורה מתאימה דיאגרמת קצבי המעבר שציירתם בשאלה הקודמת: רשמו את סימוני המודל המתמטי המתאים ואת ערכי הפרמטרים של המודל.

תשובה:

$M | M | N | K + M$

$\lambda = 100 \frac{\text{customers}}{\text{hour}}$; $\mu = 20 \frac{\text{customers}}{\text{hour}}$; $K = 5 \text{trunks}$; $\theta = 20 \frac{\text{customers}}{\text{hour}}$;

$N = 0, 1, 2, \dots, 4 \text{agents}$

3.2.4 הניחו כעת כי מספר הקווים במערכת המתוארת הוא אינסופי. האם המערכת ארגודית (תגיע למצב יציב)?

תשובה:

כעת זו מערכת Erlang-C. נצילות מוקדן $\rho = \frac{100}{5 \cdot 20} = 1$ ולכן המערכת לא תגיע למצב יציב. (אגב, המערכת גם לא תתפוצץ).

חלק 3. ניתוח של דו"ח ACD

להלן נתון חלק של דו"ח ACD ממוקד שירות טלפוני בארץ. (משכי זמן מוצגים בשניות). לצורך השאלות שלהלן, ניתן לתאר את המוקד כמערכת Erlang-A.

Time Interval	Arrivals	Service Time	Agents	Average Wait	%Abandon	% Wait=0
14:00	582	183.3	55.9	32.9	7.39	31.19
14:30	485	188.1	54.4	14.9	3.71	46.89
15:00	472	172.1	51.6	0.5	0.00	98.73
15:30	495	167.9	47.6	11.1	1.41	56.02
16:00	473	176.5	50.6	4.7	0.42	74.42
16:30	520	174.1	52.7	5.7	0.58	72.02
17:00	568	179.1	52.9	18.1	5.81	33.64
17:30	491	185.4	49.9	21.2	5.70	39.64
18:00	517	179.0	52.5	9.0	2.90	65.19
18:30	467	215.1	50.0	11.1	1.93	51.84
19:00	439	180.3	51.4	1.0	0.00	90.48
19:30	451	184.6	51.1	1.4	0.22	92.00
20:00	412	193.4	50.5	0.5	0.00	95.87
20:30	421	179.4	46.1	0.5	0.00	96.67

3.3.1 הניחו כי ברשותכם דו"ח ה-ACD היומי המלא. תארו בפירוט כיצד תאמדו את ממוצע זמן הסבלנות? אם הינכם משתמשים בממוצע יומי של מדד ביצוע כלשהו, הציגו את אופן חישובו באמצעות הנתונים שבדו"ח. הניחו כי ממוצע הסבלנות קבוע במהלך היום.

תשובה:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{\text{Total waiting time}}{\# \text{ abandon}} = \frac{\sum_i \text{Arrivals}_i \times \text{Average_Wait}_i}{\sum_i \text{Arrivals}_i \times \% \text{Abandon}_i}$$

כאשר האינדקס i מתייחס לשעה מתחילת יום העבודה.

את שתי השאלות הבאות עליכם לפתור ללא שימוש בגרפים הנתונים בעמודים 26-27, תוך הצגת דרך הפתרון המלאה.

3.3.2 הניחו כי מספר המופעים בין השעות 17:00-17:30 גדל פי 2. מהו מספר המוקדנים המינימלי הדרוש כדי שההסתברות להמתין באינטרוול זמן זה לא תגדל. הסבירו את תשובתכם.

תשובה:

$$\beta = \frac{N - R}{\sqrt{R}} = \frac{52.9 - 568 \cdot \frac{179.1}{1800}}{\sqrt{568 \cdot \frac{179.1}{1800}}} = -0.48$$

לפני השינוי

לאחר הגידול במספר המופעים, בכדי לשמור על הסתברות להמתין של $\approx 66\%$, יש לאיזן את המוקד ב-

$$N = 113 - 0.48\sqrt{113} = 108 \text{ מוקדנים.}$$

3.3.3 תחת האיוש שקבעתם בסעיף הקודם, כיצד ישתנה אחוז הנטישה באינטרוול הזמן 17:00-17:30? הסבירו את תשובתכם.

תשובה:

מספר המוקדנים גדל פי 2.04 וערך β לא השתנה, ולכן אחוז הנטישות יקטן פי $\sqrt{2.04}$.

$$P\{Ab\} = \frac{5.81}{\sqrt{2.04}} = 4.06\%$$

שאלה 4 תיאוריה יישומית (10 נקודות)

בקורס למדנו לנתח מערכת Erlang-A, עם פרמטרים λ, μ, θ ו- N קבועים. אמפירית, אנו מגלים לעיתים כי שונות קצב המופע גבוה משמעותית מממוצע קצב המופע, ולכן מידול המופעים לפי תהליך פואסון עם קצב קבוע λ , נניח על פני שעה או חצי שעה, אינו מתאים במקרים אלו (עבור תהליך שכזה מתקיים תוחלת=שונות= λ).
דרך למדל תהליך מופע במקרים אלו היא על-ידי התייחסות לקצב המופע, λ , כמשתנה מקרי ולא כקבוע. נבנה מודל למערכת שירות בה מופע הלקוחות בתקופה מסוימת הוא תהליך פואסון, אבל קצב המופע אינו ידוע בוודאות וניתן לתארו באופן הבא: קצב המופע יהיה 80 לקוחות לדקה בהסתברות $1/3$, 100 לקוחות לדקה בהסתברות $1/3$, או 120 לקוחות לדקה בהסתברות של $1/3$.
משך השירות וזמן סבלנות לקוח מפולגים מעריכית, שניהם עם תוחלת של 3 דקות.

