

פיתוח כלי סימולציה לניתוח ביצועי מחלקה לרפואה דחופה

יריב מרמור

פיתוח כלי סימולציה לניתוח ביצועי מחלקה לרפואה דחופה

חיבור על מחקר

לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת תואר
מגיסטר למדעים בהנדסת תעשיה

יריב מרמור

הוגש לסנט הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל

אב תשס"ג חיפה אוגוסט 2003

המחקר נעשה בהנחיית ד"ר דוד זינרביק (גיל) בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון.

ברצוני להקדיש את עבודת זו לסבי היקר והאהוב, יהושע שושנה סבי שליחה את לימודי
מהלך התואר הראשון וציפה לראותי מסיים את התואר השני, אך לא יכל למחלתו.

תודתי העמוקה מוקדשת למשפחתי המורחבת: פותי, שמה, ליאה, מורן, שרון, נתנאל
אורנה-יה, אוריאל, מוריה ספיר, ויקי ואילן. על העיצור והתמיכה לאורך כל הצעד.

תודה גם לכל מי שסייע במהלך המחקר:

לד"ר דוד זינרביק שזאט שאתקדם ולא אעצור לרגע.

לצוות החוקרים והסטודנטים במרכז המחקר לבטיחות בעבודה והנדסת אנוש בטכניון
בהנהלת פרופסור דניאל גופר.

תודה מעומק הלב גם לסטודנטים היקרים אשר ביצעו תצפיות, עמלו להקליט נתונים, בחנו
חריטים ועיצבו גרפים ומצגות ללא ליאות:

אלמוט שני, איה גולדנברג, מירנה טיטולרין, דלמה גברה, יובל קרנר, עדי שינמן, אורלי
אבן חן, איטור טיסין, יובל ריבובי, נאווה אבן, אבישי סבאן, אלי אצן, רויטל ספקארה, הצס
שמה, בני מלכה, סלמה ביטלרין, רומן ויינברג וקרין גבעון.

תודה אחרונה למכון שחקר שירותי הביטחון על התמיכה הנכבדת לצוותי המאמצים על
הסיוע ולצוותי המחשוב על פלטי המחשה המורכבים. תודה גם להנהלות התי החולאים
שאפשרו ותמכו בעיצור המחקר.

תוכן עניינים

1	תקציר	1
5	מבוא	2
5	2.1 רקע	
5	2.2 בחירת סוג המודל	
6	2.3 עבודות קודמות	
8	2.4 מטרות המחקר	
9	סקר ספרות	3
21	איסוף נתונים	4
21	4.1 מודל הפעלה	
23	4.2 תצפיות	
24	4.3 נושא התצפיות	
25	4.4 תרשים תהליך	
25	4.5 נתונים היסטוריים	
29	הנחות המודל	5
29	5.1 מבנה תהליך המודל	
41	5.2 זמני הפעילויות במודל	
46	מבנה מערכת הסימולציה	6
46	6.1 מודל הסימולציה הממוחשבת	
48	6.2 הגדרת מודלי הסימולציה (מלר"ד)	
50	6.3 ממשקי משתמש	
52	6.4 מסד נתונים	
53	6.5 מודלים מתמטיים	
55	מודלים מתמטיים	7
55	7.1 מודל הגעת חולים למלר"ד	
73	7.2 מודל הגעת חולים מהמחלקות לרנטגן	
80	7.3 מודל הליכות הצוות במלר"ד	
88	תאור הכלי (ממשק משתמש)	8
88	8.1 מסכי הצגת הנתונים	
104	8.2 אנימציה דינאמית	
105	8.3 פלט גרפי	

תוכן עניינים (המשך)

108	תוצאות הסימולציה ותיקוף הכלי.....	9.
108	9.1 בחינת תוצאות הרצת הסימולציה	
121	9.2 תיקוף הכלי באמצעות השוואה עם בית חולים נוסף	
127	דיון ומסקנות.....	10.
127	10.1 דיון בתוצאות.....	
127	10.2 מידת תיקוף הכלי.....	
128	10.3 המשך פיתוח/מחקר עתידי	
130	נספחים	11.
131	11.1 נספח 1 : תרשימי תהליך של חולים טיפוסיים.....	
150	11.2 נספח 2 : מבנה פיזי של המלר"דים	
155	11.3 נספח 3 : טפסי איסוף הנתונים.....	
160	11.4 נספח 4 : קודי איסוף הנתונים.....	
163	11.5 נספח 5 : תרשימי זמנים וחישובים להגעה לאי דיוק בתצפיות.....	
169	11.6 נספח 6 : שאילתות להוצאת נתונים ממערכת המידע	
171	11.7 נספח 7 : ריכוז זמני תצפיות במחלקת הרנטגן.....	
172	11.8 נספח 8 : פרמטרים עבור מודל הגעת חולים מהמחלקות לרנטגן.....	
176	11.9 נספח 9 : פירוט הדרוגים מעל לדרוג הנבחר	
179	11.10 נספח 10 : התאמת התפלגות השאריות להתפלגות נורמלית עבור חולה פנימי	
180	רשימת מקורות.....	12.

רשימות טבלאות

טבלה 1	– אפשרויות מידול סימולציה (סביבה מחקרית)	7
טבלה 2	– חלוקת בתי החולים לפי מודלי ההפעלה	21
טבלה 3	– טיפוס החולים במחלקות לרפואה הדחופה השונות	22
טבלה 4	– סיכום התפלגות תצפיות לפי משמרות	23
טבלה 5	– סיכום השקעת הזמן בתצפיות ישירות לפי נושאי התצפית	28
טבלה 6	– מטריצה f לבחינת דמיון בין התרשימים (באחוזים)	33
טבלה 7	– מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין התרשימים (באחוזים)	34
טבלה 8	– מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים פנימיים (באחוזים)	35
טבלה 9	– מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים כירורגיים (באחוזים)	35
טבלה 10	– מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים אורתופדיים (באחוזים)	35
טבלה 11	– מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולה פנימי לשאר החולים (באחוזים)	36
טבלה 12	– אי דיוק עבור כל סוג חולה ועבור ממוצע כולל	44
טבלה 13	– אי דיוק עבור חולה אורתופדי בכל בית חולים ועבור ממוצע של חולה אורתופדי	45
טבלה 14	– שמות החדרים האפשריים	48
טבלה 15	– סוגי הצוות האפשריים לפי מודל ההפעלה	49
טבלה 16	– הפקטורים לפי טיפוס החולים של בתי החולים שהשתתפו בסקר	58
טבלה 17	– הפרמטרים של מודל הליכות הצוות לפי סוג חולה	87
טבלה 18	– כמות חולים יומית ממוצעת לפי סוג חולה (ממוחשב)	113
טבלה 19	– מקרא לתרשימים ("1" – "4")	114
טבלה 20	– השוואת תוצאות הסימולציה למערכת הממוחשבת	123
טבלה 21	– כמות חולים יומית ממוצעת לפי סוג חולה (ממוחשב – "6")	123
טבלה 22	– מקרא לתרשימים ("6")	123
טבלה 23	– אי דיוק של סוגי החולים העיקריים	163
טבלה 24	– ממוצע זמן לפי סוגי החולים העיקריים	164
טבלה 25	– סטיית תקן זמן לפי סוגי החולים העיקריים	165
טבלה 26	– חישוב "אורך מחזור נטו" לפי סוגי החולים העיקריים	166
טבלה 27	– משקל כל פעולה מסד "במחזור נטו" לפי סוגי החולים העיקריים (באחוזים)	167
טבלה 28	– מספר פעמים שכל פעולה נצפתה לפי סוגי החולים העיקריים	168
טבלה 29	– ריכוז זמני תצפיות במחלקת הרנטגן לפי סוג חולה בכל מלר"ד (דקות)	171
טבלה 30	– פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (1)	172
טבלה 31	– פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (2)	173
טבלה 32	– פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (3)	174
טבלה 33	– פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (4)	175
טבלה 34	– פירוט דירוג בחלוקה ל-3 קבוצות	176
טבלה 35	– פירוט דירוג בחלוקה ל-4 קבוצות	177

רשימת איורים

23	איור 1 – סיכום התפלגות מספר ימי תצפיות לפי ימי השבוע.
30	איור 2 – דוגמא עקרונית לתרשים תהליך.
40	איור 3 – התפלגות אקראית של חלוקה ל-4 קבוצות שוות.
40	איור 4 – התפלגות חלוקה ל-4 קבוצות בהסתברות של דרוג נבחר.
46	איור 5 – מבנה מערכת הסימולציה.
51	איור 6 – מסך ראשי בסימולציה.
52	איור 7 – דוגמא לפלט גרפי של הסימולציה.
53	איור 8 – דוגמא לרשימת טבלאות מסד הנתונים.
57	איור 9 – ממוצע ס"ת של השאריות לפי ימי השבוע עבור חולה פנימי.
58	איור 10 – התפלגות השאריות עבור חולה פנימי.
60	איור 11 – קצב הגעת חולים פנימיים למלר"ד בימות השבוע השונים.
63	איור 12 – קצב הגעת חולים אורתופדיים למלר"ד בימות השבוע השונים.
65	איור 13 – קצב הגעת חולים כירורגיים למלר"ד בימות השבוע השונים.
68	איור 14 – קצב הגעת חולים פנימיים למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים).
70	איור 15 – קצב הגעת חולים אורתופדי למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים).
72	איור 16 – קצב הגעת חולים כירורגי למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים).
73	איור 17 – דוגמא התפלגות השאריות לחולה פנימי (6 בתי החולים).
75	איור 18 – התפלגות השאריות עבור קבוצת המדגם.
78	איור 19 – קצב הגעת חולים שאינם חולי מלר"ד לרנטגן בימות השבוע השונים.
79	איור 20 – השוואה בין קבוצת המודל לבין קבוצת התיקוף.
79	איור 21 – התפלגות סטיית התקן של שאריות בקבוצת הביקורת.
82	איור 22 – ניתוח שונות מוסברת של מודל ההליכות הרופאים.
82	איור 23 – ניתוח שאריות (רעש) מודל ההליכות של הרופאים.
83	איור 24 – ניתוח שונות מוסברת של מודל ההליכות של האחיות.
83	איור 25 – ניתוח שאריות (רעש) מודל ההליכות של האחיות.
84	איור 26 – ניתוח הבדל בין תצפיות למודל (רופא).
85	איור 27 – ניתוח הבדל בין תצפיות למודל (אחות).
86	איור 28 – שרטוט מרחקי הליכה במלר"ד "4".
88	איור 29 – מסך פתיחה.
89	איור 30 – בחירת סוג חולה להצגה.
90	איור 31 – מסך ראשי.
91	איור 32 – סרגל כלים.
93	איור 33 – מודל הליכות צוות רפואי.
93	איור 34 – תוספת זמן עקיף.
94	איור 35 – תזמון החלפות המשמרת.
94	איור 36 – משך זמן החלפת המשמרת.
95	איור 37 – התחלת משמרת ראשונה.

רשימת איורים (המשך)

96	איור 38 – מסך זמינות משאבים
97	איור 39 – מסך לחישוב מופע הגעות חולים למלר"ד
98	איור 40 – מסך משיכת נתונים ממערכת המידע לחישוב פקטור המופע
98	איור 41 – מסך התאמת נתוני המופע
99	איור 42 – מסך כניסת חולים חיצוניים לרנטגן
100	איור 43 – מסך פרמטרים של מופע רנטגן חיצוני למלר"ד
100	איור 44 – מסך פרמטרים של מופע רנטגן הצמוד למלר"ד
101	איור 45 – שינוי זרימת סוג החולה
102	איור 46 – מסך מחלקת הדמיה
103	איור 47 – מסך יועץ
103	איור 48 – מסך השהיית חולה
105	איור 49 – דוגמא למסך אנימציה דינאמית
106	איור 50 – מסך פתיחה של תוכנית להצגת הפלט הגרפי
107	איור 51 – דוגמא למסך הצגת הפלט הגרפי
109	איור 52 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "1"
109	איור 53 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "1"
110	איור 54 – התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "1"
110	איור 55 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "2"
110	איור 56 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "2"
111	איור 57 – התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "2"
111	איור 58 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "3"
111	איור 59 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "3"
112	איור 60 – התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "3"
112	איור 61 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "4"
112	איור 62 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "4"
113	איור 63 – התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "4"
115	איור 64 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "1"
115	איור 65 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "1"
116	איור 66 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "1"
116	איור 67 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "2"
117	איור 68 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "2"
117	איור 69 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "2"
118	איור 70 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "3"
118	איור 71 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "3"
119	איור 72 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "3"
119	איור 73 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "4"
120	איור 74 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "4"

רשימת איורים (המשך)

120	איור 75 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "4".....
121	איור 76 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "6".....
122	איור 77 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "6".....
122	איור 78 – התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "6".....
124	איור 79 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "6".....
124	איור 80 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "6".....
125	איור 81 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "6".....
126	איור 82 – השוואה של כמות חולים כירורגיים עם גבולות בקרה (95%) במלר"ד 6.....
131	איור 83 – תרשים תהליך חולה פנימי (Int) בבי"ח "2".....
132	איור 84 – תרשים תהליך חולה כירורגי (S) בבי"ח "2".....
133	איור 85 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "2".....
134	איור 86 – תרשים תהליך חולה טריאז ומסלול מהיר (Tri/FT) בבי"ח "1".....
135	איור 87 – תרשים תהליך חולה פנימי בינוני (Int) בבי"ח "1".....
136	איור 88 – תרשים תהליך חולה כירורגי (S) בבי"ח "1".....
137	איור 89 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "1".....
138	איור 90 – תרשים תהליך חולה פנימי מתהלך (Int_W) בבי"ח "3".....
139	איור 91 – תרשים תהליך חולה פנימי שוכב (Int_A) בבי"ח "3".....
140	איור 92 – תרשים תהליך חולה כירורגי מתהלך (S_W) בבי"ח "3".....
141	איור 93 – תרשים תהליך חולה אורתופדי מתהלך (O_W) בבי"ח "3".....
142	איור 94 – תרשים תהליך חולה טראומה (T) שוכב בבי"ח "3".....
143	איור 95 – תרשים תהליך חולה פנימי קשה (Int_A) בבי"ח "4".....
144	איור 96 – תרשים תהליך חולה פנימי כירורגי (Int-S) בבי"ח "4".....
145	איור 97 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "4".....
146	איור 98 – תרשים תהליך חולה פנימי (Int) בבי"ח "5".....
147	איור 99 – תרשים תהליך חולה טריאז/מסלול מהיר (Tri/FT) בבי"ח "5".....
148	איור 100 – תרשים תהליך חולה כירורגי (S) בבי"ח "5".....
149	איור 101 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "5".....
150	איור 102 – תרשים פיסוי של בי"ח "2".....
151	איור 103 – תרשים פיסוי של בי"ח "1".....
152	איור 104 – תרשים פיסוי של בי"ח "3".....
153	איור 105 – תרשים פיסוי של בי"ח "4".....
154	איור 106 – תרשים פיסוי של בי"ח "5".....
155	איור 107 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על חולים.....
156	איור 108 – טופס מעקב מיטות בתצפיות על חולים.....
157	איור 109 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על הצוות הרפואי.....
158	איור 110 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על החולים במחלקת הרנטגן.....
159	איור 111 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על החולים הממתינים ליועץ.....

רשימת איורים (המשך)

160	איור 112 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר רופא במלר"ד
161	איור 113 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר אחות במלר"ד
162	איור 114 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר חולים במלר"ד (2 עמודים)
179	איור 115 – Normal Q-Qplot עבור שאריות חולה פנימי

עד לפני מספר עשורים השתמשו בתעשיית השירות בכלים הנדסיים פשוטים, אם בכלל, לתכנון וניתוח מערכות. בשנים האחרונות, לאור הגידול בביקוש לשירות מצד אחד והגידול בעלויות מצד שני, גדל הצורך בהתיעלות ארגונית. כתוצאה מכך תעשיית השירות השתנתה ללא הכר, הוחדרו כלים מודרניים לתכנון ופיתוח כלים המבוססים על איסוף נתונים וניתוח מידע בכדי לשפר את יעילות ניצול המשאבים הקיימים.

ברפואה הציבורית אנחנו עדים לתהליכים דומים ובתי החולים מחפשים בנחישות שיטות לקיצוץ בעלויות ושיפור בפריון לצד שיפור בשירות ושיפור האפקטיביות. כאשר רואים גידול משמעותי במספר המבקשים טיפול רפואי ובנוסף מחסור בצוות הרפואי ושעות עבודה מוגבלות, מתקבלת תמונה קשה על מצב בתי החולים בשנים האחרונות. כתוצאה מכך, התברר למקבלי ההחלטות בבתי החולים, שטכניקות איסוף נתונים ומידע הם כלים הכרחיים על מנת להגיע לשיפור יעילות ופריון במערכות בתי החולים בכלל ובמחלקות לרפואה דחופה (מלר"ד) בפרט.

הסימולציה היא כיום אחד מכלי הניתוח האנליטיים החזקים ביותר שבשימוש המערכת הרפואית. הסימולציה מאפשרת לגורמי הניהול לשאול את השאלה "מה אם...?" וגם לראות את ההשלכות של התשובה מבלי לפגוע במערכת הפועלת בה כיום.

סימולציה גם מאפשרת למידה על ההדדיות בין רכיבי המערכת והשפעת שינויים בסביבה התפקודית. הלימוד והידע שנאסף לשם בניית המודל תורמים להבנה טובה יותר של המערכת. ניתן גם להתרשם בסימולציה מהדינמיקה של המערכת והתנהגותה לאורך זמן.

מאחר והמלר"ד היא מערכת מסובכת ודינאמית מאוד, ברור כי נדרשת סימולציה לשם מידול יעיל וממצה של מערכת זו. מצד שני רמת המורכבות, העלויות והזמן המושקע בפיתוח סימולציה גבוהים ומקשים על פיתוח סימולציה עבור בתי החולים המעוניינים בכך.

העובדה שפיתוח הסימולציות נעשה לרוב על ידי אנשים שאינם מתוך המערכת הרפואית מקשה על אימוץ התוצאות ויישומם.

לאור האמור לעיל, נראה שיש לבחור בגישה שונה בפיתוח סימולציות למערכת הרפואית. גישה המאמצת פיתוח כלי סימולציה, אשר כולל בין השאר את העקרונות הבאים:

✓ הסימולציה צריכה להיות **כללית וגמישה** מספיק על מנת למדל כל אפשרות סבירה במבנה המלר"ד.

✓ הכלי צריך להיות **אינטואיטיבי ופשוט** לשימוש. בצורה זו המהנדסים בבתי החולים או גורמים אחרים שאינם "מומחים לסימולציה" יוכלו לבנות ולהריץ מודלי סימולציה במעט השקעה.

✓ הכלי חייב לכלול **בסיס נתונים** לכל (או לפחות לרוב) פרמטרי המערכות. מצב זה יפחית את הצורך לבצע מחקר זמן ראשוני, הדורש השקעה רבה בזמן ובעלות כספית, שמחויב בעת בניית מודל סימולציה.

✓ הכלי חייב לכלול מערכת תומכת החלטה הכוללת גרפים ופרמטרים נוספים אשר נותנים תמונה רחבה על מצב המערכת. סעיף זה צוין כגורם המרתיע ביותר את מנהלי המלר"דים בשימוש בכלי הסימולציה שנבנו עבורם.

מטרת העבודה אם כך לפתח מודל סימולציה גנרי המשלב יחד 4 עקרונות אלו. ע"י שילובם של 4 עקרונות אלו, מעורבותה של ההנהלה בפיתוח הסימולציה תגבר וכך גם בטחונם במהימנות שלה. במקביל, עקב צמצום העלות בפיתוח מודלי סימולציה חדשים, תגביר את מוטיבצית ההנהלה להשתמש בכלי.

לשם כך חולק המחקר לשלושה שלבים. בשלב הראשון של מחקר זה נבחנו ההבדלים בין מבנה התהליכים השונים בין בתי החולים ובין סוגי החולים השונים. בשלב זה בוצעו תצפיות ב-5 בתי חולים כאשר המטרה היא למצוא תהליכים מובנים, הכוללים זמנים ואחוזי מעבר בין שלבי התהליך השונים, עבור סוגי החולים השונים.

בשלב השני נקבעו הפרמטרים המינימליים הדרושים על מנת להפעיל סימולציה מפורטת. בשלב זה התגלה כי מופע החולים למלר"ד, מופע החולים שאינם מהמלר"ד ומגיעים למחלקת ההדמיה בה מטופלים גם חולי המלר"ד, וכן הזמנים הנדרשים לצוות על מנת לעבור את מרחבי המלר"ד ניתנים לחיזוי באמצעות מודלים מתמטיים שפותחו עבור כלי הסימולציה. מודלים אלו בשילוב העובדה שנמצאו פרמטרים אשר אופייניים לתהליך אותו עובר חולה מטיפוס מסויים, שאינו תלוי בבית חולים מסויים, קיצרו באופן משמעותי את מספר הפרמטרים אשר נדרשים לאיסוף עבור כל הרצת סימולציה.

בשלב השלישי פותח הממשק הגרפי למשתמשי המערכת, כך שיהיה נוח ופשוט להפעיל מערכת זו. בשלב זה נבנתה מערכת תומכת החלטה אנימציה ממוחשבת וכן ממשק גרפי אינטראקטיבי המציג את הפרמטרים העיקריים.

בחינת איכות ביצועי הכלי בוצעה על ידי הרצת המודל על בית חולים אחד שנתוניו נאספו רק לשם תיקוף המודל ולא נכללו בבנית הכלי עצמו. נמצא כי אין הבדל סטטיסטי בין המצב החזוי על ידי הכלי לבין המצב הקיים כפי שהשתקף מנתוני המערכת הממוחשבת של בית החולים.

רשימת סמלים וקיצורים¹

Int – הקשור לתהליך פנימי (ששייך או קשור לאיברים הפנימיים או למערכות פנימיות בגוף או לטיפול בהם).
O – הקשור לתהליך אורתופדי (ששייך או קשור לאורתופדיה; שמשמש לתיקון ולמניעה של עיוותים בעצמות ובמפרקים).

S – הקשור לתהליך כירורגי (ששייך או קשור לכירורגיה; ניתוח).

W – ציון עבור תהליך "קל" (Walking) שאינו דורש מיטה עבור החולה.

A – ציון עבור תהליך "קשה" (Acute) שדורש מיטה עבור החולה.

Triage – הקשור לתהליך מיון ראשוני (מושאל מהפירוש עבור "קביעת סדרי עדיפות במצבי חירום").

e^{XY} – מספר מרכיבים זהים בשני תרשימי התהליך X ו-Y.

r^{XY} – מספר מרכיבים שקיימים בתרשים תהליך X ולא קיימים בתרשים תהליך Y.

i^{XY} – המדד לדמיון מרכיבים בין תהליך X ותהליך Y.

h_{pq} – סכום הסתברות המעבר מיעד p ליעד q.

C^{XY} – סכום הקשרים המשוקלל המשותף לשני תהליכים (X ו-Y).

d^{XY} – הוגדר כסכום כל ההפרשים המוחלטים בין הקשרים המשוקללים בין שני התהליכים (X ו-Y).

f^{XY} – מוגדר כמדד לדמיון הקשרים בין שני התהליכים (X ו-Y).

s^{XY} – מדד משוקלל לדמיון בין שני התהליכים (X ו-Y).

$\tilde{f}^{ij}$ – מדד הדמיון המנורמל בין תרשים i ובין תרשים j.

n_{phi} – מספר התצפיות שפעולה i נראתה בבית חולים h ולסוג חולה p.

t_{phij} – זמן מדידה j של פעולה i בבית חולים h ולסוג חולה p.

d_{phi} – מידת אי הדיוק בחישוב הממוצע עבור הפעילות i לבית חולים h עבור סוג חולה p.

$\tilde{n}_{ph}$ – מספר הפעילויות המקסימליות שנצפו עבור הפעולות החוזרות פעם אחת בלבד במחזור.

$i = 1, \dots, N_i$ – בתי החולים כאשר N_i מייצג את מספר בתי חולים שעבורם נתקבלו נתונים.

$p = 1, \dots, N_p$ – טיפוס החולים כאשר N_p מייצג את מספר סוגי החולים בכל בית חולים.

$h = 1, \dots, 24$ – השעות ביממה.

$d = 1, \dots, 7$ – ימי השבוע.

F_{pi} – פקטור עבור סוג חולה p בבית חולים i.

$w = 1, \dots, N_w$ – אינדקס השבועות כאשר N_w מייצג את מספר השבועות עבורם התקבלו נתונים.

n_{pihdw} – מספר החולים מטיפוס p שהגיעו למלר"ד (כפי שדווח במערכות המידע של בתי החולים)

בבית חולים i, בשעה h, ביום d, בשבוע w.

$\hat{n}_{pihd}$ – מספר החולים חזוי מטיפוס p שהגיעו למלר"ד בבית חולים i, בשעה h, ביום d, בשבוע w.

α_i – הוא פרמטר הקשור לבית החולים.

β_h – הוא פרמטר הקשור לשעה.

¹ פירושים נלקחו מתוך מילון "רב-מילים".

רשימת סמלים וקיצורים (המשך)

γ_d - הוא הפרמטר הקשור ליום.

δ_m - הוא הפרמטר הקשור לחודש.

T_p - זמן ההליכה של איש הצוות הרפואי לכל קריאת חולה [שניות].

W - רוחב החדר בו מתפקד איש הצוות הרפואי [ס"מ].

L - אורך החדר בו מתפקד איש הצוות הרפואי ($W < L$) [ס"מ].

d_c - מרחק לדלפק המלר"ד [ס"מ].

d_r - מרחק לחדר טיפולים [ס"מ].

d_m - מרחק לארון התרופות [ס"מ].

d_s - מרחק לתחנת אחיות [ס"מ].

N_b - מספר מיטות חולים בחדר [ס"מ].

הגדרות

✓ מודל - תאור מופשט של מערכת או של חלק מערכת. מודל הוא הפשטה הומומורפית של המציאות, כלומר מספר פריטים במערכת או בעולם האמיתי ממופים לפריט אחד במודל. ההפשטה מתבצעת על ידי בחינה של היבטים מסוימים במערכת הנבחנת, כמו מבנה א ויחסי קלט- פלט, ותוך התעלמות מהיבטים שנקבעו כבעלי השפעה נמוכה. המטרה של הפשטה זו היא ליצור תאור פשוט ואמין שיכול לשמש לניבוי התנהגות המערכת הנבחנת.

✓ תהליך - אוסף הפעילויות המתוכננות להפוך קבוצת תשומות לתשואה מבוקשת. שלושת האלמנטים הגורמים לתשומות להפוך לתשואות הם: (1) ידע ומידע, (2) קבלת החלטות, (3) יישום ופעולות.

✓ תרשים תהליך - תרשים זרימה המאפשר להציג באופן מובנה תהליך שעובר בין תחנות עיבוד שונות.

2.1 רקע

עד לפני מספר עשורים השתמשו בתעשיית השירות בכלים הנדסיים פשוטים, אם בכלל, לתכנון וניתוח מערכות. בשנים האחרונות, לאור הגידול בביקוש לשירות מצד אחד והגידול בעלויות מצד שני, גדל הצורך בהתייעלות ארגונית. כתוצאה מכך תעשיית השירות השתנתה ללא הכר, הוחדרו כלים מודרניים לתכנון ופיתוח כלים המבוססים על איסוף נתונים וניתוח מידע בכדי לשפר את יעילות ניצול המשאבים הקיימים.

ברפואה הציבורית אנחנו עדים לתהליכים דומים. בבתי החולים, במקומות בהם המשאבים מוקצבים במסורה, מחפשים בנחישות שיטות לקיצוץ בעלויות ושיפור בפריון. כאשר מביטים על הגידול המשמעותי במספר המבקשים טיפול רפואי, גידול שתוצאותיו הם מחלקות לרפואה דחופה (מלר"ד) הפועלות בתנאי צפיפות גוברים והולכים (Gallagher & Lynn 1990), ובנוסף מחסור בצוות האחיות ושעות עבודה מוגבלות (Wright et al., 1992), מתקבלת תמונה קשה על מצב בתי החולים העירוניים בשנים האחרונות. כתוצאה מכך, התברר להנהלת בתי החולים ושאר מקבלי ההחלטות, שטכניקות איסוף נתונים ומידע הם כלים הכרחיים על מנת להגיע לשיפור יעילות ופריון במערכות בתי החולים בכלל ובמחלקות לרפואה דחופה בפרט.

2.2 בחירת סוג המודל

מודל של מערכת מורכבת יכול להיות מיוצג ע"י אמצעי פשוט יותר או ע"י מדיום אחר. המודל יכול להיות מתמטי או פיסיקלי (גשמי). המודל הפיסיקלי מיועד לרוב למטרות עיצוב (לדוגמה מודל ארכיטקטוני) ואילו המודל המתמטי משמש לרוב לניתוח מערכות כמו אופטימיזציה, תחזיות, שליטה ובקרה וכן לשם אבחנה וצידוק (Askin & Standridge, 1993). כל מערכת כזו מכילה משתנה החלטה אשר משפיע על התנהגות המודל. מודלים מתמטיים יכולים להיות קשיחים (נורמטיביים), כמו מודלים לתכנות לינארי, או להיות תאוריים כמו מודל סימולציה. ההבדל ביניהם נעוץ בעובדה שכאשר מצמצמים את המרחק בין המודל למצב המערכת האמיתית, על ידי הוספת כמות רבה של פרטים מהמערכת אל תוך המודל, המודלים הקשיחים גדלים במהירות בנפחם והופכים לעיתים לבעיות לא לינאריות. גידול זה הופך את המודלים לחסרי תועלת לפתרון אופטימאלי בזמן סביר. לעומת זאת מערכות מורכבות ניתנות לייצוג והתאמה, באמצעות מודלי סימולציה, כמעט מבלי לפגוע בסיבוכיות זמן הפתרון.

הסימולציה היא אחד מכלי הניתוח האנליטיים החזקים ביותר שבשימוש המערכת הרפואית (Rakich et al. 1989). הסימולציה מאפשרת לגורמי הניהול לשאול את השאלה "מה אם...?" וגם לראות את ההשלכות של התשובה מבלי לפגוע במערכת הפועלת כיום (Boxerman et al. 1979).

סימולציה מאפשרת למידה על אינטראקציות בין רכיבי המערכת והשפעת שינויים בסביבה התפקודית. הלימוד והידע שנאסף לשם בניית המודל תורמים להבנה טובה יותר של המערכת. ניתן גם להתרשם בסימולציה מהדינמיקה של המערכת והתנהגותה לאורך זמן (Bregman David, 1990).

מאחר והמלר"ד היא מערכת מסובכת ודינאמית מאוד, ברור כי נדרשת סימולציה לשם מידול יעיל וממצה של מערכת זו.

2.3 עבודות קודמות

בשנים האחרונות חל גידול בפרסום עבודות הבוחנות ביצועי מלר"דים. (Gonzalez et al. (1997 בדקו כיצד ניתן לשפר את איכות השירות במלר"ד. במחקרם מוצגות שמונה אלטרנטיבות שונות שנבחנו על ידי סימולציה הלוקחת בחשבון את הפרמטרים המשמעותיים עבור מודל המלר"ד שנבחן. (Kraitsik & Bossmeyer (1993 השתמשו בסימולציה על מנת לבחון הפעלת מסלול מהיר (Fast-Track) במלר"ד וכן הפעלת מעבדה בסמוך לו, בכדי לשפר את זרימת החולים בבית החולים האוניברסיטאי של Louisville. (Blake & Carter (1996 הגיעו למסקנות דומות על ידי שימוש בסימולציה של המלר"ד בבית החולים לילדים של Eastern Ontario. (McGuire (1994 השתמש בתוכנת מדף MedModel על מנת לזווג את כוח האדם במשמרות השונות וכן לבחון שיטות הפעלה שונות על מנת להפחית את זמן השהייה של החולים במלר"ד של בית החולים SunHealth Alliance. ציוות גם היה אחד מהנושאים שנבחנו בעבודה של Bardi & Hollingsworth (1993 שביצעו את העבודה על המלר"ד בבית חולים Rashid באיחוד הנסיכויות. המדד שהוצע לבחינת המודלים, היה שילוב של כמות ונצילות הצוות הרפואי עם זמן ההמתנה של חולים במערכת. (Liyanage & Gale (1995 השתמשו במודל תורים M/M/n על מנת לבחון את התפלגות הגעות החולים למערכת, זמני ההמתנה וזמני השירות. בהמשך הם השתמשו בהתפלגויות אלו בשילוב מודל הסימולציה עבור המלר"ד של בית החולים Cambeltwon.

(Jun et al. (1999 ביצע סקר מקיף של שימוש בסימולציה במערכת הרפואית בכלל ובמלר"דים בפרט. מחקר זה מציין שני גורמים לכך שלא נעשה שימוש נרחב יותר בסימולציות: 1. רמת מורכבות המלר"ד גבוהה מדי עבור העבודה שנעשתה. 2) הדרישות מבניית סימולציה מקיפה הן גבוהות מבחינת העלויות והזמן המושקע. אלו גם הסיבות מדוע מרבית העבודות נעשו עבור מלר"דים ספציפיים ולא נעשה ניסיון לפתח מודל כללי וגמיש המתאים לסביבת עבודה זו. יוצא דופן לכך הם העבודות של Altobelli et al. (1989 ושל Bregman (1990 שפיתחו כלי סימולציה עבור התהליכים לבחינה ולימוד התנהגות הצוות במלר"ד בעת אירוע נפגעים המוני.

למרות שבסקר נבחנו יותר מ-100 מחקרים המשלבים סימולציה, תוצאות מודלי הסימולציה, ברוב המקרים, לא התקבלו כהמלצה שנבחנה בכובד ראש ולכן גם לא אומצו. (Wilson (1991 הצביע על כך שמתוך 200 עבודות שמציגות סימולציות במערכות הרפואיות, רק 16 דיווחו על יישום המסקנות. לדעתו, הסיבה נעוצה בכך שאין להנהלת בתי החולים אמון בתוצאות שמקורן במערכות מסוג "תיבה שחורה". (Washington & Khator (1997 ציינו שהסיבה שמודלי סימולציה לא משמשים באופן נרחב במערכת הרפואית, היא משום שלהנהלה אין תמריץ לעשות כן. העדר התמריץ נובע מתוך השוואה בין תועלת צפויה, אשר לא לגמרי מובנת, לבין ההשקעה בזמן ובעלויות אחרות על מנת לבנות סימולציה מפורטת דיה.

על מנת שהשימוש בסימולציות במערכת הרפואית בכלל ובמלר"דים בפרט, יהיה נפוץ יותר, Lowery (1994) הציע שהנהלות בתי החולים תהיינה מעורבות באופן ישיר בפיתוח הפרוייקטים המשלבים סימולציה, על מנת לבנות את אמונם במודל המוצע. בנוסף, חשוב לפשט את תהליכי המודל כמה שניתן ולשלב גם עזרים ויזואליים או אנימציה על מנת לקבל אמון ביכולות המודל.

כאשר בוחנים את אפשרויות מידול סימולציה עבור מערכת בכלל ועבור מערכת רפואית בפרט, ישנן מספר אפשרויות בחירה המוצגות בטבלה 1. מרבית העבודות שנעשו פיתחו תהליך קבוע המותאם לבית החולים שבו ביצעו את העבודה. שינוי של סימולציה המוגדרת עבור תהליך קבוע לא יכול לשמש סימולציה עבור תהליך שלא עבורו נבנתה הסימולציה. שימוש בשפות תכנות ותוכנות סימולציה ייעודיות מאפשרות פיתוח תהליך ספציפי, אך הן דורשות משאבים רבים ומתכנתים מיומנים. פיתוח כלי סימולציה אשר מתבסס על תהליך גנרי למלר"ד הוא תהליך אשר יקדם באופן המיטבי את מחקר המלר"דים. כלי זה יוכל לתת לחוקרים אפשרות להריץ תסריטים שונים שיוכלו להביא לשיפור בהבנת המערכת ואולי גם לשיפור במדדים התפעוליים שלה.

טבלה 1 אפשרויות מידול סימולציה (סביבה מחקרית)
Table 1 Research environment

גמישות מלאה	פעולות גנריות	תהליך גנרי	תהליך קבוע
שפת תכנות C++ Fortran	שפת סימולציה Siman MedModel Arena	כלי סימולציה	תוכניות סימולציה ספציפיות
• הפשטה מלאה • גמישות ויעילות הפעלה גבוהים • דורש ידע וניסיון גבוהים ביותר	• הפשטה גבוהה • גמיש מספיק על מנת למדל כל מערכת ותר חי • מסובך לתפעול ודורש ידע וניסיון	• הפשטה בינונית • גמיש מספיק על מנת למדל ולנתח מערכות בעלות תהליך דומה • קל ונוח לתפעול לאחר הסבר קצר	• הפשטה נמוכה • יכול למדל ולנתח מערכת ספציפית • קל ונוח לתפעול לאחר הסבר קצר

2.4 מטרת המחקר

לאור האמור לעיל, מטרת המחקר הנה פיתוח תהליך גנרי , לתיאור ביצועי מלר"ד , שימש לבנית כלי סימולציה. כן נראה שיש לבחור בגישה שלוקחת בחשבון מספר עקרונות:

✓ הסימולציה צריכה להיות **כללית וגמישה** מספיק על מנת למדל כל אפשרות סבירה במבנה המלר"ד.

מבחן הביצוע יהיה על ידי שימוש בכלי על מלר"ד חדש שלא נחקר ובחינת יכולת הכלי לשכפל את המצב הקיים.

✓ הכלי צריך להיות **אינטואיטיבי ופשוט לשימוש**. בצורה זו מהנדסי בתי החולים או גורמים אחרים שאינם "מומחים לסימולציה" יוכלו לבנות ולהריץ מודלי סימולציה במעט השקעה. המדד לסעיף זה יבחן במידת יכולתם של משתמשים ללמוד את הכלי וכן על ידי בחינת ממשק המשתמש בעקרונות מתחום הנדסת גורמי אנוש.