במטרה לקבוע את מספר המוקדנים שיאיישו את המוקד ביום מסויים, הוגדר יעד רמת שירות של לכל היותר 40% ממתנינים בממוצע (דהיינו, לפחות 60% מקבלים שירות מיידית, ללא המתנה בתור). בכדי להשיג רמת שירות זו, פותחה (בעבודת מסטר בפקולטה) שיטה בדומה לשיטות שלמדנו בקורס. בעזרת השיטה נמצא שנדרשים במוקד הנ"ל, לפחות 315 מוקדנים. **כמובן, רמת איוש זו מביאה בחשבון את חוסר הודאות בקצב המופע. בפרט, לו היה ידוע קצב המופע בדיוק, ניתן היה לחשב עבורו רמת איוש מתאימה יותר.**

בשאלה זו נדון בביצועים התפעוליים של המוקד תחת רמת האיוש הנ"ל, רמה המבוססת על חוסר הודאות בקצב המופע. בנוסף, נדון בעלויות המוקד תחת שני תרחישים שונים.

נניח שעלות שעת עבודה מוקדן הינה 40 ₪, עלות דקת המתנה של לקוח הינה 1 ₪, ועלות נטישת לקוח הינה 6 ₪.

מתצפיות שנערכות בתחילת יום העבודה, ניתן לקבוע את קצב המופע בפועל (80, 100 או 120). נניח כעת כי במהלך יום העבודה ניתן לשנות את האיוש במוקד – להזמין מוקדנים נוספים, או לשחרר מוקדנים בטרם הסתיים יום העבודה. שינוי באיוש המוקד כרוך בתשלום נוסף למוקדנים – עלות שעת עבודה של מוקדן שהוזמן לצורך תגבור המוקד הינה 45₪ ומוקדן ששוחרר מעבודה במוקד בתחילת יום העבודה מקבל פיצוי של 10 ₪ עבור כל שעת עבודה אותה הפסיד.

בכל אחד משני התרחישים הבאים, תארו מה יקרה במוקד הנ"ל תחת רמת איוש של 315 מוקדנים. בתשובתכם התייחסו לשאלות המנחות.

השתמשו בגרפים הנתונים בעמודים 26-27 על מנת להעריך את מדדי הביצוע של המוקד.

4.1 תרחיש 1:

בתחילת יום העבודה נמצא כי קצב המופע הינו 80 לקוחות לדקה (יום עם עומס קל).

הערה: נתון פתרון חלקי (סעיפים 1,2 ו-3).

תשובה:

א. באיזה תחום תפעולי פועל המוקד? הסבירו קביעתכם.

תחת איוש של 315 מוקדנים, אם היום הינו יום קל (קצב מופע של 80 לקוחות לדקה), המערכת תפעל בתחום QD.

$$315 = 80 * 3 + \tilde{\beta} \sqrt{80 * 3}$$
$$\Rightarrow \tilde{\beta} = 4.84$$

ב. מה המוקד מרוויח או מפסיד באיוש שנקבע (315), תוך התחשבות בשיקולי רמת שירות ועלויות.

במקרה זה, מושגת רמת שירות גבוהה אך בעלות של מוקדנים רבים.

מדדים תפעוליים של המערכת:

100% נענים מיידית $\Leftarrow$ אין נטשות.

$$\text{נצילות מוקדן} - 0.76 = \frac{80 * 3}{315}$$

ג. מהי עלות המוקד לשעה, תחת איוש של 315 מוקדנים?

מכיוון שאין המתנות, עלות שעת פעילות של המוקד הינה עלות השרתים: $315 * 40 = 12600$.

ד. תחת תנאי התרחיש, מהו האיוש האופטימלי להשגת יעד השירות של 40% ממתנינים.

כדי להגיע לאחוז ממתנינים של 40% נדרש איוש של $N = \left\lceil 80 * 3 + 0.25 * \sqrt{80 * 3} \right\rceil = 244$ מוקדנים.

ה. תחת האיוש החדש האופטימלי שקבעתם, מהי העלות של שעת תפעול המוקד.