✓ הכלי חייב לכלול **בסיס נתונים** לכל (או לפחות לרוב) פרמטרי המערכות. מצב זה יפחית את הצורך לבצע מחקר זמן ראשוני, הדורש השקעה רבה בזמן ובעלות כספית, שמחויב בעת בניית מודל סימולציה. במידה ובעקבות שינוי טכנולוגי (כגון כרטיס מגנטי עם היסטוריה רפואית) או שינוי משמעותי של תצורת ההפעלה (כגון מיון ראשוני במרכזים רפואיים או באמבולנסים ופחות במלר"ד עצמו) ישתנו הנתונים באופן משמעותי, ניתן להשתמש באבני הדרך של עבודה זו על מנת לחקור את המצב שיווצר .

המדד לסעיף זה יבחן על ידי שימוש בבסיס הנתונים למלר"ד חדש ובחינה של יכולת הכלי לשכפל את המצב הקיים.

✓ הכלי חייב לכלול **מערכת תומכת החלטה** הכוללת גרפים ופרמטרים נוספים אשר נותנים תמונה רחבה על מצב המערכת. סעיף זה צוין כגורם המרתיע ביותר את מנהלי המלר"דים בשימוש בכלי הסימולציה שנבנו עבורם.

ע"י שילובם של ארבע עקרונות אלו, מעורבותה של ההנהלה בפיתוח הסימולציה תגבר וכך גם ביטחונם במהימנות התוצאה. במקביל, עקב צמצום העלות בפיתוח מודלי סימולציה חדשים, תגביר את מוטיבציית ההנהלה להשתמש בכלי.

לשם כך בשלב הראשוני של מחקר זה נדרש לבחון את ההבדלים בין מבנה התהליכים השונים בין בתי החולים ובין סוגי החולים השונים. בשלב השני יקבעו הפרמטרים המינימליים הדרושים על מנת להפעיל סימולציה מפורטת. בשלב השלישי יפותח הממשק למשתמשי המערכת, כך שיהיה נוח ופשוט. בשלב האחרון תבנה מערכת תומכת החלטה על בסיס הדרישות התפעוליות של הנהלות בתי החולים.

בשנים האחרונות חל גידול בפרסום עבודות הבוחנות את ביצועי המלר"דים. Jun *et al.* (1999) ביצע סקר מקיף על השימוש בסימולציה במערכת הרפואית בכלל ובמלר"דים בפרט על פני 20 השנים האחרונות. מחקר זה כולל כ-100 מאמרים שעוסקים בסימולציה בתחום הרפואי. מתוכם רק 38 עוסקים באופן ישיר במלר"ד והשאר בתחום של מערכות שירות אחרות במגזר הרפואי כגון מחלקות בית החולים, מרפאות חוץ ובתי מרקחת. החקר מחלק את המאמרים בתחום לשלוש קטגוריות עקריות: תזמון חולים, זרימת חולים וכן תזמון וקביעת כמות המשאבים. החקר מתרכז בהבטים של מהות השינוי המוצע ומתעלם לחלוטין מהבט מורכבות הסימולציות שנבנו וכן האם הם יושמו. מסקנת המחקר מעניינת משום שהיא מציינת שני גורמים לכך שלא נעשה שימוש נרחב יותר בסימולציות המטפלות במלר"דים:

✓ מורכבות המלר"ד גבוהה מדי עבור העבודה שנעשתה.

✓ הדרישות מבניית סימולציה מקיפה הן גבוהות מבחינת העלויות והזמן שנדרש להשקיע.

אלו גם הסיבות מדוע מרבית העבודות נעשו עבור מלר"דים ספציפיים ולא נעשה ניסיון לפתח מודל כללי וגמיש עבור יותר ממלר"ד אחד.

Washington & Khator (1997) ציינו שהסיבה שמודלי סימולציה לא משמשים באופן נרחב במערכת הרפואית, היא משום שלהנהלה אין תמריץ לעשות כן. העדר התמריץ נובע מתוך השוואה בין תועלת צפויה, אשר לא לגמרי מובנת, לבין ההשקעה בזמן ובעלויות אחרות על מנת לבנות סימולציה מפורטת דיה.

Wilson (1991) הצביע על כך שמתוך 200 עבודות שמציגות סימולציות במערכות הרפואיות, רק 16 דיווחו על יישום המסקנות. לדעתו, הסיבה נעוצה בכך שאין להנהלת בתי החולים אמון בתוצאות שמקורן במערכות מסוג "קופסא שחורה", שהצוות לא היה שותף פעיל בהשגתן. כמו כן קשה לשווק סימולציות אשר אינן מצביעות ישירות על הדרוש שיפור, והזמן הנדרש להפעילם, מרגע קבלת ההחלטה על הצורך, הוא ארוך ביותר. החקר נותן דגש על הפוליטיקה מאחורי הקלעים ולפיכך נותן פרמטרים שהנם קריטיים להצלחת יישום הסימולציה.

בכדי להקל על הבנת מורכבות הבעיה חולקו הבעיות לקטגוריות. בכל קטגוריה פורטו המחקרים שהתייחסו לבעיה והציגו פתרון מעניין. בשל ריבוי המחקרים בתחום הוצגו רק המחקרים שיש להם תרומה מיוחדת או שיש עניין בהצגתם.

3.1 תזמון / מופע חולים

נושא תזמון החולים במערכת הרפואית נחקר בצורה מעמיקה. Jun *et al.* (1999) מציג מספר מקרים מסוג זה ומגלה כי לתזמון החולים יש השפעה נרחבת על הפרמטרים של המערכות שנחקרו. למרבה האכזבה, לא ניתן להשתמש בעבודות אלו בהקשר למלר"ד, משום שההגעות למלר"ד הן של חולים מזדמנים המגיעים באקראי ולכן לא ניתן לקבוע להם זימון שנוח לבית החולים.

לגבי מופע החולים, המצב נראה אחרת לגמרי. יש נסיונות שונים ומגוונים על מנת לאפיין את מופע החולים. המופע הוא לרוב פואסוני (מבחינת הכמויות שמגיעות) או שמתחסיס לזמן הבין מופעי כמפולג אקספוננציאלי.

Liyanage & Gale (1995) פיתחו מודל סימולציה של מלרד בבית החולים Campbelltown, המבוסס על מערכת תורים (M/M/n) הכוללת מספר שרתים נתון. הם הניחו שמופע הגעת החולים מתפלג פואסוני. במחקר הזה לא נעשה נסיון לאפיין תצורה שונה לסוגי החולים השונים, אלא יצאו מתוך הנחה כי המופע זהה (ההבדל הוא בפרופורציה הכמויות). הם גילו שעוצמת המופע תלויה בימות השבוע בין סוגי החולים השונים, כך שבכל יום יש אחוז שונה, מסך כל החולים, המוגדרים כחולים דחופים.

Badri & Hollingsworth (1993) הניחו שמופע הגעת החולים מתפלג פואסוני. הם חילקו את החולים ל-5 סיווגים לפי חומרתם כאשר כל סוג מקבל אחוז מכמות החולים שהוגרלה. הם יצאו מתוך הנחה כי המופע זהה, וכי ההבדל הוא בפרופורציה של הכמויות. בניגוד למחקר הקודם, לא אובחן ההבדל במופע החולים בין ימי השבוע השונים.

Gonzalez *et al.* (1997) לא התייחסו במחקרם להתפלגות מופע החולים, אך זיהו כי ממוצע הגעת החולים משתנה בין המשמרות ובין ימי השבוע.

Kuban & Ulas (1996) הניחו במאמרם שהתפלגות הגעות החולים היא "פואסוני לא סטטית". משמע שקצב ההגעות משתנה בהתאם לשעות היום והחלוקה בין סוגי החולים השונים מתפלגת בצורה בדידה לפי חלוקה ידועה מראש.

Ladany & Turban (1978) חילקו את החולים לשתי קבוצות על פי חומרה. לעומת זאת מסקנתם היתה שבכדי לבנות כלי סימולציה גמיש וכללי יש להתחשב במספר אפשרויות של חולים ומספר אפשרויות של שירות (משמע סיווג לפי סוג חולה ולא רק לפי חומרה). המופע הוערך כפואסוני ללא תלות בשעה או ביום והחלוקה בין שני סוגי החולים היתה סטטית.

Lane *et al.* (2000) הבחינו כי קצב הכניסה של החולים שונה על פני שעות היום. מתוך שרטוט המופע על פני ימות השבוע, כפי שמופיע במאמרם, לא ניתן לראות הבדל במופע החולים בין ימי השבוע. אחת מהסיבות להעדר הבדל בין ימי השבוע, נעוצה בעובדה החולים לא חולקו על פי סוג טיפול (פנימי / טראומה) או שלא נבדקו הבדלים בחלוקת החולים על פי חומרה, כפי שהמחקר של Liyanage & Gale (1995) גילה, כי אז היה ניתן להבחין בהבדל בין ימי השבוע, הבדל שמתאזן כאשר מבצעים ממוצע על נפי כל החולים.

McGuire (1994) הבחין כי יש הבדל במופעי הגעות החולים בין ימי השבוע ושעות היום, אך בניגוד לצפוי, התייחסות המחקר להבדל זה לא היתה מלאה. המחקר מצא עבור כל יום בשבוע ממוצע כמות הגעות, על פי הנחת התפלגות אקספוננציאלית. לאחר מכן חולקה היממה לצמדי שעות (סך הכל 12 צמדים) כאשר כל צמד מקבל את החלק היחסי (קבוע) של כמות החולים של אותו היום בשבוע. מצב זה אומר שקיימת תלות בין הכמויות המגיעות בשעה מסיימת לשעה אחרת באותו היום, דבר שלא הוכח על ידי הכותבים.

במחקר המקדים לבניית כלי הסימולציה התגלתה התנהגות מעט שונה. ההתנהגות הטיפוסית של החולים היא פואסונית לגבי כל שעה ושעה, אך נמצאה כי אין תלות בין כמות החולים המגיעים בשעה מסוימת לכמות שתגיעה בשעה שלאחריה. כמו כן נראה שבחירת סקאלת הזמן להתייחסות יכולה לגרום לעיוותים במסקנות. לדוגמא, מחקרים שבחרו להסתכל על ממוצעי הגעות החולים כממוצע בכל משמרת ולא בכל שעה, לא הבחינו בהבדלים במופע החולים בין כל סוגי החולים. כאשר מסתכלים על ממוצע הגעות החולים בסקאלה של שעות, מתקבלת תמונה הפוכה ומדויקת יותר. במצב זה ניתן לראות שהזמן בו מתחילה שעת העומס שונה בין סוגי החולים השונים וכך גם בשעה שבה העומס מסתיים (אף כי אצל כל החולים העומס מתחיל בטווח של 8 שעות המשמרת השנייה ומסתיים בחלק השליש הראשון של המשמרת השלישית). כמובן ההבדל הרבה יותר משמעותי, כפי שנחזה במחקרים הקודמים, בין ימי השבוע, שם נצפה שינוי דרסטי עוד יותר.

3.2 זרימת החולים במלר"ד

קיימות מספר אפשרויות לבחון את זרימת החולים במערכת. מרבית המודלים שהוצעו לבחינת זרימת החולים במערכת, קבעו תהליך קוי, זאת אומרת תהליך שאינו חוזר על עצמו אף על פי שבמקרים בהם חולה לא אובחן כראוי, נדרשת חזרה לאחור. (Moreno et al. (1998 הציעו אפשרות של תהליך מעגלי בעת בחינה של בדיקות מעבדה. אפשרות אחרת, הייתה להתעלם מזרימת החולים במלר"ד ולבחון רק מדדים גלובליים, כמו זמן שהייה במערכת, כפי שנעשה על ידי Liyanage & Gale (1995).

מיקוד תשומת הלב בסימולציה בזרימת החולים במערכת חשוב על מנת לבחון אפשרויות לשיפור הזרימה של החולים במלר"ד. מחקרים שנעשו על מנת לבחון מודלים לשינוי זרימת החולים מתחלקים לשני חלקים, הפעלת מסלול מהיר (Fast-Track) והפעלת מיון ראשוני (Triage).

1.1.1 הפעלת Fast-Track (מסלול מהיר)

במסלול זה מטופלים החולים בעלי העדיפות הנמוכה יותר (ומהתוצאות משתמע מכך שהם חולים הדורשים זמן טיפול קצר יותר), שאילמלא היו נמצאים שם היו צריכים להמתין זמן רב עד לסיום טיפול הצוות בחולים הדחופים יותר. הכוונה בדחיפות אינה של מהות המקרה, אלא של הקושי הסיווגי, לדוגמא חולה קשה שמגיע עם אמבולנס וזקוק לניתוח, יכול להמתין במסלול המהיר עד להגעת הצוות המנתח שיבדוק אותו לפני ניתוח. חולה כזה לא זקוק ליותר מאשר השגחה ולא זקוק לטיפול בתוך המלר"ד (אם המקרה ממש קשה הוא יועבר ממילא לטיפול נמרץ מחוץ למלר"ד או למחלקת הלם). חולים אשר חוזרים עם בעיה ידועה ורק ממתנינים לאשפוז וחולים שממתנינים לקבלת מרשם לתרופה יעברו גם הם במסלול זה, אלא אם כן הם סובלים מבעיות נוספות שדורשות ברור.

Garcia et al. (1995) בדקו הפעלת Fast-Track (מסלול מהיר) עבור חולים ברמת עדיפות נמוכה לטיפול (לא דחופים), בבית החולים האוניברסיטאי של Louisville. הממצאים העיקריים בעבודה היו כי שימוש בכמות משאבים מינימאלית עבור המסלול המהיר, מקטין באופן משמעותי את זמן שהייה של החולה הממוצע במערכת.

Kraitsik & Bossmeyer (1993) המשיכו ובחנו שימוש במסלול מהיר עבור חולים המוגדרים כ"קלים". התוצאות השתפרו כאשר שילבו יחד עם המסלול המהיר גם שימוש בנקודה מרכזית קבועה לבדיקות מעבדה חשובות.

Kirtland *et al.* (1995) בחנו הפרדה פיסית של החולים במסלול המהיר מחדר ההמתנה לחדר הטיפול הרגיל. שילוב הגורמים המוצעים צמצמו את זמן השהייה של החולה הממוצע ב-38 דקות באותו ביי"ח שנבדק.

McGuire (1994), לעומת שאר העבודות, לא פיתח סימולציה מראשית, אלא השתמש בתוכנת מדף לסימולציה (MedModel) בבי"ח SunHealth Alliance. המלצותיו, בנוסף להפעלת מסלול מהיר, היו להוסיף עוד פקיד (אדמיניסטרטיבי) בשעות העומס, להקצות מקום נפרד לחולים המטופלים במסלול המהיר, להאריך את שעות הפעילות של המסלול המהיר ולהקצות לפעולות במסלול זה רופא.

Blake & Cornel (1996) הציעו, כתוצאה מהרצת הסימולציה, הפעלת מסלול מהיר בבי"ח לילדים Eastern Ontario עבור ילדים הסובלים מפציעות קלות.

כל המאמרים שעסקו בהפעלת מסלול מהיר לא התייחסו למספר שאלות חשובות:

✓ במלר"ד שאין בו מסלול מהיר, לפי איזה קריטריונים מחלקים את החולים הקיימים למסלולים השונים?

✓ האם המסלול המהיר מאופיין בזמני טיפול שונים מאשר במסלולים האחרים?

התשובות לשאלות אלו נחקרו במהלך בחינה השוואתית בין בתי החולים שנבדקו במחקר המקדים של פיתוח הכלי. מתוך התצפיות על בתי חולים המפעילים מסלול מהיר, נראה שחולים השוהים במסלול המהיר הם חולים המוגדרים פנימיים והם מהווים בממוצע אחוז קבוע מסך כל החולים הפנימיים המגיעים למלר"ד בכל שעה (בדומה לפקטור שפותח בפרק 7). המסלול המהיר גם הובחן בשלב בחינת הנחות המודל, בפרק 5, כשונה משמעותית בזמני הפעילויות שלו משאר סוגי החולים. חוסר היכולת של מחקרים קודמים לגלות את הפתרונות לשאלות אלו ברור. המחקרים בוצעו במלר"דים שפועלים ללא מסלול מהיר, אך בקשו לבחון חלופה של עבודה עם מסלול מהיר. לפיכך לא היתה להם הזמנות לחקור את שתי האפשרויות הללו בחינה מעמיקה, כפי שנעשה במחקר של פיתוח כלי הסימולציה.

1.1.2 הפעלת מיון ראשוני (Triage)

הרעיון בשיטה פשוט. מציבים בקדמת המלר"ד אחות ממיינת בעלת נסיון רב. האחות הממיינת מתחקרת את החולה ולוקחת מדדים. על פי מדדים אלו היא מחליטה לאן במלר"ד יש להפנות את החולה והאם יש צורך לשלוח אותו למחלקה אחרת בביה"ח (למשל מיון עיניים/א"ג במחלקה וכדומה). בכך נמנעים מהחולה עיכובים ותנועות מיותרות בתוך מלר"ד בין בעלי התפקידים השונים. הדבר חשוב במיוחד עבור החולים הקלים המגיעים בכוחות עצמם.

Ritondo & freedman (1993) מדווחים על שינוי בנהלי שילוח הבדיקות תוך כדי המיון הראשוני כך שזמן המתנה לבדיקות מרגע תחילת הטיפול יתקצר ויביא לצמצום בזמן השהייה הכולל.

Badri & Hollingsworth (1993) לא ניסו להפעיל טריאז (מיון מקדים), אך הגיעו למסקנה שיש לבצע תהליך זיהוי ראשוני של החולים הקלים ביותר ולמנוע מהם כניסה למלר"ד. הם לא נתנו שם לשיטה, אך ברור שלשם הפעלתה זקוקים למיון ראשוני. מסקנתם זו שונה למעשה ממה שמצאו Blake & Carter (1996) שהבחינו שבזמן שיש מרפאות המוכנות לקבל את החולים הקלים הללו, העומס על המלר"ד הוא נמוך ובשל כך לא משתלם להפעיל חלופה מסוג זה. ההסבר להבדלים אלו יכול לנבוע משעות הפתיחה של המרפאות, דבר שמשפיע על עומס החולים הקלים המגיעים למלר"ד.

1.3 תזמון משאבים וכמות משאבים

סימולציות המטפלות בתזמון משאבים וכמות משאבים, מנסות לשנות את הרכב המשאבים המטפלים בחולה ע"י התאמת סיווג החולה למשאב (רופא/אחות/מיטה/רנטגן) ושינוי הרכב המשאב וזמני הפעילות שלו. כמו כן בסימולציות אלו יש ניסיון ראשון גם לטפל בתזמון החולים על ידי דחייתם במידת האפשר.

עד לשנת 1996 לא בוצעו סימולציות במסגרת המלר"ד המתייחסות למיטת החולה כמשאב של המלר"ד. הסיבה לכך היא כנראה עקב ההבדל המשמעותי שיש בין מיטה במלר"ד לבין מיטה במחלקות האשפוז מבחינת התרומה או העלות השולית למערכת. ההשפעה של מיטות רבות במלר"ד היא על עומס המערכת וזהו נושא שטופל בספרות.

סימולציות המטפלות במבנה חדרים כתוצאה משינוי אוכלוסייה (צפיפות יתר) – לא בוצע במלר"ד למרות שטופל במערכות אחרות.

נושא מעניין שנבחן במחקר של Proctor (1996) הוא מרחקי שינוע וצידוד הקשור בשינוע כגון כיסאות גלגלים. נושא זה חשוב לא רק בשל הדוגמא הספציפית של מחקר זה, אלא בשל העובדה שהוא מעלה נקודה חשובה – שלמרחקים במלר"ד יש השפעה על איכות השירות, דרך זמני השהייה, ועל עומס המשאבים שבמקרה זה נבדקה זמינות כסאות הגלגלים במלר"ד.

1.3.1 3-3-1 שינוי במשאב האחיות

נושא השינויים במשאב האחיות חשוב ביותר מכיוון שהאחיות פוגשות כל אחד מהחולים במלר"ד ולכן גידול במספר החולים משמעותו עומס גדול יותר על האחיות. לכן מחסור ומחסור באחיות מתורגם מיידית לזמן שהייה גבוה.

Draeger (1992) גילה כי שינוי תזמון האחיות (בלא שינוי בעלויות) יכול לגרום להפחתה של 57% מזמן השהייה של חולים במלר"ד ולהפחתה של כ-23% מזמן ההמתנה הממוצע של חולה לטיפול, כל זה בהשוואה למצב הנוכחי. אולי טוב להעיר במקום זה שהצוות הרפואי עובד בדרך כלל על פי משמרות בית החולים ולא על לפי העומס המופעל עליו. בבוקר פועל צוות מלא ובערב פועל צוות חסר/תורן וזאת לעומת כמות חולים רבה אשר פוקדת את המלר"ד בערב לאחר שעות עבודת המרפאות.

Evans et al. (1989), בדומה לעבודה הקודמת, הציע שינוי בכמות האחיות (והטכנאים) כך שזמן השהייה הממוצע של החולים יפחת. המעניין במאמר זה הוא שימוש בארבע משמרות של 6 שעות בניגוד ל-3 משמרות בנות 8 שעות הנהוגות בארץ. אולם אין התייחסות לניתוח של ההוצאות שיגרמו למערכת עקב שינויים אלו.

Kumar and Kapur (1989), בחנו את תזמון האחיות מממד אחר. המחקר בחן כיצד ניתן לגרום לניצול מקסימלי של צוות האחיות במלר"ד. בעבודה זו נבחנו 10 חלופות ונמצאה החלופה הטובה ביותר שמביאה לניצול מקסימלי של האחיות.

1.3.2 זרימת חולה על פי חומרה/סוג למשאבים השונים

בדומה לרעיון של מסלול מהיר, גם בזרימה על פי סוגי החולים ועל פי חומרתם יש הגיון הדומה לרעיון העומד מאחורי טכנולוגיית הקבוצות. כלומר חלוקת החולים לקבוצות על פי הדמיון בתהליך אותו הם נדרשים לעבור, יקצר את משך התהליך של כל החולים. אם יש קבוצה של חולים שדומים בדרישות הטיפול שלהם אז זמן הטיפול והתהליך שלהם יהיה יותר קצר.

Badri & Hollingsworth (1993) ביצעו את המחקר בבי"ח Rashid באיחוד הנסיכויות הערביות. במלר"ד הנבדק מחלקים את החולים ל-5 קטגוריות על פי החומרה. נבדקו מספר תרחישים אפשריים: (א) שימוש בכללי קדימות על פי חומרת המחלה. (ב) דחיית חולים שלא מתאימים להגדרה של חולי מלר"ד (קלים) אל המרפאות. (ג) הפחתת רופאים בכל משמרת ברופא אחד לפחות. (ד) שילוב של ב' וג'. התוצאה שהביאה לקיצור משך השהייה של החולים בצורה המשמעותית ביותר, הייתה של דחיית חולים קלים (ב) והיא גם נוסתה ויושמה מהצלחה.

Klafehn et al. (1989) וגם Klafehn & Owens (1987) הראו שיש קשר בין מספר אנשי הצוות הרפואי במלר"ד לבין זמן השהייה וההמתנות של החולים במלר"ד. הם הציעו להעביר אחות אחת לתפקיד של מיון ראשוני (Triage) ובכך להקטין את מספר האנשים הממתנים בתור. הם גם הציעו להוסיף צוות אורטופדי בכדי להקל על זרימת החולים, אך מסקנה זו לא נתמכה בתוצאות מכיוון שממוצע זמן השהייה של החולים נשאר כמעט זהה. לא ברור מתוך העבודה מדוע בחרו להוסיף דווקא צוות אורטופדי שמטפל במספר חולים קטן ולא בצוות המטפל במספר חולים רב יותר. יתכן שהחלטה התקבלה עקב העובדה שהטיפול בחולה האורטופדי היה הארוך ביותר, אם זאת יש לשים לב לעובדה כי קיצור זמן השהייה של חולים אלו אינו משפיע כמעט על זמן השהייה הממוצע של כלל החולים במלר"ד.

1.3.3 סימולציות לקביעת גודל הצוות הרפואי וגבולות על נפחי הגעה של החולים

מטרתן של סימולציות אלו היא לבנות מסגרת פעילות למלר"ד כך שניתן יהיה לקבוע על פי נפח הגעה משוער של החולים למלר"ד את כמות המשאבים הנדרשת לטיפול בחולים אלו.

Liyanage & Gale (1995) פיתחו מודל סימולציה של מלר"ד בבית החולים Campbelltown, המבוסס על מערכת תורים בעלת מספר שרתים נתון (M/M/n). בסימולציה נבחנו מספר תרחישים כאשר מודל התורים משמש להערכת התפלגויות הכניסה, ההמתנה והטיפול של החולים. הפרמטרים הנ"ל הוכנסו לתוך הסימולציה והתקבלו זמני המתנה צפויים לחולה, זמני בטלה צפויים של הרופאים ומספר הרופאים המיטבי הנדרש עבור הפרמטרים שהוכנסו.

Gonzalez *et al.* (1997) בנו 8 תרחישים שונים שההבדל בינם הוא בגודל הצוות הרפואי, קצב הגעת החולים וזמני האבחון התלויים בצידוד המושקע. הם המליצו על קבלת החולים למלר"ד בקצב הגעה מקסימאלי (השאר מופנים למקומות אחרים) וכן על העדיפות בהשקעה בכ"א מאשר בצידוד.

כדאי לציין שעבודות בתחום המעבדות הרפואיות (Bodtker *et al.* (1992 ו-Godolphin *et al.* (1992 גילו שדווקא עדיף להשקיע בצידוד ולא בכוח אדם. משיחות עם צוותי הניהול של המלר"דים שהשתתפו במחקר עולה כי מנהלים מעדיפים לרכשו צידוד על פני תוספת בכוח אדם וזאת בשל העלות הגבוהה של כוח אדם נוסף.

Badri & Hollingsworth (1993) ניסו מספר תצורות הפעלה שונות של המלר"ד שנבחן במסגרת הסימולציה שפותחה. שתיים מהתצורות כללו הפחתה של מספר הרופאים. אף אחת מהתצורות הללו לא נבחרה כחלופה הטובה ביותר.

Blake & Carter (1996) ויתרו על בחינה של הגעת החולים, אך בחנו את גודל הצוות באופן שיטתי למדי. הם בחנו שלושה פרמטרים: את כמות הרופאים, את כמות המתמחים ושתי שיטות למתן קדימות לחולים. הפרמטרים נבחנו בו זמנית באמצעות בניית ניסוי 2^3 ובחינה של השילוב המוצלח ביותר. לצערם הם גילו שמרבית ההצעות שנבחנו לא ניתנות ליישום, אולם מסקנות הניסוי בכל זאת שמשו לשם בחינה של חלופות ההנהלה השונות.

Ladany & Turban (1978) ניסו לחקור את הצוות הרפואי כיחידה אחת. משמע שרופא, אחות וצידוד משמשים כיחידה מטפלת אחת. לפיכך נוצר מצב של תלות בין מספר הרופאים למספר האחיות הנדרשים. אך מסקנתם סתרה את הנחות היסוד שלהם. הם הגיעו למסקנה שבכדי לבנות כלי המתאים למספר מלר"דים, יש לקחת בחשבון גם את סוג הרופא המטפל וגם לפרק את המבנה המחייב של כמות רופאים לעומת אחיות.

1.1.4 סימולציות לקביעת כמות מיטות

בחינה של ניצול המיטות באופן ישיר הוא נושא חדש יחסית בתחום המחקר במלר"ד. מרבית המחקרים התייחסו לזמני המתנה בתור ולא לכמות השוהים בתור והעומס שנוצר במלר"ד. שילוב העומס במיטות הקיים בבית החולים עם היכולת לקבל חולים מהמלר"ד גם הוא נושא שנחקר מעט מאוד, אם כי, כפי שעולה מראיונות עם הצוות הרפואי, הפתרון הנו מנהלתי בעיקרו.

Lane *et al.* (2000) פיתחו מערכת דינאמית שבה הפרמטרים תלויים בשעות היום, ביום בשבוע ואף בנתוני המצב במערכת ברגע ההחלטה. הסימולציה שבנו בחנה את מלר"ד כחלק ממערך המחלקות בבית החולים והתחשבה בקשר בינם לבין המלר"ד, משמע שמצב המוגדר כמחלקה מלאה, לא מאפשר אשפוז של חולה ולפיכך משפיע על העומס במלר"ד. אולם המחקר לא הוביל לתוצאות מעשיות.

Bagust et al. (1999) בחנו את המסקנות של Lane et al. (2000) בדרך מקורית. הם טענו כי השימוש בממוצעים בלבד הוא בעייתי, וכי יש להתחשב באופיו הסטוכסטי של מופע החולים. הם השתמשו בנתונים היסטוריים של 2 בתי חולים ובחנו את הקשר בין תפוסת המיטות הממוצעת לבין הסיכוי שכמות המיטות תעבור את הכמות המקסימאלית האפשרית. בדומה למאמר הקודם, המסקנות היו תיאורטיות בלבד ולא התבצע כל ניסיון להתעמת מול המצב במלר"ד אותו חקרו.

מטרת המחקר של Kuban & Ulas (1996) הייתה תכנון מערך המיטות במלר"ד הקיים וכן תכנון התרחבות עתידית. נבחנו שתי גישות פתרון. האחת מגבילה את כמות המיטות ומאפשרת ניוו החולים בין המחלקות השונות על מנת לאזן בין העומסים, והשנייה היא לא להגביל את כמות המיטות ולאחר הרצת הסימולציה לחשב את כמות המיטות המקסימלית אשר ב-95% מהמקרים עומדת בעומס. מסקנות המחקר יושמו במלר"ד שנבחר.

Joshi & Tew (1995) בחנו שיטות מתמטיות בפתרון של בעיה תיאורטית. הבעיה שנבחרה על מנת להדגים את שיטות הפתרון היא בחינה של כמות המיטות במלר"ד כמשתנה החשוב ביותר תוך שימוש בסימולציה. מכיוון שהמחקר היה תיאורטי, אין במאמר זה תוצאות ישומיות עבור מנהלי בתי החולים.

1.4 תועלת צפויה מול זמן השקעה

Blake & Carter (1996) הבינו לאחר שלושה ימי התצפית הראשונית שאין להם את היכולת לקבל תמונה מלאה על זרימת החולים במלר"ד בזמן סביר, לכן העדיפו לייצר מודל פשוט על פי האופן בו הצוות הרפואי תופס אותו בשילוב עם בחינה של יכולת המודל לאמת את המצב הקיים ולגלות את הפרמטרים שנצפו כבעייתיים. משום כך עיקר העבודה בוצעה מול המחשב והצוות הרפואי ולא בתוך המלר"ד. כך ההשקעה בהכנת המודל קוצרה והעלות הופחתה.

Brady (1995) טען לקיצור תהליכים בכך שפנה והפעיל את הסימולציה על תוכנת מדף בשם MedModel. למרות זאת הוסיף כי יש לשכור אדם בכל ניסיון בסימולציה על מנת להפעיל אותה, וכן לבצע תצפיות ארוכות לשם איסוף זמנים לפני שניגשים לכתוב את התוכנית. הערה חשובה שהוצגה הייתה שיש לחשוב על מה מחפשים כאשר מנהלים את איסוף הנתונים אחרת ניתן ללכת לאיבוד בנתונים.

Ladany & Turban (1978) תרמו למחקר בכך ששילבו עלות כלכלית עבור ההצעות שלהם. חישוב העלות מאפשר להנהלה יכולת שלא הייתה קיימת קודם. העלות חולקה לעלות שירות ולעלות המתנה והוצע מודל למזעור העלות הכוללת (מודל מתמטי תיאורטי). למרבה הצער המודל נכשל בהשוואה למצב בשטח שהכתיב עלויות נמוכות יותר דווקא במצב הקיים מול המצב המוצע.

עבודתם של Moreno et al. (1998) יכולה לשמש דוגמא לכך שהשקעה בסימולציה לא תמיד נותנת פירות, זאת בשל העובדה שהמודל שתוכנן היה מורכב מדי ליישום. התרומה של המאמר הוא בהצגת דוגמא לכך שהשקעה בפיתוח סימולציה לא תמיד מבטיחה גם תוצאות.

המחקרים הרבים בתחום באים לרוב על מנת לפתור בעיות נקודתיות במלר"דים השונים. נראה כי השאלות שכל מחקר נדרש להתמודד איתן קובעות את מידת מורכבות הסימולציה שמוצגת ומגוון הפתרונות שניתן לבחון דרכה.

(2000) *Lane et al.* פיתחו מערכת דינאמית שבה הפרמטרים תלויים בשעות היום, ביום בשבוע ואף בנתוני המצב במערכת ברגע ההחלטה. הסימולציה שבנו בחנה את המלר"ד כחלק ממערך המחלקות בבית החולים והתחשבה בקשר בינם לבין המלר"ד. מצד שני לא מודלו מערכות חשובות כמו מערכות ההדמיה וצוות האחיות, למעט האחות הממיינת. כל מודל ההפעלה נבנה על סמך ראיונות בלבד ולא על פי תצפיות בשטח.

(1993) *Badri & Hollingsworth* בחרו בסימולציה פשוטה מאוד מבלי לכלול את מורכבות הצוות (רק סוג רופא אחד) וזמני הטיפול (הנחת התפלגות נורמאלית וזה לכל סוגי החולים, למעט חולים קשים). בסימולציה יש נסיון לבחון את זמינות המחלקות בבית החולים רק בכדי להבחין שכאשר אין מקום במחלקות שולחים את החולים לבית חולים אחר.

(1995) *Joshi & Tew* בחרו במודל מלר"ד פשוט ביותר על מנת לבחון מצבים מתמטיים ופחות להתעמק עם התנהגות מלר"ד אמיתי.

(1978) *Ladany & Turban* אמנם לקחו מלר"ד אמיתי לבצע עליו את המחקר, אך פישטו את המודל עד למצב שהתאים עבור בחינת פונקציות עלות. השירות הובחן כאקספוננציאלי מבלי להתייחס להבדלים בטיפול בין סוגי הרופאים השונים. ההבדל שנלקח בחשבון בזמן השהייה הממוצע של חולים קלים לעומת חולים קשים. כל הנתונים היו ממוצעים ולא היתה התייחסות לדינמיות של הנתונים על פני הזמן.

(2000) *Lane et al.* ניסו לחדש בנושא הקשר בין מצב העומס במלר"ד לבין זמני השהייה והטיפול. הם הניחו שיש פקטורים כאלו וניסו לנחש אותם לפי הסימולציה. זוהי העבודה היחידה שנותנת ביטוי לעובדה שכאשר יש עומס במלר"ד העבודה יכולה להתבצע במהירות רבה יותר לעומת מצב בו העומס נמוך יותר. היתרון בשיטה זו ברור, אך במחקר זה לא הגיעו לתוצאות מעשיות, אלא רק לתוצאות תיאורטיות. הבעיה הנוספת היא שהמערכת הרפואית, על כל שלוחותיה, לא מוכנה לקבל את התפיסה שבזמן עומס, החולים עלולים לקבל טיפול לא אופטימאלי, ובשל כך, הנחות היסוד צריכות להיות שאין קשר בין העומס לזמני הטיפול.

(1994) *McGuire* חילק את סוגי החולים למספר קטגוריות גבוה באופן משמעותי משאר המחקרים (14 קטגוריות שונות). המחקר בחן מלר"ד שמקבל את כל סוגי החולים ולא התרכז רק במלר"ד למבוגרים או לילדים (השונים בטבעם ומתנהלים על ידי צוותים שונים לחלוטין), עובדה זו מסבירה את מספר הסיווגים הגבוה. המחקר התרכז, בניגוד למרבית העבודות, גם בניתוח זמני הפעילויות של החולים במערכת והוביל למסקנות שזמני השירות הם ממופע בטא, אך המפתיע הוא שלא נמצאו הוכחות סטטיסטיות לכך.

Moreno *et al.* (1998) מציגים מחקר המדגים שמערכת מורכבת יכולה להיות לרועץ. הסימולציה המוצעת על ידם מורכבת עד כדי התחשבות במחלקות בית החולים ובמגוון סוגי הרופאים הקיימים, אך לא ניתן להריץ אותה בשלמותה. דוגמא דומה היא עבודת המחקר של Bregman (1990), שבוצעה בטכניון, שגם היא מנסה להיות מורכבת וכוללת, אך לא יכלה לכח המחשוב הדל שעמד לרשותה.

עבודת הדוקטורט של Bregman (1990) מיוחדת גם בעובדה שהיא תוכננה להיות כלי סימולציה הממדל את פעילות בתי חולים בשעת טיפול באירוע רב נפגעים ולא של בית חולים מסוים בלבד. המחקר בעבודה התרכז בלמידת שיטות התגובה לאירוע רב נפגעים באופן כללי, אך הסימולציה פותחה ונבדקה רק על פי בית חולים אחד, בו עבד החוקר.

1.6 מידת שיתוף הצוות

Badri & Hollingsworth (1993) הדגישו את מעורבותו של צוות מהנהלת בית החולים בעיצוב המודל ובחינתו. הצוות היה מעורב גם בשאלות המחקר וגם בבחינה של החלופות. משום כך אין הפתעה רבה בכך שהחלופה הנבחרת יושמה בהצלחה בבית החולים וזאת על פי טענתו של Wilson (1991) כפי שעלתה במחקרו.

Blake & Carter (1996) ניסו להציע בתחילת המחקר שלהם הצעות על פי מודלים מתמטיים, אך גילו שההנהלה מאוכזבת ממידת הישומיות של הצעותיהם. לאחר שהחלו לעבוד בצמוד לצוות המלר"ד חלה תפנית ביחס בית החולים לתוצאות של המחקר. החלופות שהוצגו על ידי צוות המלר"ד נבחנו בסימולציה והובילו לאימוץ תהליכי עבודה חדשים.

Braly (1995) מייעץ במאמרו כי יש לשתף את הצוות הרפואי באיסוף הנתונים ומזהיר כי בלעדי שיתופם, הצוות לא יחוש בנוח עם התוצאות.

Kuban & Ulas (1996) הציגו ברשימת התודות את הצוות רפואי ומשום כך ניתן ללמוד שנעשתה עבודה מתואמת עם הצוות במקום. גם במחקר זה נראה כי שיתופם של אנשי רפואה הוביל לישום המלצות הסימולציה.

McGuire (1994) חקר את מערכת המלר"ד מבפנים, כעובד מן המניין בבית החולים. לכן לא מפתיע שהצוות במלר"ד השפיע על המודל וגרם לעבודה נוספת של צוות המתכנתים עד להתאמתו לשביעות רצונם.

1.7 הצגת הפתרון

Badri & Hollingsworth (1993) הציגו את הנתונים בצורת טבלאות ובחלוקה למשמרות.