תחת האיוש החדש, אחוז הנוטשים הינו כ- 2% ($P\{Ab\} \approx 0.019$) $\Rightarrow P\{Ab\} \cdot \sqrt{N} \approx 0.3$, וסך עלויות המוקד לשעה הינן

$$\begin{aligned} N \cdot C_N + N_{LESS} \cdot C_{N_{LESS}} + \lambda \cdot C_W \cdot E(W_q) + \lambda \cdot C_{Ab} \cdot P\{Ab\} &= \\ = N \cdot C_N + N_{LESS} \cdot C_{N_{LESS}} + \lambda \cdot C_W \cdot P\{Ab\} / \theta + \lambda \cdot C_{Ab} \cdot P\{Ab\} &= \\ = N \cdot C_N + N_{LESS} \cdot C_{N_{LESS}} + \lambda \cdot P\{Ab\} (C_W / \theta + C_{Ab}) &= \\ = 244 \cdot 40 + 71 \cdot 10 + 80 \cdot 60 \cdot 0.019 \cdot (3 + 6) &= 10470 + 273 + 547 = 11290 \end{aligned}$$

ו. השוו בין העלויות מסעיפים ג' ו-ה', תוך הפרדה לעלויות שרתים ועלויות הנובעות מהביצועים התפעוליים של המוקד.

ניתן לראות כי תחת האיוש החדש, עלות השרתים קטנה ונוספות עלויות המתנות ונטישות. בתרחיש זה, איוש מחדש הוזיל עלויות בכ- 10%.

4.2 תרחיש 2:

בתחילת יום העבודה נמצא כי קצב המופע הינו 120 לקוחות לדקה (יום עמוס).

תשובה:

א. באיזה תחום תפעולי פועל המוקד? הסבירו קביעתכם.

תחת איוש של 315 מוקדנים, אם היום הינו יום עמוס (קצב מופע של 120 לקוחות לדקה), המערכת תפעל בתחום ED.

$$\begin{aligned} 315 &= 120 \cdot 3 + \tilde{\beta} \sqrt{120 \cdot 3} \\ \Rightarrow \tilde{\beta} &= -2.37 \end{aligned}$$

ב. מה המוקד מרוויח או מפסיד באיוש שנקבע (315), תוך התחשבות בשיקולי רמת שירות ועלויות.

במקרה זה, ישנם במוקד מעט מדי שרתים ויעד השירות של 40% ממתינים כמובן שאיננו מושג. עלות השרתים נמוכה עקב מספרם הקטן מהנדרש, אך עם זאת עלויות ההמתנות ונטישת לקוחות גבוהות.

מדדים תפעוליים של המערכת (על סמך הגרפים בעמודים הבאים):

98% ממתנינים,

בתחום התפעול ED, כלל האיוש הינו $n = R(1 - \gamma)$ ו- $P\{Ab\} \approx \gamma$. במקרה שלנו $P\{Ab\} \approx \gamma = 0.125$. את אחוז

הנוטשים ניתן גם למצוא לפי הגרף: $P\{Ab\} \approx 0.13 \Rightarrow P\{Ab\} \cdot \sqrt{N} \approx 2.3$.

$$\frac{120 \cdot 3 \cdot (1 - 0.13)}{315} = 0.99 \text{ - נצילות מוקדן}$$

ג. מהי עלות המוקד לשעה, תחת איוש של 315 מוקדנים?

עלות שעת פעילות של המוקד:

$$\begin{aligned} N \cdot C_N + \lambda \cdot C_W \cdot E(W_q) + \lambda \cdot C_{Ab} \cdot P\{Ab\} &= \\ &= N \cdot C_N + \lambda \cdot C_W \cdot P\{Ab\} / \theta + \lambda \cdot C_{Ab} \cdot P\{Ab\} = \\ &= N \cdot C_N + \lambda \cdot P\{Ab\} (C_W / \theta + C_{Ab}) = \\ &= 315 \cdot 40 + 120 \cdot 60 \cdot 0.13 (3 + 6) = 12600 + 2808 + 5616 = 21024 \end{aligned}$$

ד. תחת תנאי התרחיש, מהו האיוש האופטימלי להשגת יעד השירות של 40% ממתנינים.

כדי להגיע לאחוז ממתנינים של 40% נדרש איוש של $N = \left\lceil 120 \cdot 3 + 0.25 \cdot \sqrt{120 \cdot 3} \right\rceil = 365$ מוקדנים.

ה. תחת האיוש החדש האופטימלי שקבעתם, מהי העלות של שעת תפעול המוקד.

תחת האיוש החדש, אחוז הנוטשים הינו 1.5% ($P\{Ab\} \approx 0.015 \Rightarrow P\{Ab\} \cdot \sqrt{N} \approx 0.3$), וסך עלויות המוקד לשעה הינן

$$\begin{aligned} N \cdot C_N + N_{EXTRA} \cdot C_{N_{EXTRA}} + \lambda \cdot P\{Ab\} (C_W / \theta + C_{Ab}) &= \\ = 315 \cdot 40 + 50 \cdot 45 + 120 \cdot 60 \cdot 0.015 \cdot (3 + 6) &= 14850 + 324 + 648 = 15822 \end{aligned}$$

ו. השוו בין העלויות מסעיפים ג' ו-ה', תוך הפרדה לעלויות שרתים ועלויות הנובעות מהביצועים התפעוליים של המוקד.

ניתן לראות כי תחת האיוש החדש, עלות השרתים גדלה אך עלות ההמתנות והנטישות יורדת באופן משמעותי, כך שסך עלות שעת תפעול המוקד יורדת בכ- 25%.

בתרחיש זה, איוש מחדש השיג את רמת השירות הרצויה והוזיל עלויות.

4.3 רמת האיוש בתחילת השאלה (315 מוקדנים) נקבעה לפי כלל איוש המתייחס להתפלגות קצב המופע, ומשיגה תוחלת אחוז ממתנינים של 40%. נניח שאנו רוצים להבטיח (לא בתוחלת) כי במוקד יהיו לכל היותר 40% ממתנינים, וזאת למרות חוסר הודאות על קצב המופע. מהי רמת איוש שתבטיח זאת? השוו אותה ל- 315 מוקדנים.

תשובה:

כדי להבטיח כי אחוז הממתנינים לא יעלה עם 40%, ניתן לאייש את המוקד לפי כלל השורש, כאשר נתייחס לקצב המופע הגבוה ביותר (worst case scenario), כלומר 365 מוקדנים (סעיף 4.1).

4.4 ניתן לתאר את קצב המופע האקראי הנתון בתחילת השאלה באופן הבא: נסמן את תוחלת קצב המופע ב- $\bar{\lambda} = 100$ ונגדיר משתנה מקרי בדיד, X , המקבל ערכים 0.8 או 1 או 1.2, בהסתברות $1/3$ לכל ערך. אזי, קצב המופע הינו המשתנה המקרי $\bar{\lambda} \cdot X$. בעבודת המסטר שהוזכרה לעיל, הוכח שכלל האיוש, לפיו נקבעה רמת האיוש בתחילת השאלה (315 מוקדנים), הוא מהצורה הבאה:

$$N = \left\lceil R \cdot x + \beta \sqrt{R \cdot x} \right\rceil$$

כאשר $R = \frac{\bar{\lambda}}{\mu}$ הינו תוחלת העומס המוצע במערכת הסטציונארית. פרמטר ה-QoS (Quality of Service) בכלל האיוש הנ"ל הינו דו מימדי - (x, β) , כאשר x הינו אחד משלושת הערכים של המשתנה המקרי X (0.8, 1.0, 1.2), ו- $-\infty < \beta < \infty$. נציין כי קיימת התאמה חד-חד ערכית בין (x, β) ואחוז הממתנינים. לדוגמא, כדי להשיג 40% ממתנינים נדרש כי $(x, \beta) = (1, 0.84)$, כלומר $N = \left\lceil 300 \cdot 1 + 0.84 \sqrt{300 \cdot 1} \right\rceil = 315$.

שימו לב כי במסגרת שאלה זו, אנו לא מציגים את אופן בחירת ערכי x ו- β .

נניח כעת כי, בנוסף לאקראיות, קצב המופע משתנה בזמן. כלומר, קצב המופע הינו מהצורה $\bar{\lambda}(t) \cdot X$, כאשר $0 \leq t$, $\bar{\lambda}(t)$ הינה פונקצית ממוצע קצב המופע ו- X מ"מ כמוגדר לעיל.

עבור מקרה לא סטציונארי זה, ועל סמך חומר הקורס, הציעו כלל איוש המשיג יציבות לאורך זמן של אחוז הממתינים (40%). היו מדויקים ככל שתוכלו.

תשובה:

ראינו בכיתה כי כלל המשיג יציבות של אחוז הממתינים, כאשר קצב המופע משתנה בזמן אך אינו אקראי הוא מהצורה:

$$R(t) = E \left(\int_{t-S}^t \lambda(u) du \right) \text{ , כאשר } N = R(t) + \beta \sqrt{R(t)}$$

תוחלת העומס המוצע על המערכת, כאשר ישנה אקראיות בקצב המופע הינו

$$R_X(t) = E \left(E \left(\int_{t-S}^t \lambda(u) X du \right) \right) = E(X) \cdot E \left(\int_{t-S}^t \lambda(u) du \right) = E \left(\int_{t-S}^t \lambda(u) du \right) = R(t)$$