Blake & Carter (1996) ניסו ללא הצלחה להציג את תוצאותיהם בדרך סטטיסטית כגון גרף המציג את ההשפעות ההדדיות של הפרמטרים (אטרקציות) השונים. לדוגמא, גרף של העומסים כתלות בשעות היום, התגלה כאפקטיבי עבור צוות המלר"ד והנהלת בית החולים.

Gonzalez *et al.* (1997) בחרו בהצגת יתרונו של הפתרון המוצע, על פני החלופה הקיימת, באופן סטטיסטי ובמקביל ניתן דגש נמוך על ההצגה הגרפית של ההשפעות שיש לפתרון לאורך ציר הזמן.

Joshi & Tew (1995) בחרו במחקר של המלר"ד כמקרה פרטי. לכן אין פלא שמרבית התצוגה יוחדה לנוסחאות ופחות לגרפים השוואתיים.

המחקר של Kuban & Ulas (1996) שיבץ את כמות הגרפים והטבלאות הגדולה ביותר מתוך כל המאמרים בתחום. כאשר בוחנים את הגרפים שהוצגו מגלים שהם מוצגים לרוב כהתפלגות יומית של הגורמים כגון מיטות, הגעות חולים וזמני שהייה. בשיטה זו ניתן לראות עד כמה הפרמטרים אינם אחידים, אך לא ניתן להבין מדוע הם כאלו. שיטה זו שונה מהשיטות בהם נהגו שאר המאמרים שהציגו בעיקר ממוצעים כתלות בשעות היום, כך שניתן יהיה להבחין בשינויים שחלים בפרמטרים אלו בשעות היום השונות. היתרון בתצוגה שהציעו 2 החוקרים הוא היכולת לבחון את הפתרון לא רק מול ממוצע המוצג אלא כחלק מתהליך סטטיסטי. החסרון הנו בעיוות, בהתייחסות לכל השעות כזהות, לא ניתן לראות את ההתפתחות והמגמות לאורך היום.

1.8 סיכום

העבודות בתחום נרחבות, אך דורשות טיפול מקיף במספר תחומים:

- ✓ מופע החולים המגיע למלר"ד הוא נושא שהוצעו לו פתרונות נקודתיים בלבד ולא נראתה כל תמונה הכוללת יותר מבית חולים אחד. עבודה רבה נעשתה במחקר זה על מנת למדל את הגעות החולים ולהוכיח כי קיימת חוקיות ודמיון בין בתי החולים שנבחנו.
- ✓ זרימת החולים במלר"ד מודלה כל פעם מחדש, כאשר כל מחקר "המציא את הגלגל". לב ליבו של המחקר הוא פיתוח של תהליך גנרי, אשר באמצעותו ניתן למדל מלר"דים חדשים.
- ✓ השאלה האם להפעיל מסלול מהיר או טריאז' (מיון ראשוני)?, היא אחת השאלות הנוקבות והמעניינות ביותר שהועלו בהצעות הסימולציה בעבר. היכולת לחסוך במשאבים או לקצר את זמן שהייה הממוצע של חולים במערכת (ללא עלויות משמעותיות), הוא נושא קורץ לכל מנהל מלר"ד. הבעיות של הרצת סימולציה על מאורע שלא נבדקה יכולתה של הסימולציה לחזותו (לדוגמה הפעלת מסלול מהיר כאשר לא הופעל עד היום מסלול מהיר), היא בבעיה ידועה. כלי הסימולציה נבחן על מלר"דים שעובדים עם מסלול מהיר ועל כאלו שעובדים ללא מסלול כזה, לפיכך יש במחקר הזה גם גושפנקא לתוצאות של ניסוי כזה.
- ✓ שינוי משאבים ותזמון במחקר זה הוא הרחב ביותר וכולל יכולת לשנות גם את הכמויות וגם את שעות המשמרת של כל סוד משאב בנפרד. ניתן גם לצוות אותו משאב לכמה סוגי חולים ובכל לקבל עוד ממד שלא היה קיים קודם. בכך מתאפשר קבלת פתרונות יצירתיים בחלוקת המשאבים שלא היו קיימים בעבודות קודמות.
- ✓ התועלת בשימוש בהנחות היסוד במחקר מועיל ומקצר את ההשקעה הצפויה כאשר בונים סימולציה חדשה וזמן ההשקעה אף מתקצר עוד יותר כאשר משתמשים בכלי שפותח.
- ✓ לאחר זמן קצר ניתן לאמן את צוות המלר"ד הבכיר בשימוש בכלי שפותח. דבר זה צפוי להגביר את האחריות של הצוות לתוצאות שיתקבלו. עד היום, במקרה הטוב, הצוות רק שותף לפיתוח, אך לא סמך ידו, בסוף התהליך, על הפתרון.

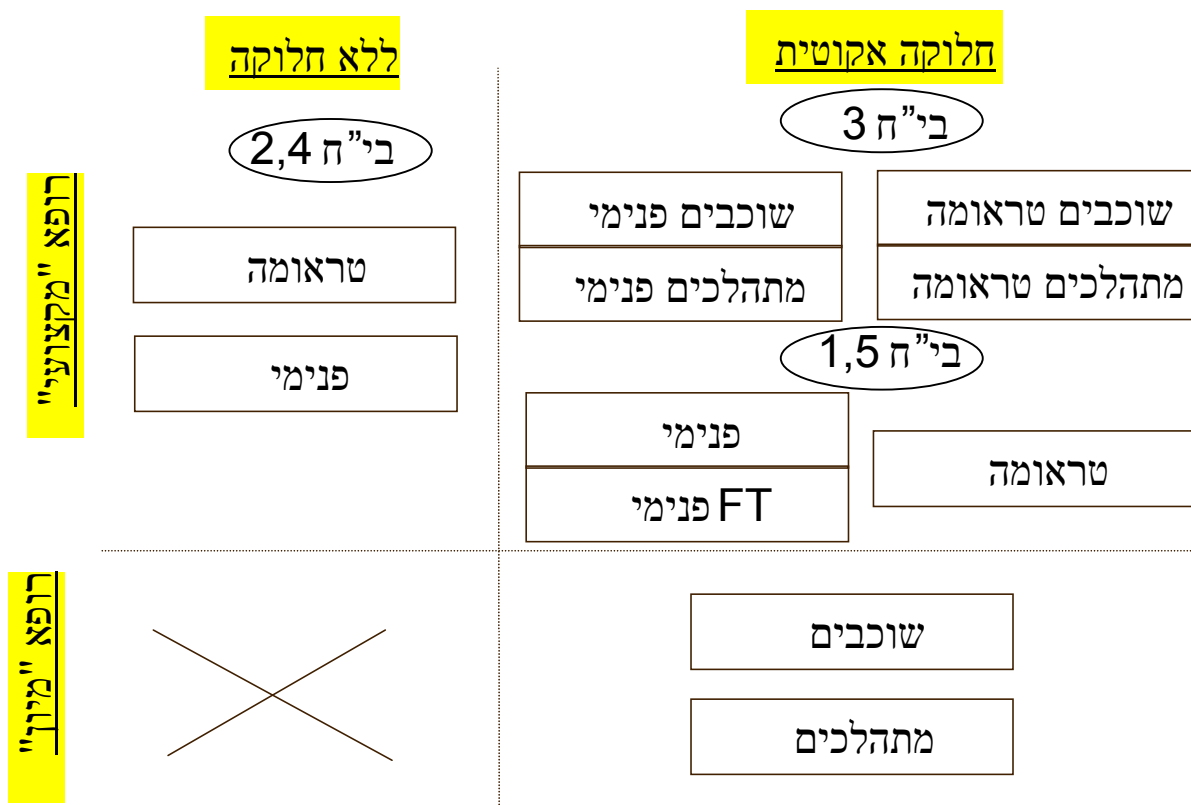
✓ הצגת הפתרון בצורה גרפית עם אפשרויות בחירה של המשתמש הנו הגורם שיכול לתת את התובנה הגבוהה ביותר למשתמש שאינו משתמש מומחה. מערכות תומכות החלטה לא יושמו עד היום במחקרים קודמים, אך יש להם מקום בפיתוח זה.

4 איסוף נתונים

4.1 מודל הפעלה

בשלב הראשון נבחרו 5 בתי חולים כבסיס לאיסוף הנתונים עבור בניית כלי הסימולציה. בתי חולים אלו שונים בגודלם, במיקומם הגיאוגרפי ובמודל ההפעלה שלהם. בתי החולים יכוננו מעתה בית חולים "1", "2", "3", "4" ו "5" מטעמי סודיות.

טבלה 2 חלוקת בתי החולים לפי מודלי ההפעלה
Table 2 Hospital partition by operating model



המפגש הראשון עם צוות הניהול הבכיר של בתי החולים והמלר"דים שימש כפגישת התנעה. בפגישה זו, שכללה את מנהל בית החולים, מנהל המלר"ד, האחות הראשית ולעיתים את אנשי המחשב וארגון ושיטות, נסקרו מטרות הפרויקט ובוצע תיאום ציפיות בין הצדדים המעורבים¹. לאחר פגישת התנעה זו התקיימו ראיונות בכל בית חולים עם מנהלי המלר"ד האחיות הראשיות, ואנשי המחשב בהם הושקעו כ 25 שעות אדם (כ 5 שעות אדם בכל בית חולים). במסגרת ראיונות אלו נלמדו דרכי פעולת המלר"ד כולל המבנה הפיזי והמשאבים הקיימים והוגדרו החולים הטיפוסיים במערכת כולל התהליכים אותם הם נדרשים לעבור והתמהיל הכולל שלהם במלר"ד. זוהו 8 טיפוסים (תהליכי) חולה: מסלול מהיר (FT), כירורגי, אורתופדי, טראומה, כירורגי מתהלך, אורתופדי מתהלך, וכן חולה פנימי-כירורגי. יש בסך הכל 19 תהליכי חולים שונים (מפורטים בנספח 1), כאשר חלק מטיפוסי החולים חוזר בין בתי החולים וחלקם ייחודי. סוגי החולים השונים מוצגים בטבלה 3.

תהליך סיווג החולים וכניסתם למדורים השונים במלר"ד יכולים להיות שונים מבית חולים אחד לשני. בעיקרון, חולה המגיע באמבולנס מוכנס למלר"ד ומופנה למדור המתאים (פנימי / כירורגי / אורתופדי וכדומה) על פי המלצת הפרמדיק (יש בתי חולים המגדירים חולה כירורגי או אורתופדי כחולה טראומה). לגבי חולה מתהלך, המגיע באופן עצמאי למלר"ד, התמונה שונה. בבית חולים "1" ו-"5" החולה עובר תהליך מיון ראשוני במדור הטריאז, משם האחות מחליטה לאיזה מדור ימשיך החולה בתהליך. בבית חולים "2" החולה מופנה למדור המתאים על פי החלטת הפקיד האדמיניסטרטיבי שרושם את החולה ומנפק לו מדבקות. בית חולים "3" עובד בצורה דומה, אלא שהאחות בכל מדור מחליטה האם החולה יעבור מסלול של חולה מתהלך או של חולה שוכב באותו המדור. בבית חולים "4" עוברים כל החולים, גם אלו המיועדים לעבור למיונים אחרים, כגון מיון יולדות, נשים, עיניים, וא"ג, מיון ראשוני על ידי אחות.

מרגע שחולה קיבל מיטה או מדור מטפל, החולה עובר טיפול על פי תרשים הזרימה המקובל בבית החולים. חולה שמזוהה בתחילת התהליך כחולה שצריך לקבל טיפול ממדור אחר, מועבר באופן מיידי לטיפול במדור החדש כאשר כל הנתונים שנאספו עוברים יחד עמו.

טבלה 3 - טיפוסים החולים במחלקות לרפואה הדחופה השונות

Table 3 Patient type in the EDs

בית חולים	הגדרות טיפוסים החולים
"1"	מסלול מהיר, פנימי, כירורגי, אורתופדי
"2"	פנימי, כירורגי, אורתופדי
"3"	פנימי-מתהלך, אורתופדי-מתהלך, כירורגי-מתהלך, פנימי, טראומה
"4"	פנימי קשה, פנימי-כירורגי, אורתופדי
"5"	מסלול מהיר, פנימי, כירורגי, אורתופדי

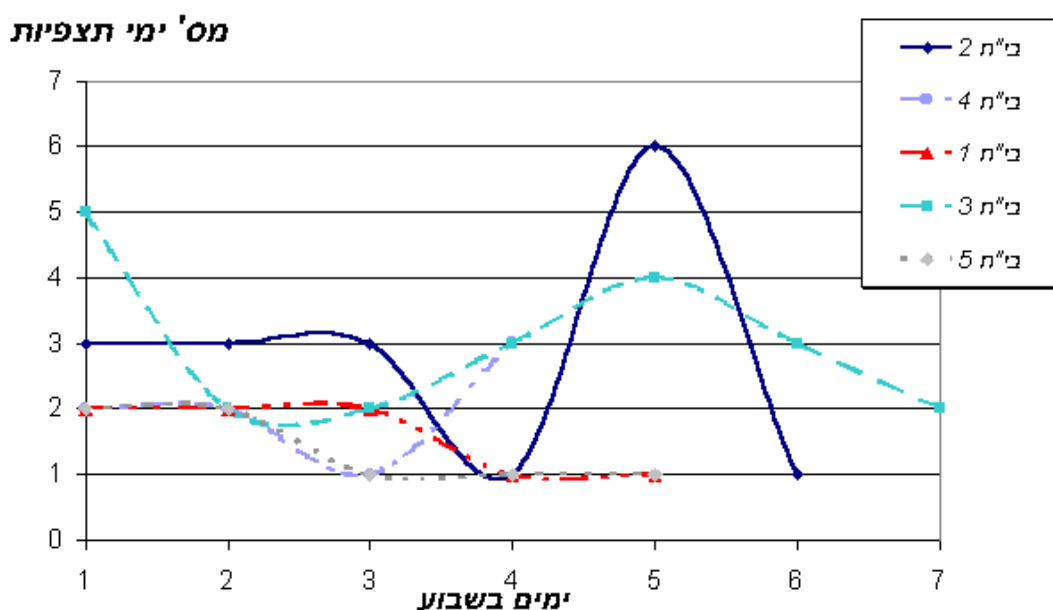
¹ לא התקיימה פגישת התנעה מסוג זה בבית חולים "5", יתכן כי העדר פגישה זו גרם לבעיות במחויבות בית החולים לסקר. התוצאה הייתה חוסר שיתוף פעולה בקבלת הנתונים ממערכות המידע של בית החולים

4.2 תצפיות

בכדי שניתן יהיה לקבל תמונה מהימנה על מצב המלר"ד הוחלט על התרכזות התצפיות בימים ובשעות המרכזיות בפעולות המלר"ד. התצפיות נבחרו באופן שיכללו את שעות היום (משמרת 1 07:00-14:00) והערב (משמרת 2 15:00-22:00 ומשמרת 3 23:00-06:00) ואת ימי אמצע השבוע. משמרת 3 נזנחה, לאחר שהוברר שכמות החולים שמגיעים בזמן זה זניחה, וכי העומס בשעות הלילה נמוך ביותר ואין סיבה להשקיע משאבים בחקר תקופה זו. סיכום שעות התצפית מוצג בטבלה 4 ובאיור 1.

טבלה 4 סיכום התפלגות תצפיות לפי משמרות
Table 4 Summary of observation partition by shifts

5	4	3	2	1	בית חולים
7	8	21	17	8	מס' ימים
8:25	4:36	5:38	4:35	4:51	משך שהייה ממוצע
59	37	119	78	39	סה"כ שעות תצפיות
6	4	16	12	5	מס' משמרות 1 שנצפו
7	7	15	9	6	מס' משמרות 2 שנצפו
0	0	0	4	0	מס' משמרות 3 שנצפו



איור 1 סיכום התפלגות מספר ימי תצפיות לפי ימי השבוע

Figure1 Summary of observation distribution by day of week

4.3 נושא התצפיות

על בסיס הראיונות וסקר הספרות, נבחרו מספר נושאים עיקריים לתצפית. הנושאים נבחרו כך שיוכלו להציג תמונה מלאה של מצב המלר"ד והמחלקות התומכות. התצפיות היוו נושא רגיש בבית החולים משום החשש של הפרעה לצוות הרפואי וכן הצורך לשמירת סודיות הרפואית. לשם כך תוכננו התצפיות ברגישות רבה, כל זאת על מנת שניתן יהיה להפיק את המקסימום מהתצפיות ובה בעת להימנע עד כמה שניתן מהפרעה לפעולות השוטפות. נושאי התצפיות הנם מגוונים וכוללים תצפיות על חולים (זרימה, זמני טיפול והשגחות), תצפיות על הצוות הרפואי (זמן ישיר, עקיף והליכות), תצפיות על היועצים והסניטרים (המתנות וטיפולים) וכן תצפיות על המחלקות התומכות (מעבדות והדמיה) והגבס. בית חולים "2" הוא בית החולים עמו התחלנו את החקר. בבית חולים זה בוצעו גם 4 שעות פיילוט בו נבחנו היכולות של צוות התצפיתנים לבצע את עבודתם וכן אפקטיביות המעקב.

4.3.1 טפסי איסוף הנתונים

לשם ביצוע התצפיות גובשו מספר טפסים ונהלים. הבסיס למערכת האיסוף היו לקחים שנלמדו מתצפיות שבוצעו ב פרויקטים אחרים בבתי חולים בה היה שותף "המרכז מחקר לבטיחות בעבודה והנדסת אנוש" בטכניון.

הלקח החשוב ביותר שנלמד היה לקיים תצפיות פתוחות – כך שהתצפיתנים יוכלו לרשום באופן חופשי את כל מה שהם רואים, ורק בדיעבד לרשום את הפעולות באופן אחיד. נוהל זה אפשר גמישות בניתוח הפעולות. יתרון נוסף הוא ביכולת לקבל תמונה מהימנה יותר של התהליכים שמתרחשים בפועל, לעומת התהליכים האופייניים ("המודלים המנטאליים") שהוצגו ע"י הצוות הרפואי. טפסי איסוף הנתונים מוצגים בנספח 3.

4.3.2 קודים לאיסוף הנתונים

עבור תצפיות שבוצעו על חולה, רופא ואחות גובשו קודים עבור כל פעולה שנצפתה. הבסיס לבחירת הקודים, כפי שצוין קודם, היוו תצפיות בפרוייקטים קודמים שנעשו ב"מרכז מחקר לבטיחות בעבודה והנדסת אנוש" בטכניון. עם התקדמות התצפיות הוכפלו כמות קודי הפעולות הנמדדות (רוב הקודים החדשים נכנסו בשלב הפיילוט). הוספת הקודים באה להדגיש את ההבדלים והדמיון בין בתי החולים וכן את ההבדלים בין תהליכים השונים שעוברים טיפוס חולים השונים. בכל מקרה שנוספו קודים חדשים ניתן היה לעבור על הטקסט החופשי שצורף לתצפית ולתקן את התצפית כך שתתאים לקודים החדשים. טפסי הקודים השונים מוצגים בנספח 4.