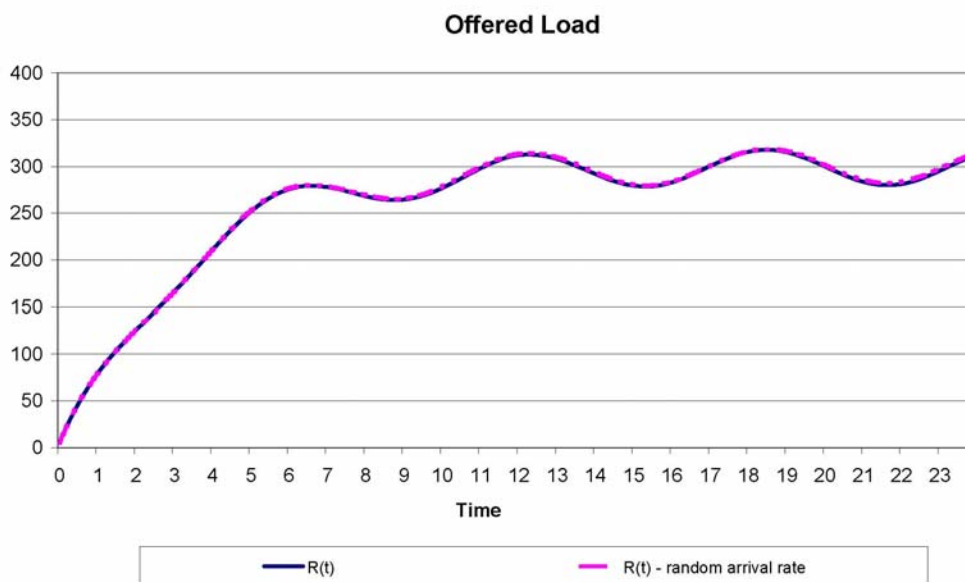
עבור כל אחד מקצבי המופע האפשריים, איוש עפ"י הכלל

$$N = R(t) \cdot x + \beta \sqrt{R(t) \cdot x}$$

עם אותם ערכי x ו- β המתאימים במקרה הסטציונארי, ישיג אחוז ממתינים יציב ושווה לאחוז הממתינים במקרה הסטציונארי, ובתוחלת נקבל את אחוז הממתינים הרצוי.

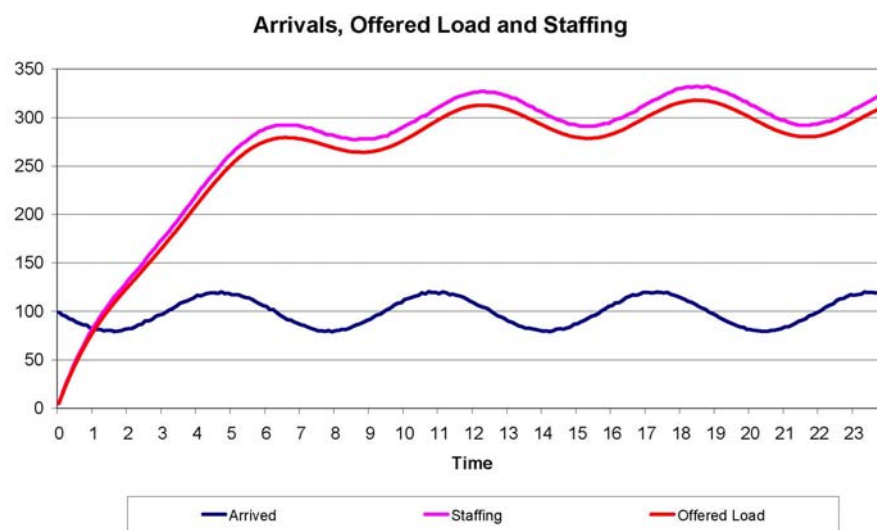
להלן מוצגות תוצאות סימולציה המדמה את מוקד השירות המתואר, כאשר $\lambda(t) = 100 - 20 \cdot \sin(t)$.

תחילה נציג את השוואת העומס המוצע במודל בו $X \equiv 1$ לבין המערכת המוצגת לעיל:

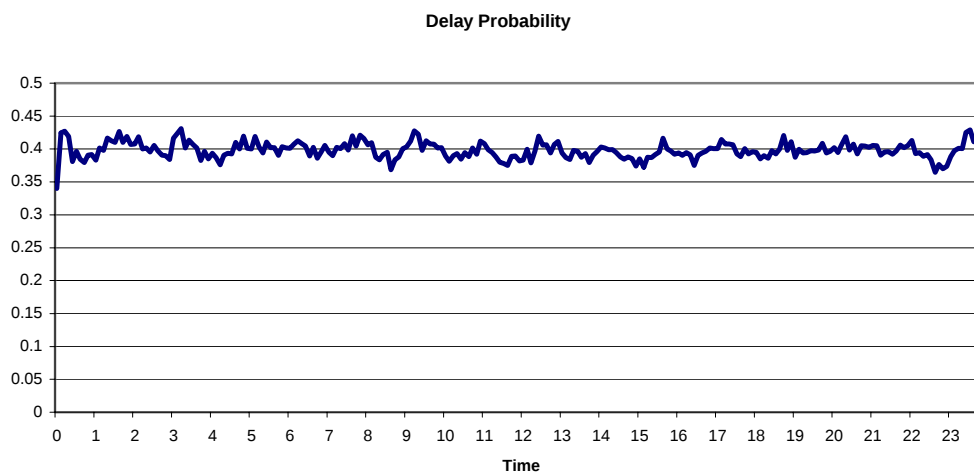


הורצה סימולציה של מערכת השירות המתוארת לעיל (קצב מופע אקראי ותלוי זמן), כאשר האיוש נקבע לפי הכלל

$$N(t) = R(t) \cdot x + \beta \sqrt{R(t) \cdot x} \quad \forall t > 0, (x, \beta) = (1, 0.84)$$

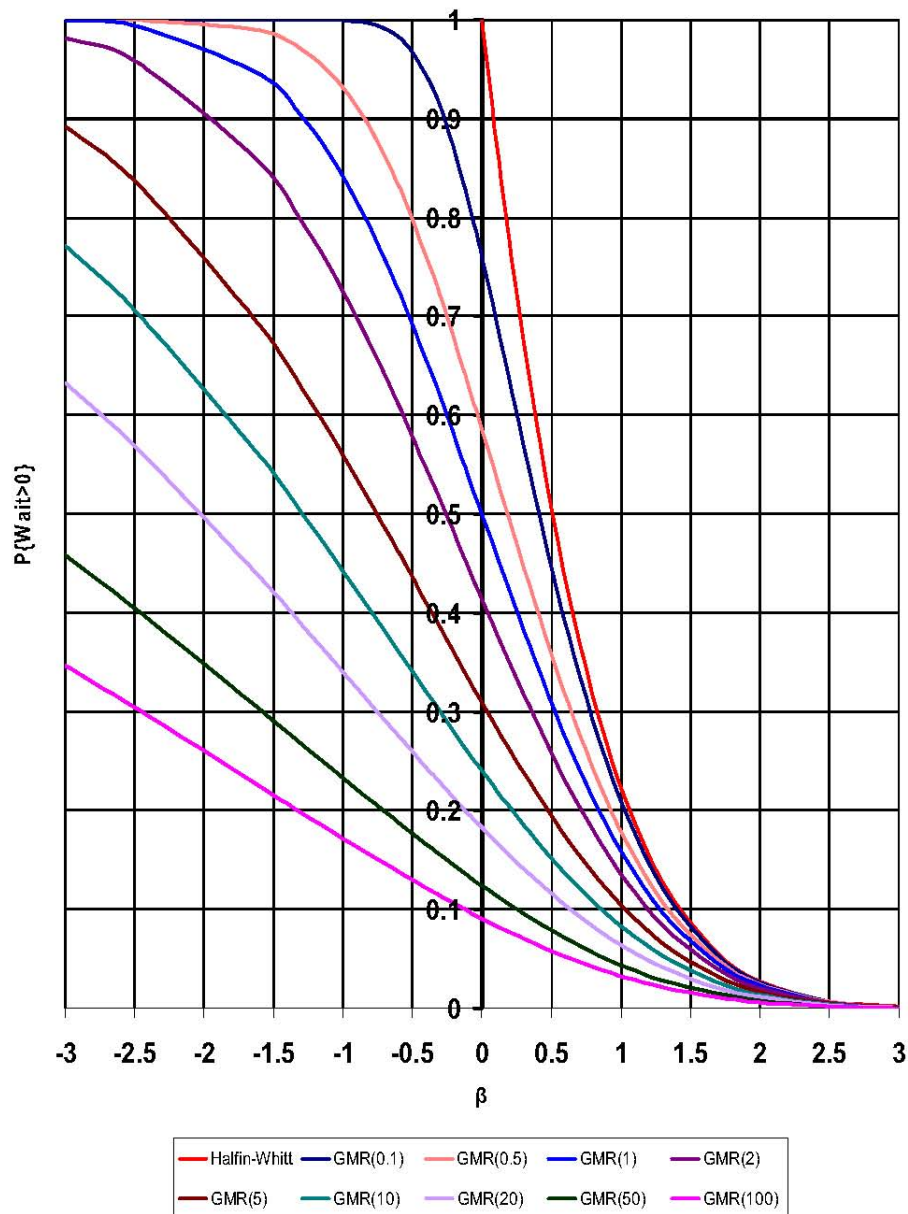


הגרף הבא מציג את ההסתברות להמתנה כתלות בזמן, כפי שהתקבל בסימולציה.



Erlang-A: The Garnett Delay-Functions

$P\{W_q > 0\}$ vs. the QOS parameter β , for varying patience θ/μ .