4.4 תרשים תהליך

לצורך הקלדת הנתונים וניתוחם הושקעו כ-500 שעות אדם לכל בית חולים. תרשימי התהליך של החולים הטיפוסיים שחולצו בראיונות, שהתבצעו בבתי החולים עם הנהלות המלר"דים, אוחדו לתרשים כללי אחד הכולל את כל האפשרויות השונות. תרשים זה שימש מאוחר יותר לקביעת בסיס תהליך העבודה בסימולציה. נספח 1 מציג את התהליכים הטיפוסיים של סוגי החולים שזוהו בבתי החולים השונים כולל זמני הפעילויות והסתברויות המעבר בין כל פעולה ופעולה. המבנה הפיזי של המלר"דים השונים בבתי חולים אלו מופיע בנספח 2.

4.5 נתונים היסטוריים

במקביל לתצפיות שבוצעו התבקשו בתי החולים לספק נתונים היסטוריים ממערכות המידע הממוחשבות שלהם.

בתי החולים התבקשו לספק שלושה סוגי נתונים:

✓ מלר"ד – נתונים ממאגר המידע של חולים המטופלים במלר"ד.

✓ הדמיה – מופע הגעות חולים להדמיה והצילומים שבוצעו.

✓ מעבדות – נתונים מבסיס הנתונים של מעבדות הדם.

כל בתי החולים מלבד בית חולים "5" מסרו מידע מלא או חלקי ממאגרי המידע שלהם. בתי החולים "1", "2" ו-"4" השתמשו באותן השאילתות (SQL) על מנת להוציא את המידע. בית חולים "3", המשתמש במערכת מיושנת יותר, נתקל בקשיים להוציא נתונים מדויקים על זרימת החולים והרנטגן, אך הוא בית החולים היחיד שמסר נתונים לגבי המעבדות כאשר שאר בתי החולים לא צוידו בטכנולוגיה המתאימה לשליפת הנתונים מהמעבדות.

4.5.1 חולים

בתי החולים שהתבקשו לספק את מירב המידע שיש להם על החולים שטופלו במלר"ד, ביקשו לדעת אילו נתונים אנו מבקשים לראות. לשם כך התבצעו ראיונות עם אנשי הקבלה במלר"דים. מטרת הראיונות היה להבין איזה מידע מוקלד על כל חולה בהגיעו למלר"ד.

בנוסף גם נלקחו גיליונות חולה מכל בית חולים על מנת לבחון אילו נתונים נאספים במהלך שהיית החולה במלר"ד. התברר שרק עבור חולים שמשתחררים נתוני הגיליונות מוזנים למחשב. עבור החולים שמתאשפזים, הגיליון מוצמד לגיליון האשפוז ולא מוקלד למחשב (הוא מוקלד אח"כ כחלק מתהליך האשפוז ללא ציון ביצועו במלר"ד). לפיכך היה צורך לבדוק האם ניתן להניח שחולה מאושפז ומשוחרר עובר תהליכים זהים. נבחנו כ-90 חולים כאלו בבית חולים "3" ולא נמצא הבדל בין שני סוגי החולים.

כל המלר"דים סיפקו נתונים בפורמט זהה מלבד בית חולים "3" שמערכת המידע שלו שונה ולכן איסוף הנתונים שם לא היה אחיד (נדרשו פעולות עיבוד נוספות).

הנתונים שהתבקשו בתי החולים למסור :

- ✓ תעודת זהות (או מפתח אחר)
- ✓ מס' מדבקת חולה
- ✓ מועד (שעה ותאריך) קבלה
- ✓ מועד (שעה ותאריך) שחרור
- ✓ סוג מיון שאליו הופנה החולה
- ✓ תאריך הולדת / גיל החולה
- ✓ מין החולה
- ✓ סיבת הגעה למלר"ד
- ✓ גורם מפנה
- ✓ האם צורף מכתב מרופא מטפל
- ✓ תאור תלונת החולה
- ✓ מיקום בגוף של צילום הרנטגן

✓ פעולות נוספות שבוצעו על החולה : בדיקות מעבדה, הדמיה, גבס, יועץ וכדומה.

כל פעולות המבוצעות ניתנו ללא מועד הביצוע, זאת בשל העובדה שכל הנתונים הוכנסו למחשב בדיעבד (לאחר שהחולה שוחרר). הפירוט ודיוק הרישום של הצוות הרפואי הוא משמעותי. נמצא שחלק מהצוות לא ממלאים את כל הפעולות שמבוצעות אלא בעיקר את אלו שיש עבורם החזר כספי לבית החולים.

ממצא חשוב שאובחן מתוך ניתוח הנתונים הוא שבתי החולים לא אחידים ברישום הזמנות יועץ. יש בתי חולים המגדירים כל רופא שמגיע לטפל בחולה והוא לא מצוות המלר"ד כיועץ. לעומתם ישנם בתי חולים שמגדירים כיועץ כל רופא שאינו הרופא המלווה הישיר של החולה. לדוגמא – רופא כירורג מתוך המלר"ד שהגיע לבדוק חולה שמטופל ע"י רופא פנימי, יוגדר ע"י חלק מבתי החולים כיועץ.

כל המידע הממוחשב הועבר למחקר כבסיס נתונים של Access או כנתוני טקסט שניתנים להמרה.

4.5.2 הדמיה

בכדי שניתן יהיה לעקוב גם על מועד שליחת חולים להדמיה (רנטגן / CT ואולטראסאונד) התבקשו בתי החולים לספק מידע על מועד הגעת החולים להדמיה. נתון חשוב נוסף שהתקבל מבסיס הנתונים הינו מופע החולים, שאינם מהמלר"ד, המגיעים לרנטגן. מופע חולים זה חשוב מאחר וחולים אלו מתחרים עם חולי המלר"ד על משאב זה.

הנתונים שהתבקשו בתי החולים למסור:

- ✓ תעודת זהות (או מפתח אחר המתאים למה שנמסר)
- ✓ יום הגעה
- ✓ זמן הגעה (שעה ודקה)
- ✓ יחידה שולחת (מחלקה מבית החולים או סוג מיון שהוגדר ע"י פקידת הקבלה)
- ✓ מוסד שולח
- ✓ היכן בגוף בוצע ההדמיה
- ✓ פירוט שם הצילום

שלושה בתי חולים מסרו לנו נתונים אמינים. בית חולים אחד אף מסר לנו את האתר בו בוצעה הפעולה, זאת בשל העובדה שבבית חולים זה יש מספר אתרי ביצוע לכל סוג צילום.

בית חולים "3" מסר לנו נתוני הופעת חולים חיצוניים, שלאחר השוואה עם שאר בתי החולים ובהשוואה לתצפיות בפועל, נראה לא הגיוני והוצא מניתוח הנתונים.

4.5.3 מעבדות

בסיס הנתונים של מעבדות הדם והשתן היווה נקודה חשובה בעיבוד הנתונים. מאחר ורק בית חולים "3" יכול היה להעביר נתונים, צריך היה להניח שהמצב בכל בתי החולים דומה. השימוש היחיד שנעשה בנתונים אלו היה על מנת להבחין באיזה שלב בתהליך נלקחות בדיקות הדם (אל מול התצפיות) וכמה בדיקות חוזרות נעשות לכל סוג חולה. לא נעשה שימוש בנתונים אלו על מנת לאפיין את אחוזי החולים שמבצעים בדיקות מעבדה, זאת בשל העובדה שנתונים אלו התקבלו גם בבסיס הנתונים של החולים.

הנתונים שנמסרו:

- ✓ תעודת זהות (או מפתח אחר המתאים למה שנמסר).
- ✓ מועד הגעה
- ✓ מחלקה שולחת
- ✓ סוג החומר (דם/שתן ...)
- ✓ קוד הבדיקה

4.5.4 סיכום השקעה בתצפיות

במהלך החקר נקבעו מספר אבני דרך בהם חושב אי דיוק החקר והוחלט באילו נושאים נדרשת תוספת זמן לתצפית הקיימת. בסך הכל הושקעו בתצפיות באופן ישיר כ 1,392 שעות אדם ונצפו כ 16,250 פעולות (שורות קוד) שונות. ריכוז החקר מוצג בטבלה 5.

טבלה 5 סיכום השקעת הזמן בתצפיות ישירות לפי נושאי התצפית
Table 5 Summary of time spent on direct observation by observation issue

נושא התצפית (שעות)	1	2	3	4	5	סה"כ
חולה	119	147	182	94	134	676
רופא	22	38	32	24	30	145
אחות	18	23	30	7	15	94
מומחה	--	6	--	--	--	6
סניטר	10	35	--	--	4	49
דם	--	5	4	--	4	13
רנטגן	29	57	34	30	56	206
גבס	--	--	--	--	32	32
המתנות	26	68	52	7	12	165
פיילוט	2	4	--	--	--	6
סה"כ	226	384	334	162	287	1,392

נושא התצפית	1	2	3	4	5	סה"כ
מס' שורות קוד	2,951	3,596	4,195	1,879	3,629	16,250

5 הנחות המודל

הנחות המודל המוצגות בפרק זה מתחלקות לשני סוגים :

- ✓ הנחה על מבנה תהליך המודל.
- ✓ הנחה על זמני הפעילויות במודל.

5.1 מבנה תהליך המודל

תהליך מקדים לבניית מודל סימולציה הנו חקר מצב קיים. פלט החקר, במקרה זה, חייב לכלול תרשימי תהליך וזמנים לפעולות השונות.

הבדל בין התרשימים והזמנים השונים יכול להיגרם בשל מספר סיבות, לדוגמא :

- ✓ שוני מובהק בין התהליכים.
- ✓ פירוש שונה של התהליכים השונים (צבירה של מספר פעולות מובדלות או בידול של פעולות שהן דומות בטבען).
- ✓ כאשר התרשים סטוכסטי בטבעו וכמות התצפיות אינה גבוהה נוכל לקבל תרשימים שונים רק בשל הסיבה שלא הופיעו פעולות בחקר, אך הן קיימות במציאות.
- ✓ הבדל נוסף יכול להיות בשל מונחים שונים לפעולות זהות.

הנחת העבודה על מבנה התהליך במחקר זה היא שקיימים תהליכים בסיסיים דומים בבתי החולים השונים, כך שבשינוי פרמטרים הקשורים למבנה התהליך (זרימה), ניתן להתאים מודל בסיסי אחד לכל מלר"ד.

חיזוק לטענה זו ניתן לראות כמעט בכל מאמר המבוסס על סימולציה במלר"ד, Badri & Hollingsworth (1993) לדוגמא, בו טוענים החוקרים שהם מאמינים שניתן להרחיב את מודל הסימולציה שלהם לכל מלר"ד, עד למחקר זה לא העמידו טענה זו במבחן אף לא עבור מלר"ד אחד נוסף.

5.1.1 שיטה - איסוף הנתונים

בשלב איסוף הנתונים והראיונות, חילקנו את הפעולות לקטעים הקטנים ביותר שניתן למדוד. גבולות המדידה מתחילות במפגש החולה עם הצוות הרפואי או עם מחלקות תמיכה אחרות ומסתיימות עם שחרורו של החולה ממפגש זה.

דוגמאות :

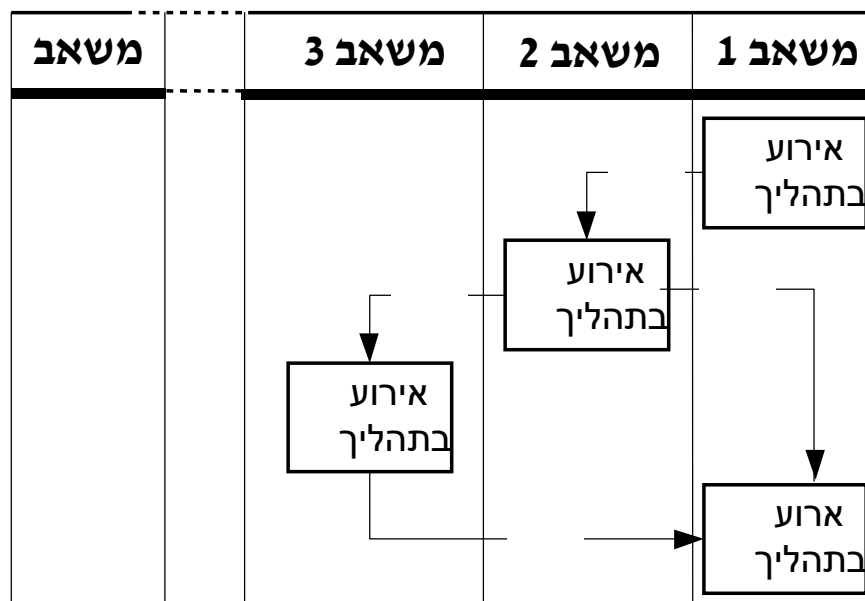
- ✓ בדיקת רופא : מרגע הגעת הרופא לחולה (וסגירת וילון) ועד לסיום הבדיקה וכתובת הדו"ח.
 - ✓ המתנה לרנטגן : מרגע הגעה למחלקת הרנטגן (דלפק קבלה) ועד כניסה לחדר הצילום.
- הסיבה לגבולות אלו הן פרטיות החולה. דאגנו שלא להתערב במהות הטיפול ובעיה הרפואית המדויקת. השתדלנו לקבל מידע נוסף מהצוות הרפואי במקום, במקרה של אירוע חריג, לאחר סיום הטיפול.

5.1.2 בניית תהליך המודל

כדי לעמוד על האופי של התהליכים האופייניים במערכת בחרנו להשתמש במתודולוגיה של תרשים תהליך (Process Chart). תרשים זה מאפשר לעקוב אחרי זרימת תהליך בין משאבים שונים (איור 2). לתרשים התהליך יש ציר זמן חד משמעי ויש בו הבעה מפורשת לשימוש התהליך במשאבים. התרשים מסייע בניתוח כמותי-אובייקטיבי של התהליך ובנוסף לכך הוא בעל תוקף נראות גבוה ולכן יכול לשמש גם את צוות בית החולים וגם צוות חיצוני.

לאחר שנאספו נתונים מבית החולים הראשון במדגם (בית חולים "2"), נבנו תרשימי תהליכים לכל סוג חולה (פנימי / כירורגי / אורתופדי). בכל מלר"ד נוסף שהוכנס למדגם נוספו פעולות שלא היו קיימות בתרשים הראשוני. כאשר בשני המלר"דים האחרונים במדגם לא נמצאו פעולות חדשות.

ההבדל בין התרשימים השונים היה רק באחוז החולים שנדרשו לעבור כל פעולה (עבור פעולה שלא בוצעה נרשם 0%).



איור 2 – דוגמא עקרונית לתרשים תהליך
Figure2 Principal example of process chart

5.1.3 מדד כמותי לדמיון בין התרשימים

בחינה של מדד לכימות הדמיון בין התרשימים נבחנה בספרות באופן נרחב. (Sinriech et al (2002) בחן מדד המתבסס על שני פרמטרים: פרמטר אחד המשווה בין המרכיבים של התרשימים ופרמטר שני המשווה בין הדמיון בקשרי המרכיבים (קשר הוגדר כמעבר בין שלבים או משאבים). מאמר זה מעניין במיוחד משום שהוא נבחן על תהליכים במלר"ד.

השוואת מרכיבים בין תהליכים (מתוך המאמר):

e^{XY} – מספר מרכיבים זהים בשני תרשימי התהליך X ו- Y (מאחר והקידוד אחיד, מרכיבים יזוהו ע"י שם זהה).

r^{XY} – מספר מרכיבים שקיימים בתרשים תהליך X ולא קיימים בתרשים תהליך Y ($r^{YX} \neq r^{XY}$).

המדד לדמיון מרכיבים בין תהליכים i , כפי שמחושב ב(1), מקבל ערכים בין אפס לאחד. תרשימים זהים מבחינת המרכיבים יקבלו ערך 1. תרשימים זרים מבחינת המרכיבים יקבלו ערך 0. ע"פ הגדרה $i^{XY} = i^{YXq}$.

$$i^{XY} = \frac{e^{XY}}{e^{XY} + r^{XY} + r^{YX}} \quad (1)$$

השוואת קשרי מרכיבים בין תהליכים:

ההשוואה תמיד נעשית בין שני סוגי תרשימים. הקשר מוגדר על ידי המרכיבים בינם זורם התהליך ועל ידי כיוון הזרימה. כל הקשרים ממרכיב p למרכיב q נחשבים כזהים (ולהפך) אך קשר ממרכיב p למרכיב q שונה מקשר ממרכיב q למרכיב p .

עבור כל תרשים תהליך ניתן לרשום מטריצת H המתארת קשרים אלו:

יעד				
מרכיב C	מרכיב B	מרכיב A		
h_{AC}	h_{AB}	0	מרכיב A	מוצא
h_{BC}	0	h_{BA}	מרכיב B	
0	h_{CB}	h_{CA}	מרכיב C	

כאשר h_{pq} מוגדר, במקרה זה כסכום הסתברות המעבר מיעד p ליעד q . $h_{pp} \equiv 0$. (מאחר ובמחקר הנוכחי אין הנחה שלא מתבצעת "עבודה חוזרת" יש משמעות ל h_{pp} ולכן יש אפשרות שיהיה שונה מ-0).

C^{XY} , כפי שמחושב ב(2), הוגדר להיות סכום הקשרים המשוקלל המשותף לשני תהליכים (X ו-Y). הנדרשים לאותם המרכיבים:

$$C^{XY} = \sum_{p,q} \min\{h_{pq}^X, h_{pq}^Y\} \quad (2)$$

d^{XY} , כפי שמחושב ב(3), הוגדר כסכום כל ההפרשים המוחלטים בין הקשרים המשוקללים בין שני התהליכים:

$$d^{XY} = \sum_{p,q} |h_{pq}^X - h_{pq}^Y| \quad (3)$$

f^{XY} , כפי שמחושב ב(4), מוגדר כמדד לדמיון הקשרים בין שני התרשימים. במונה נספרים מספר הקשרים הדומים בין שני התהליכים ובמכנה יש את סך כל הקשרים הדומים והשונים בין שני התהליכים. לפיכך, כאשר ישנם יותר קשרים דומים מאשר קשרים שונים, נקבל מדד הגדול מ-50% וכאשר אין אף קשר דומה, נקבל מדד דמיון של 0%.

$$f^{XY} = \frac{C^{XY}}{C^{XY} + d^{XY}} \quad (4)$$

f^{XY} יהיה אפס אם התרשימים זרים ואחד עם התרשימים זהים לחלוטין. $0 \equiv f^{XY}$

מדד משוקלל לדמיון בין התרשימים, כפי שמחושב ב(5), נותן משקל זהה (1/2) באופן שרירותי, כך שמדד זה מחבר את אחוז הדמיון בין הקשרים לאחוז הדמיון במרכיבים של התרשימים X ו-Y.

$$S^{XY} = \frac{i^{XY} + f^{XY}}{2} \quad (5)$$

המדד s^{XY} , כפי שמחושב ב(5), יכול לקבל ערכים בין אפס לאחד. ככל שמדד s^{XY} יהיה קרוב יותר לאחד, נאמר שהתרשימים דומים יותר. ככל שמדד s^{XY} יהיה קרוב יותר לאפס נאמר שהתרשימים שונים יותר. $s^{XY}=1$ מראה על תרשימים זהים ו- $s^{XY}=0$ מתאר תהליכים זרים.

החסרון הבולט במדד זה הוא שהוא אינו רגיש להחלפת סדר האירועים, החשוב מאוד בהשוואות בין תרשימים. הסיבה לכך נעוצה בכך שהמדד משמש במאמר המקורי להשוואות בין מודלים מנטאליים של משתמשי מערכת. במחקר זה התרשימים נבנו על בסיס תרשים גנרי בודד שממנו יש רק גריעה של מרכיבים ולא שינויים מרחיקי לכת אחרים ולכן ניתן להשתמש במדד זה ללא חשש.