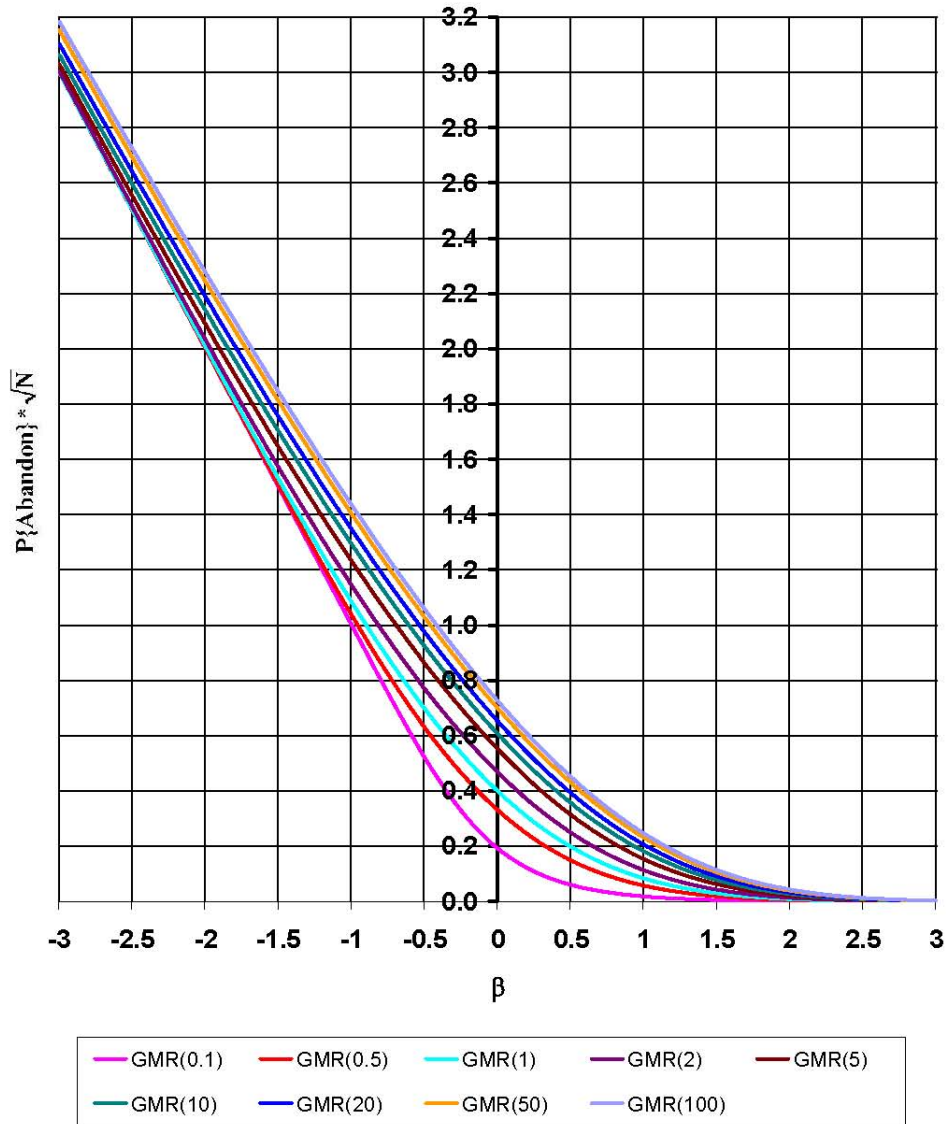


GMR(x) describes the asymptotic probability of delay as a function of β when $\frac{\theta}{\mu} = x$. Here, θ and μ are the abandonment and service rate, respectively.

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

Erlang-A: % Abandonment

$\%Ab \times \sqrt{n}$ vs. β , for varying (im)patience (θ/μ):



Note the behavior like $-\beta/\sqrt{n}$, for (relatively) large negative β and over all (im)patience levels. For an explanation, think **ED**: $n = R + \beta\sqrt{R} = R - \gamma R$; hence $\gamma \approx -\beta/\sqrt{R} \approx -\beta/\sqrt{n}$, and γ is $P\{Ab\}$ in the ED-Regime.