5.1.4 בדיקת השערת דמיון התרשימים

מאחר ובמחקר זה התרשימים לכל בתי החולים זהים וההבדלים מצויים רק בהסתברות שכל סוג חולה מבצע כל פעולה, נוכל להשתמש במדד f בלבד.

לאחר חישוב והכפלות מטריצות, התקבלה טבלה 6 המסכמת את החישובים.

טבלה 6 מטריצה f לבחינת דמיון בין התרשימים (באחוזים)

Table 6 Matrix f for analysis similarity between charts (percent)

5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	
FT	S	O	Int	Int_A	O	Int_S	S_O	Int_W	S_W	O_W	Int	S	O	Int	FT	S	O	Int	
78	63	48	68	70	58	79	57	51	47	52	65	61	52	67	75	61	57		1 Int
62	66	73	51	53	78	53	64	42	54	65	43	71	79	56	55	68		57	1 O
74	78	56	54	55	65	64	69	51	59	64	51	72	64	60	65		68	61	1 S
81	63	47	59	57	63	68	58	50	50	54	57	61	52	63		65	55	75	1 FT
68	55	47	79	71	48	65	54	55	45	48	66	62	57		63	60	56	67	2 Int
58	61	71	52	60	70	50	58	39	47	57	40	68		57	52	64	79	52	2 O
67	70	61	54	58	62	58	66	51	54	58	51		68	62	61	72	71	61	2 S
61	47	37	61	61	40	63	49	49	40	41		51	40	66	57	51	43	65	3 Int
58	61	48	43	43	61	49	78	44	77		41	58	57	48	54	64	65	52	3 O_W
54	56	37	39	38	51	44	84	50		77	40	54	47	45	50	59	54	47	3 S_W
58	45	36	47	49	38	50	53		50	44	49	51	39	55	50	51	42	51	3 Int_W
62	67	47	47	48	58	52		53	84	78	49	66	58	54	58	69	64	57	3 S_O
74	62	49	65	71	55		52	50	44	49	63	58	50	65	68	64	53	79	4 Int_S
64	63	62	45	49		55	58	38	51	61	40	62	70	48	63	65	78	58	4 O
64	49	52	73		49	71	48	49	38	43	61	58	60	71	57	55	53	70	4 Int_A
63	48	44		73	45	65	47	47	39	43	61	54	52	79	59	54	51	68	5 Int
52	61		44	52	62	49	47	36	37	48	37	61	71	47	47	56	73	48	5 O
67		61	48	49	63	62	67	45	56	61	47	70	61	55	63	78	66	63	5 S
	67	52	63	64	64	74	62	58	54	58	61	67	58	68	81	74	62	78	5 FT

בטבלה 6 מופיעים 5 בתי חולים הממוספרים מ-1" ועד 5". בכל בית חולים מוגדרים הסוגים השונים של החולים שזוהו. "Int" הנו חולה פנימי, "O" הנו חולה אורתופדי, "S" הנו חולה כירורגי ו"FT" מציין חולה פנימי במסלול מהיר. שילוב של שני סוגי חולים יופיע עם הסימן "—" בינם, "W" מציין חולה מתהלך ו-"A" מציין חולה קשה.

נראה שהתרשימים דומים ומקבלים תוצאות הנעות מטיב התאמה של 0.37 ועד לטיב התאמה של 0.84. הנתונים שהודגשו בטבלה הנם אלו שנמצאו מתאימים מעל 60% (בדומה ל Sinriech et al (2002).

המטריצה אלכסונית ולכן $f^{ij}=f^{ji}$

בכדי לקבל השוואה איכותית יותר המדגישה את הממוצע והקצוות כנקודות יחוס, ננרמל את הטבלה תוך שימוש ב(6) עבור כל איבר במטריצה. נרמול זה יביא לידי כך שהמדד הנמוך ביותר יקבל 0%, המדד הגבוה יקבל 100%. כל המדדים הנמוכים מהממוצע יקבלו פחות מ-50% וכל המדדים הגבוהים מהממוצע יקבלו ערכים גבוהים מ-50%, אך הדרוג של המדדים לא ישתנה.

$$\tilde{f}^{ij} = \left(\frac{f^{ij} - f_{\min}}{f_{\max} - f_{\min}} \right) \quad (6)$$

הנרמול מביא לידי כך שהנתון המינימאלי יקבל אפס אחוז והמקסימאלי 100. טבלה 7 מציגה את הערכים המנורמלים השונים. מאחר ומדד f הוא מדד דמיון יחסי ולא מוחלט, ממילא אין חשיבות למספר עצמו (אם אינו בקצוות), אלא יותר כמדד משווה.

טבלה 7 מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין התרשימים (באחוזים)

Table 7 Normal matrix ($\tilde{f}$) for analysis a similarity between charts (percent)

5 FT	5 S	5 O	5 Int	4 Int_A	4 O	4 Int_S	3 S_O	3 Int_W	3 S_W	3 O_W	3 Int	2 S	2 O	2 Int	1 FT	1 S	1 O	1 Int	
88	55	24	66	70	46	89	43	32	23	32	59	52	33	64	80	52	43		1 Int
53	62	77	32	36	86	35	59	12	37	60	14	74	89	40	40	66		43	1 O
79	89	42	37	39	61	58	68	31	47	58	31	74	59	49	61		66	52	1 S
94	56	23	48	43	57	67	45	28	29	37	44	51	32	56		61	40	80	1 FT
66	40	23	89	73	25	59	38	39	18	25	63	53	44		56	49	40	64	2 Int
46	51	72	32	50	71	30	45	6	23	43	9	67		44	32	59	89	33	2 O
64	71	51	37	45	55	46	62	32	38	45	31		67	53	51	74	74	52	2 S
52	23	1	53	51	7	57	27	27	9	10		31	9	63	44	31	14	59	3 Int
46	51	25	14	15	52	28	88	16	84		10	45	43	25	37	58	60	32	3 O_W
37	41	2	5	5	31	16	100	30		84	9	38	23	18	29	47	37	23	3 S_W
45	19	0	23	26	3	29	36		30	16	27	32	6	39	28	31	12	32	3 Int_W
54	64	22	23	24	46	34		36	100	88	27	62	45	38	45	68	59	43	3 S_O
79	54	27	61	72	39		34	29	16	28	57	46	30	59	67	58	35	89	4 Int_S
57	56	53	18	26		39	46	3	31	52	7	55	71	25	57	61	86	46	4 O
59	27	32	77		26	72	24	26	5	15	51	45	50	73	43	39	36	70	4 Int_A
55	25	16		77	18	61	23	23	5	14	53	37	32	89	48	37	32	66	5 Int
32	52		16	32	53	27	22	0	2	25	1	51	72	23	23	42	77	24	5 O
65		52	25	27	56	54	64	19	41	51	23	71	51	40	56	89	62	55	5 S
	65	32	55	59	57	79	54	45	37	46	52	64	46	66	94	79	53	88	5 FT

בטבלה זאת מודגשים כל האברים הגדולים מ-50. ממוצע $\tilde{f}$ של הטבלה : 45 אחוזים.

בכדי לבחון את טיב התאמה היחסי, נחלק את סוגי החולים השונים לטבלאות נפרדות כאשר בטבלה 8 יופיעו כל החולים הפנימיים לסוגיהם השונים, בטבלה 9 יופיעו כל החולים הכירורגיים לסוגיהם ובטבלה 10 יופיעו כל החולים האורתופדיים לסוגיהם השונים. מחלוקה זו נראה כי מצב הדמיון של כל טבלה הוא גבוה מהמצב הממוצע עבור הטבלה המשלבת את כל סוגי החולים יחד (57%, 58% ו-59% בהשוואה ל-45% בטבלה 7), מה שמצביע על העובדה שחולים, על אף שהתהליך אותו הם עוברים מתבצע בבתי חולים שונים, דומים זה לזה. טבלה 11 מציגה את הדמיון בין החולים הפנימיים (על סוגיהם השונים) לבין שאר החולים (אורתופדיים וכירורגיים). מצב הדמיון בטבלה 11 נמוך (26% בהשוואה ל-45%), מה שמצביע על העדר דמיון בין סוגי החולים השונים.

טבלה 8 מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים פנימיים (באחוזים)

Table 8 Normal matrix ($\tilde{f}$) for analysis a similarity between Internal patient charts (percent)

5 FT	5 _Int	4 Int_A	4 Int_S	3 Int_W	3 Int	2 Int	1 FT	1 Int	
88	66	70	89	32	59	64	80		1 Int
94	48	43	67	28	44	56		80	1 FT
66	89	73	59	39	63		56	64	2 Int
52	53	51	57	27		63	44	59	3 Int
45	23	26	29		27	39	28	32	3 Int_W
79	61	72		29	57	59	67	89	4 Int_S
59	77		72	26	51	73	43	70	4 Int_A
55		77	61	23	53	89	48	66	5 Int
	55	59	79	45	52	66	94	88	5 FT

ממוצע $\tilde{f}$ של הטבלה : 58 אחוזים.

טבלה 9 מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים כירורגיים (באחוזים)

Table 9 Normal matrix ($\tilde{f}$) for analysis a similarity between Surgical patient charts (percent)

5 S	4 Int_S	3 S_O	3 S_W	2 S	1 S	
89	58	68	47	74		1 S
71	46	62	38		74	2 S
41	16	100		38	47	3 S_W
64	34		100	62	68	3 S_O
54		34	16	46	58	4 Int_S
	54	64	41	71	89	5 S

ממוצע $\tilde{f}$ של הטבלה : 57 אחוזים.

טבלה 10 מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולים אורתופדיים (באחוזים)

Table 10 Normal matrix ($\tilde{f}$) for analysis a similarity between Orthopedic patient charts (percent)

5 O	4 O	3 S_O	3 O_W	2 O	1 O	
77	86	59	60	89		1 O
72	71	45	43		89	2 O
25	52	88		43	60	3 O_W
22	46		88	45	59	3 S_O
53		46	52	71	86	4 O
	53	22	25	72	77	5 O

ממוצע $\tilde{f}$ של הטבלה : 59 אחוזים.

טבלה 11 מטריצה f מנורמלת ($\tilde{f}$) לבחינת דמיון בין תרשימי חולה פנימי לשאר החולים (באחוזים)

Table 11 Normal matrix ($\tilde{f}$) for analysis a similarity between Internal patient and other (percent)

5 FT	5 Int	4 Int_A	4 Int_S	3 Int_W	3 Int	2 Int	1 FT	1 Int	
53	32	36	35	12	14	40	40	43	1 O
79	37	39	58	31	31	49	61	52	1 S
46	32	50	30	6	9	44	32	33	2 O
64	37	45	46	32	31	53	51	52	2 S
46	14	15	28	16	10	25	37	32	3 O_W
37	5	5	16	30	9	18	29	23	3 S_W
54	23	24	34	36	27	38	45	43	3 S_O
79	61	72		29	57	59	67	89	4 Int_S
57	18	26	39	3	7	25	57	46	4 O
32	16	32	27	0	1	23	23	24	5 O
65	25	27	54	19	23	40	56	55	5 S

ממוצע $\tilde{f}$ של הטבלה : 36 אחוזים.

5.1.5 בדיקת השערת דמיון התרשימים – קיבוץ לקבוצות (Clustering)

לאחר שנבנה מדד לדמיון בין כל שני תרשימי זרימה, נותר לחשב דמיון של יותר משני תרשימים באופן שיאפשר לנו לבחון אילו תרשימים דומים יותר אחד לשני מאשר אחרים.

אם מדד הדמיון היה בינארי (0 או 1) ניתן היה לפתור בעיה זו בקלות על ידי שיטות שפותחו במסגרת קביעת החלוקה בטכנולוגיית הקבוצות (GT) המקובלות בתעשייה. מאחר ומדד הדמיון בין כל שני תרשימי זרימה נותן ערך בין 0 ל-1, החלוקה תתבצע בצורה שונה.

Sato *et al.* (1997) מרכז מספר שיטות לפתרון בעיה של קיבוץ לקבוצות כאשר מדד הדמיון אינו בינארי. כאשר משלבים את השיטות המוצאות בספר עם שיטות הדמיון שפותחו על ידי Sinriech *et al.* (2002) מקבלים את הנוסחה הבא :

N – מספר הקבוצות המקסימאלי.

$\tilde{f}^{ij}$ – מדד הדמיון המנורמל בין תרשימים i ובין תרשימים j (טבלה 6).

p_{ik} , p_{jk} – אינדיקטור האם תרשימים i או j נמצאים בקבוצה k (פלט).

$$\max_j \sum_i \sum_{k=1}^N (\tilde{f}^{ij} * p_{ik} * p_{jk}) : \text{פונקציית המטרה}$$

מאחר ומספר התרשימים סופי ואינו גדול, הורצה תוכנית בשפת C אשר מחשבת את פונקציית

המטרה עבור מספר קבוצות (N) החל משתיים ועד ארבע. מאחר ויש כ- $\frac{N^{19}}{N!}$ אפשרויות, נשמרו

בזיכרון ודורגו רק 1000 התוצאות הטובות ביותר על פי מידת קרבתם לפתרון המקסימאלי (שמביא את פונקציית המטרה לערך הגבוה ביותר שלה). עבור כל פתרון חושב הממוצע מתוך

מטריצת מדד $\tilde{f}$ עבור כל קבוצה.

החלוקה לשתי קבוצות (N=2) הניבה את התוצאות הבאות :

תרשים	1 Int	1 O	1 S	1 FT	2 Int	2 O	2 S	2 Int	3 O_W	3 S_W	3 Int_W	3 S_O	4 Int_S	4 O	4 Int_A	5 Int	5 O	5 S	5 FT
קבוצה	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1

ממוצע $\tilde{f}$ של 2 הקבוצות 57.5 אחוז (1 – 57.9%, 2 – 57.1%)

קבוצה 1/2	1 Int	1 FT	2 Int	3 Int	3 Int_W	4 Int_S	4 Int_A	5 Int	5 FT
1 Int		80	64	59	32	89	70	66	88
1 FT	80		56	44	28	67	43	48	94
2 Int	64	56		63	39	59	73	89	66
3 Int	59	44	63		27	57	51	53	52
3 Int_W	32	28	39	27		29	26	23	45
4 Int_S	89	67	59	57	29		72	61	79
4 Int_A	70	43	73	51	26	72		77	59
5 Int	66	48	89	53	23	61	77		55
5 FT	88	94	66	52	45	79	59	55	

קבוצה 2/2	1 O	1 S	2 O	2 S	3 O_W	3 S_W	4 O	5 O	5 S
1 O		66	89	74	60	37	86	77	62
1 S	66		59	74	58	47	61	42	89
2 O	89	59		67	43	23	71	72	51
2 S	74	74	67		45	38	55	51	71
3 O_W	60	58	43	45		84	52	25	51
3 S_W	37	47	23	38	84		100	2	41
3 S_O	59	74	45	62	88	100		22	64
4 O	86	61	71	55	52	31	46		56
5 O	77	42	72	51	25	2	53		52
5 S	62	89	51	71	51	41	64	52	

חלוקה זו מעניינת משום שהיא מפרידה בין החולים הפנימיים לשאר סוגי החולים. דבר זה מראה שהדמיון של התרשימים של החולים הפנימיים בולט.

חלוקה עבור שלוש קבוצות (N=3) (דרוג 17):

תרשים	1 Int	1 O	1 S	1 FT	2 Int	2 O	2 S	3 Int	3 O_W	3 S_W	3 Int_W	3 S_O	4 Int_S	4 O	4 Int_A	5 Int	5 O	5 S	5 FT
קבוצה	1	2	3	1	1	2	3	1	3	3	3	3	1	2	1	1	3	2	1

ממוצע $\tilde{f}$ של 3 הקבוצות בפתרון זה הוא 62.3 אחוז (1 – 65.5%, 2 – 74.6%, 3 – 54.4%). ערך זה יש להשוות אל מול התוצאה של מדד $\tilde{f}$ לפתרון מס' 1: 64.8%.

בכדי להסביר מדוע לא נבחרו הפתרונות 1-16 צריך להבין שלא כל הפתרונות המוצעים הם ישימים. פתרון שלא מביא לחלוקה ברורה (לפי בתי חולים /סוגי חולים או שילוב בין השניים), לא ניתן ליישום ולכן חסר תועלת (פתרון 1-16 מובאים בנספח 9). לפיכך הועדף הפתרון ה-17 בדוּגוּ

מתוך כ- $\frac{3^{19}}{3!}$ הפתרונות האפשריים, כתוצאה מכך ירד הדמיון רק ב-2.5% , אך התקבלה תוצאת

חלוקה הגיונית בה החולים הפנימיים מסווגים לקבוצה אחת, החולים האורתופדיים לקבוצה שנייה והחולים הכירורגיים לקבוצה שלישית.

5 FT	5 Int	4 Int_A	4 Int_S	3 Int	2 Int	1 FT	1 Int	קבוצה 1/3
88	66	70	89	59	64	80		1 Int
94	48	43	67	44	56		80	1 FT
66	89	73	59	63		56	64	2 Int
52	53	51	57		63	44	59	3 Int
79	61	72		57	59	67	89	4 Int S
59	77		72	51	73	43	70	4 Int A
55		77	61	53	89	48	66	5 Int
	55	59	79	52	66	94	88	5 FT

5 O	4 O	2 O	1 O	קבוצה 2/3
77	86	89		1 O
72	71		89	2 O
53		71	86	4 O
	53	72	77	5 O

5 S	3 S_O	3 Int_W	3 S_W	3 O_W	2 S	1 S	קבוצה 3/3
89	68	31	47	58	74		1 S
71	62	32	38	45		74	2 S
51	88	16	84		45	58	3 O_W
41	100	30		84	38	47	3 S_W
19	36		30	16	32	31	3 Int_W
64		36	100	88	62	68	3 S_O
	64	19	41	51	71	89	5 S

חלוקה עבור N=4 קבוצות (דרוג 76) :

5 FT	5 S	5 O	5 Int	4 Int_A	4 O	4 Int_S	3 S_O	3 Int_W	3 S_W	3 O_W	3 Int	2 S	2 O	2 Int	1 FT	1 S	1 O	1 Int	תרשים קבוצה
4	3	2	1	1	2	1	3	4	3	3	1	3	2	1	4	3	2	1	

ממוצע $\tilde{f}$ של 4 הקבוצות בפתרון זה הוא 66.6 אחוז (1-66.9%, 2-74.6%, 3-65.4%, 4-55.8%).

ערך זה יש להשוות אל מול התוצאה של מדד $\tilde{f}$ לפתרון מס' 1 : 68.3%.

במקרה זה הועדף הפתרון ה-76 בדרוגו מתוך $\frac{4^{19}}{4!}$ הפתרונות האפשריים. כתוצאה מכך ירד

הדמיון בכ-1.7%, אך התקבלה תוצאת חלוקה הגיונית. חלוקה זו ממשיכה את החלוקה הקודמת ואף מדגישה את ההבדל בין חולים פנימיים לבין החולים הפנימיים ה"קלים" המיועדים למסלול המהיר או למתהלכים. בחלוקה זו כל החולים הפנימיים מסווגים לקבוצה אחת, כל החולים האורתופדיים לקבוצה שניה, הכירורגיים לקבוצה שלישית והחולים במסלול המהיר והפנימיים המתהלכים בקבוצה רביעית.