טבלה 1

call_id	q_start	q_exit	ser_start	ser_exit	outcome	wait_time	service_time	Agent
510013309	06:23:00	06:23:07	06:23:08	06:25:01	Agent	7	113	23015
510013355	06:23:19	06:24:30	06:24:31	06:24:51	Agent	71	20	23007
510013559	06:24:52	06:24:52	06:24:52	06:26:57	Agent	0	125	23007
510013814	06:26:32	06:26:33	06:26:33	06:27:27	Agent	1	54	23015
510013830	06:26:36	06:26:38	00:00:00	00:00:00	Abandon	2	0	0
510013871	06:26:47	06:26:57	06:26:58	06:28:45	Agent	10	107	23007
510014006	06:27:53	06:27:53	06:27:53	06:29:46	Agent	0	113	23015
510014071	06:28:15	06:28:45	06:28:46	06:29:04	Agent	30	18	23007
510014116	06:28:35	06:29:04	06:29:05	06:30:31	Agent	29	86	23007
510014132	06:28:43	06:29:46	06:29:47	06:31:27	Agent	63	100	23015
510014196	06:29:05	06:30:31	06:30:32	06:34:32	Agent	86	240	23007
510014425	06:30:38	06:31:27	06:31:27	06:34:31	Agent	49	184	23015
510014578	06:31:32	06:34:31	06:34:32	06:35:54	Agent	179	82	23015
510014674	06:32:06	06:34:32	06:34:33	06:37:04	Agent	146	151	23007
510014702	06:32:18	06:33:00	00:00:00	00:00:00	Abandon	42	0	0
510014712	06:32:26	06:35:54	06:35:55	06:37:37	Agent	208	102	23015
510014750	06:32:37	06:36:08	06:36:09	06:47:58	Agent	211	709	23041
510014927	06:33:46	06:37:04	06:37:05	06:43:49	Agent	198	404	23007
510015175	06:35:19	06:36:04	00:00:00	00:00:00	Abandon	45	0	0
510015368	06:36:28	06:37:37	06:37:38	06:39:53	Agent	69	135	23015
510015393	06:36:35	06:37:54	00:00:00	00:00:00	Abandon	79	0	0
510015405	06:36:39	06:39:53	06:39:54	06:51:04	Agent	194	670	23015
510015441	06:36:55	06:43:49	06:43:50	06:45:58	Agent	414	128	23007
510015539	06:37:41	06:45:58	06:45:59	06:47:44	Agent	497	105	23007
510015752	06:38:54	06:39:14	00:00:00	00:00:00	Abandon	20	0	0
510015802	06:39:13	06:40:31	00:00:00	00:00:00	Abandon	78	0	0
510016057	06:40:42	06:40:59	00:00:00	00:00:00	Abandon	17	0	0
510016208	06:41:36	06:47:44	06:47:45	06:51:29	Agent	368	224	23007
510016446	06:42:56	06:47:58	06:47:59	06:48:31	Agent	302	32	23041
510016552	06:43:35	06:45:36	00:00:00	00:00:00	Abandon	121	0	0
510016619	06:44:02	06:48:31	06:48:32	06:50:56	Agent	269	144	23041
510016625	06:44:05	06:46:13	00:00:00	00:00:00	Abandon	128	0	0
510016700	06:44:32	06:50:56	06:50:57	06:56:20	Agent	384	323	23041
510016708	06:44:36	06:51:04	06:51:05	06:53:01	Agent	388	116	23015
510016925	06:45:53	06:51:29	06:51:30	06:53:14	Agent	336	104	23007
510017302	06:48:04	06:53:01	06:53:02	06:54:12	Agent	297	70	23015
510017389	06:48:31	06:49:30	00:00:00	00:00:00	Abandon	59	0	0
510017423	06:48:42	06:53:14	06:53:14	06:54:56	Agent	272	102	23007
510017606	06:49:55	06:54:12	06:54:12	06:55:49	Agent	257	97	23015
510017636	06:50:03	06:51:57	00:00:00	00:00:00	Abandon	114	0	0
510017717	06:50:38	06:54:56	06:54:57	06:56:50	Agent	258	113	23007

טבלה 2

time	Arr_sys	Dep_sys	Arr_q	Dep_q	Arr_ser	Dep_ser
06:15	6	6	6	6	5	5
06:16	6	6	6	6	5	5
06:17	6	6	6	6	5	5
06:18	6	6	6	6	5	5
06:19	7	6	7	7	6	5
06:20	7	6	7	7	6	5
06:21	7	6	7	7	6	5
06:22	8	6	8	8	7	5
06:23	9	6	9	9	8	5
06:24	11	7	11	10	9	6
06:25	12	9	12	12	11	8
06:26	12	10	12	12	11	9
06:27	15	12	15	15	13	10
06:28	16	13	16	16	14	11
06:29	19	14	19	17	15	12
06:30	20	16	20	19	17	14
06:31	21	17	21	20	18	15
06:32	22	18	22	21	19	16
06:33	26	18	26	21	19	16
06:34	27	19	27	22	19	16
06:35	27	21	27	24	21	18
06:36	28	22	28	25	22	19
06:37	32	24	32	27	23	20
06:38	33	27	33	30	25	22
06:39	34	27	34	30	25	22
06:40	35	29	35	32	26	23
06:41	36	31	36	34	26	23
06:42	37	31	37	34	26	23
06:43	38	31	38	34	26	23
06:44	39	32	39	35	27	24
06:45	43	32	43	35	27	24
06:46	44	34	44	37	28	25
06:47	44	35	44	38	28	25
06:48	44	37	44	40	30	27
06:49	47	38	47	41	31	28
06:50	48	39	48	42	31	28
06:51	51	40	51	43	32	29
06:52	53	43	53	46	34	31
06:53	54	43	54	46	34	31
06:54	54	45	54	48	36	33
06:55	54	47	54	50	38	35
06:56	56	49	56	52	39	36
06:57	59	52	59	55	41	38
06:58	59	53	59	56	42	39
06:59	60	54	60	57	43	40
07:00	60	55	60	59	44	40
07:01	62	57	62	62	46	41
07:02	64	57	64	64	48	41
07:03	70	62	70	68	51	45
07:04	70	63	70	70	53	46
07:05	71	65	71	71	54	48
07:06	74	67	74	74	57	50
07:07	79	69	79	78	61	52
07:08	80	72	80	80	63	55