קבוצה ¼	1 Int	2 Int	3 Int	4 Int_S	4 Int_A	5 Int
1 Int		64	59	89	70	66
2 Int	64		63	59	73	89
3 Int	59	63		57	51	53
4 Int_S	89	59	57		72	61
4 Int_A	70	73	51	72		77
5 Int	66	89	53	61	77	

קבוצה 2/4	1 O	2 O	4 O	5 O
1 O		89	86	77
2 O	89		71	72
4 O	86	71		53
5 O	77	72	53	

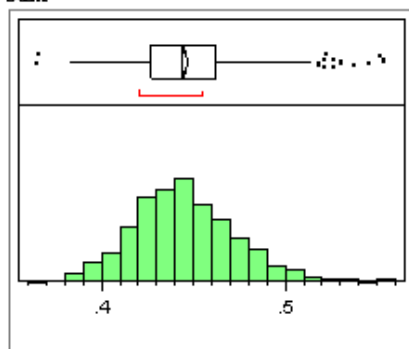
קבוצה ¾	1 S	2 S	3 O_W	3 S_W	3 S_O	5 S
1 S		74	58	47	68	89
2 S	74		45	38	62	71
3 O_W	58	45		84	88	51
3 S_W	47	38	84		100	41
3 S_O	68	62	88	100		64
5 S	89	71	51	41	64	

קבוצה 4/4	1 FT	3 Int_W	5 FT
1 FT		28	94
3 Int_W	28		45
5 FT	94	45	

דרך נוספת להראות שחלוקה מסוג זה טובה מחלוקה אקראית היא כדלהלן: הוגרלו 1000 פתרונות אפשריים לחלוקה לארבע קבוצות שוות (לכל תרשים ניתנה אפשרות שווה להיות בכל קבוצה מ-1 ועד 4). עבור כל חלוקה חושב ממוצע הדמיון. תוצאות שכיחות הממוצע מוצגות בבלט ה-JMP²⁷ באיור 3 נראה כי התוצאה הטובה ביותר שהושגה הייתה 0.55414 (55.4%) לעומת ממוצע של 66.6% בחלופה שנבחרה בדוגמא הקודמת.

ניסוי נוסף נתן הסתברות שונה לתרשימים להשתייך לאחת מארבעת הקבוצות. גם במקרה זה, המוצג באיור 4, התוצאה הטובה ביותר שהושגה הייתה ממוצע של 0.56070 (56%) לעומת ממוצע של 66.6% בחלופה שנבחרה בדוגמא הקודמת.

Distributions
Even share (0.25,0.25,0.25,0.25)
sum



Quantiles

100.0%	maximum	0.55414
99.5%		0.53828
97.5%		0.50480
90.0%		0.48238
75.0%	quartile	0.46189
50.0%	median	0.44393
25.0%	quartile	0.42623
10.0%		0.41204
2.5%		0.39303
0.5%		0.38315
0.0%	minimum	0.36543

Moments

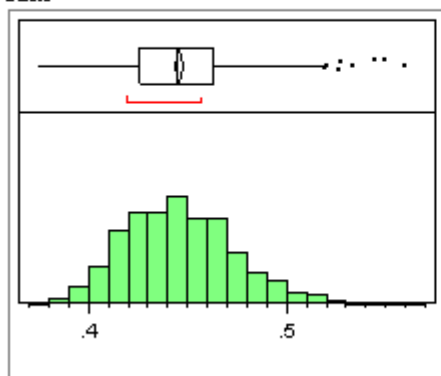
Mean	0.4453506
Std Dev	0.0280878
Std Err Mean	0.0008882
upper 95% Mean	0.4470936
lower 95% Mean	0.4436077
N	1000

איור 3 התפלגות אקראית של חלוקה ל-4 קבוצות שוות.

Figure3 Random distribution for 4 equal groups

בהנחה שההתפלגות נורמלית, ניתן לחשב את ההסתברות שנקבל את התוצאה שבחרנו (66.6%) או יותר. התשובה המתקבלת הנה $P\text{-Value}=1.07692E-14$ (ההסתברות לארוע גדול מ-66.6%), ולכן נוכל לומר שהפתרון, שהתקבל בחלוקה שביצענו, בהחלט לא אקראי.

Distributions
Rank 78 share (0.315789, 0.210526, 0.315789, 0.157895)
sum



Quantiles

100.0%	maximum	0.56070
99.5%		0.52783
97.5%		0.50739
90.0%		0.48295
75.0%	quartile	0.46292
50.0%	median	0.44461
25.0%	quartile	0.42532
10.0%		0.41219
2.5%		0.39954
0.5%		0.38662
0.0%	minimum	0.37408

Moments

Mean	0.4458619
Std Dev	0.0274635
Std Err Mean	0.0008685
upper 95% Mean	0.4475661
lower 95% Mean	0.4441577
N	1000

איור 4 – התפלגות חלוקה ל-4 קבוצות בהסתברות של דרוג נבחר.

Figure4 Chosen distribution for 4 groups

בהנחה שההתפלגות נורמלית, ניתן לחשב את גם ההסתברות שנקבל את התוצאה שבחרנו (66.6%) או יותר כאשר יחס הקבוצות אינו שווה, אלא דומה לפתרון המוצע. התשובה המתקבלת הנה $P\text{-Value}=3.21965E-15$ (ההסתברות לארוע גדול מ-66.6%), ולכן נוכל לומר שהפתרון, שהתקבל בחלוקה שבצענו, בהחלט לא אקראי.

5.2 זמני הפעילויות במודל

הנחת העבודה על זמני הפעילות במודל היא שקיימים תהליכים בסיסיים דומים בבתי החולים השונים, כך שבשינוי פרמטרים הקשורים לזמנים בתוך התהליך עצמו, ניתן להתאים מודל בסיסי אחד לכל מלר"ד.

חקר המצב הקיים כולל בנוסף לתרשימי התהליך גם חקר זמן לפעולות השונות. בצורה זו ניתן לבחון את ההבדל והדמיון בין התרשימים השונים גם לפי הנוסחאות הידועות של חקר זמנים.

5.2.1 שיטה - הגדרות

בשלב התצפיות נאספו ועובדו זמני הפעילות עבור כל תרשים תהליך²:

n_{phi} מספר התצפיות שפעולה i נראתה בבית חולים h ולסוג חולה p .

t_{phij} זמן מדידה j של פעולה i בבית חולים h ולסוג חולה p .

$I...i...N^i$ – אינדקס של הפעולות בתרשים התהליך.

$I...j...n_{phi}$ – אינדקס של מדידה של כל פעולה בתרשים התהליך.

$I...h...N^h$ – אינדקס של בתי החולים.

$I...p...N^p$ – אינדקס של סוגי החולים.

העיבוד נעשה בטבלאות Excel תוך שימוש בטבלאות ציר. ניתוח סטטיסטי להוצאות חריגים נעשה באמצעות תוכנת JMP²⁷ שיעילותה הוכחה כעדיפה על פני כל שיטה אחרת.

אופן חישוב טבלאות הציר:

ממוצע זמן פעולה i בבית חולים h ולסוג חולה p :

$$\bar{t}_{phi} = \frac{\sum_j t_{phij}}{n_{phi}} \quad (7)$$

ממוצע זמן פעולה i לסוג חולה p :

$$\bar{t}_{pi} = \frac{\sum_h \sum_j t_{phij}}{\sum_h n_{phi}} \quad (8)$$

סטיית התקן של זמן פעולה i בבית חולים h ולסוג חולה p :

² אוסף הפעולות i עבור כל בית חולים h וסוג חולה p , בשילוב עם ממוצע זמני הטיפול, מגדיר את התרשימים השונים.

$$S_{phi} = \frac{\sqrt{\sum_j (t_{phij} - \bar{t}_{phi})^2}}{n_{phi}} \quad (9)$$

סטיית התקן של זמן פעולה i לסוג חולה p :

$$S_{pi} = \frac{\sqrt{\sum_h \sum_j (t_{phij} - \bar{t}_{pi})^2}}{\sum_h n_{phi}} \quad (10)$$

5.2.2 מדדים לבחינת הדמיון

ישנם שני מדדים שונים, המבוססים על ניתוח סטטיסטי, העומדים לרשותנו בעת בחינה של דמיון זמן הפעולות השונות בין התרשימים השונים. המדדים הנם מדדים ידועים מתחום חקר העבודה.

5.2.2.1 קביעת אי דיוק

קביעת אי דיוק (עבור כל פעילות) נדרשת על מנת על מנת לקבוע האם החקר, עבור כל פעילות, אכן עומד בדרישות הדיוק. אי הדיוק מוגדר כסטייה של התוחלת מהממוצע (האמד לתוחלת) באחוזים. לפיכך אי דיוק נמוך הוא המטרה הנדרשת. כאשר מוסיפים קבוצת איברים זרה, לקבוצה הנמדדת, ואי הדיוק קטן, משמע ששימוש בממוצע החדש שנוצר (המשותף גם לקבוצה המקורית וגם לקבוצת האיברים החדשה) עדיף על פני שמוש בממוצע שונה לשתי הקבוצות.

α – רמת אמינות נדרשת (מקובל לדרוש 0.05).

Z – מידת הסתברות נדרשת בחישוב הממוצע המבוטא במספר סטיות התקן (הנחת התפלגות ממוצע נורמאלית).

d_{phi} – מידת אי הדיוק בחישוב הממוצע עבור הפעילות i לבית חולים h עבור סוג חולה p (דיוק של עד 0.1 נחשב לדיוק סביר בחקר זמנים):

$$d_{phi} = \frac{Z(1-\alpha/2)^* s_{phi}}{\sqrt{N_{phi}} * \bar{t}_{phi}} \quad (11)$$

d_{pi} – מידת אי הדיוק בחישוב הממוצע עבור הפעילות i עבור סוג חולה p :

$$d_{pi} = \frac{Z(1-\alpha/2)^* s_{pi}}{\sqrt{N_{phi}} * \bar{t}_{pi}} \quad (12)$$

5.2.2.2 קביעת אי דיוק משוכלל

בכדי לבחון את אי הדיוק של תרשים תהליך (מבחינת זמן התקן שלו) יש לבצע שקלול של אי הדיוקים הללו בהתחשבות משקל כל פעולה. משקל כל פעולה הוא תרומת הפעולה ל"זמן הכולל התקני".

תרומת פעולה i בבית חולים h ולסוג חולה p ל"זמן הכולל התקני":

$$\tilde{t}_{phi} = \frac{\bar{t}_{phi} * n_{phi}}{\tilde{n}_{ph}} \quad (13)$$

תרומת פעולה i מסוג חולה p ל"זמן הכולל התקני":

$$\tilde{t}_{pi} = \frac{\bar{t}_{pi} * n_{pi}}{\tilde{n}_p} \quad (14)$$

משקל הפעולה ביחס ל"זמן הכולל התקני":

$$w_{phi} = \frac{\tilde{t}_{phi}}{\sum_i \tilde{t}_{phi}} \quad (15)$$

$$w_{pi} = \frac{\tilde{t}_{pi}}{\sum_i \tilde{t}_{pi}} \quad (16)$$

אי דיוק עבור סוג חולה p ובית חולים h (סה"כ למחזור בטבלה 13):

$$d_{ph} = \sum_i d_{phi} * w_{phi} \quad (17)$$

אי דיוק עבור סוג חולה p בלי קשר לבית חולים h (סה"כ למחזור ב):

$$d_p = \sum_i d_{pi} * w_{pi} \quad (18)$$

$\tilde{n}_{ph}$ - מספר הפעילויות המקסימליות שנצפו עבור הפעולות החוזרות פעם אחת בלבד במחזור (לדוגמא בדיקת אחות – אנמנזיה, אק"ג או הסבר לחולה ומשפחתו).

5.2.2.3 בחינה סטטיסטית (השפעה של משתנים)

ישנן מספר שיטות סטטיסטיות על מנת לבדוק האם ממוצעים זהים או שונים :

✓ One-way Anova – בוחן מובהקות ההשפעה של פרמטר מסוים על ממוצע התוצאה.

✓ מודל – בחינת מובהקות השפעת מספר פרמטרים ו/או האינטראקציה שלהם על ממוצע התוצאה.

לדוגמא, מודל הבוחן השפעה של בית החולים ושל סוג החולה על זמן הפעולה.

מאחר וישנם נתונים רבים אך אי דיוק המדידה גבוה (אפיצות של 0.5 דקות), לא ניתן להשתמש במדד רגיש זה.

5.2.3 בדיקת השערת דמיון זמני הפעילויות

בכדי לאמוד את אי הדיוק של כל פעולה ואת אי הדיוק המשוכלל של כל קבוצת תהליכים, נלקחו הנתונים וחושבו סטיות התקן, הממוצעים ומספר התצפיות בטבלאות ציר ב-Excel וכן חושבו אי הדיוקים ורוכזו בטבלאות הבאות. נבדקו רק הפעילויות שהם פעולות ממש³ (ולא המתנות) התלויות בצוות המלר"ד. ריכוז אי הדיוק מתואר בטבלה 12.

טבלה 12 אי דיוק עבור כל סוג חולה ועבור ממוצע כולל

Table 12 Accuracy for every patient type and for overall average

טריאז-FT	אורתופדי	כירורגי	פנימי	תאור
3.2	8.9	5.7	3.6	בדיקה ואנמנזיה
9.7	16.0	11.3	3.6	בדיקת אק"ג
15.6	11.1	12.6	5.5	טיפול אחות
50.1	43.0	47.5	10.1	מעקב אחות
43.2	29.1	30.7	16.5	הדרכה שחרור
10.2	4.4	6.3	4.6	בדיקה 1 + דמים
30.2	8.0	11.4	6.7	בדיקה 2 או 3
	26.0	27.8	5.9	מעקב רופא
15.0	19.3	13.0	11.0	החלטת שחרור רופא
18.4	9.3	15.9	6.5	הסבר למשפחה
49.9	15.4	12.9	11.3	טיפול רופא
7.6	8.1	9.4	5.2	סה"כ למחזור

כל הנתונים המודגשים הנם בתחום של אי דיוק של 10%. ניתן לראות שכל סוג החולים העיקריים מקבלים ערכים של אי דיוק סביר.

בכדי להראות שישנה עדיפות באיחוד לפי סוג החולה, על פני תצפיות ממושכות בבתי החולים, חושב אי הדיוק גם עבור כל תרשים תהליך בודד. טבלה 13 מדגימה את התוצאות וממחישה שצרוף על פי סוג חולה משפר את אי הדיוק לעומת הדיוק המושג על יד תצפיות בבית חולים מסויים.

³ במהלך הראיונות הוברר כי נתוני ההדמיה נאספים תדיר על ידי כל בתי החולים ולכן אין מוטיבציה לבחון דמיון בין בתי החולים. למען ההתרשמות הם הושמו בנספח 7.

טבלה 13 אי דיוק עבור חולה אורתופדי בכל בית חולים ועבור ממוצע של חולה אורתופדי
 Table 13 Accuracy for orthopedic patient type in every ED and for average orthopedic patient

ממוצע אורתופדי	בי"ח 5	בי"ח 4	בי"ח 3	בי"ח 2	בי"ח 1	תאור
8.9	18.4		11.8	15.0	37.4	בדיקה ואנמנזיה
16.0	50.4		8.8	47.5	23.5	בדיקת אק"ג
11.1	12.6		22.6	20.7	19.3	טיפול אחות
43.0	94.0		47.5	0.0		מעקב אחות
29.1	41.1		0.0			הדרכה שחרור
4.4	8.0	14.5	7.2	12.5	11.8	בדיקה 1 + דמים
8.0	14.6		11.2	16.6	27.0	בדיקה 2 או 3
26.0					32.9	מעקב רופא
19.3	16.4	46.1		131.6	20.2	החלטת שחרור רופא
9.3	20.6	24.6	20.7	12.3	18.6	הסבר למשפחה
15.4	34.0	21.7	11.5	37.9	18.2	טיפול רופא
8.1	14.0	18.3	10.5	18.2	17.3	סה"כ למחזור

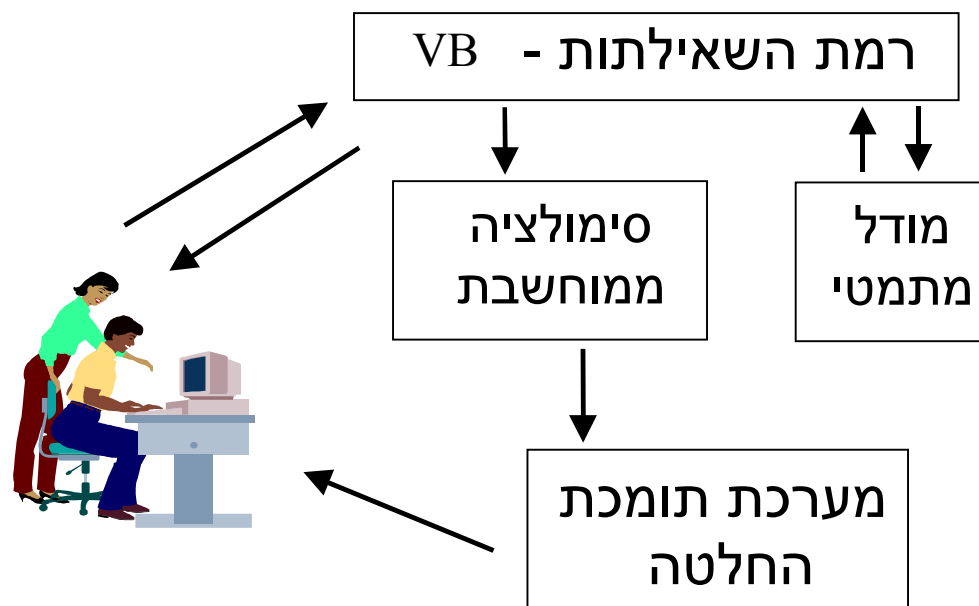
נראה כי למעט אי הדיוק של פעילות אק"ג (אשר בית חולים "3" עושה באמצעות כח עזר מיוחד),
 נראה כי יש שיפור משמעותי באי הדיוק של כל פעולה וכן באי הדיוק הכולל.
 בנספח 5 מצורפים הממוצעים של הפעולות השונות וכן חישובים נוספים עבור כל סוג חולה ולכל
 בית חולים.

6 מבנה מערכת הסימולציה

מבנה מודל הסימולציה הנו גורם חשוב המשפיע על יכולות המערכת בעתיד. גמישות הסימולציה מחויבת המציאות לאור העובדה שהכלי נדרש להיות מותאם לכל מלר"ד. אוכלוסיית היעד של הכלי דורשת שקיפות מועטה למורכבות הטכנולוגית ותמיכה מוגברת בהחלטות המשתמש. המערכת נדרשת לכלול את הרכיבים הבאים:

- ✓ תוכנה – עבור פיתוח והרצה של מודל הסימולציה הממוחשבת (כתוב בשפת ARENA).
- ✓ תוכנה – עבור ממשק המשתמש (כתוב ב-Visual Basic) וחיבור בין התוכנות השונות.
- ✓ תוכנה – עבור הצגה של פלטי הסימולציה (כתוב על פלטפורמה של Excel).
- ✓ מסד נתונים וידע (כתוב על פלטפורמה של Access).
- ✓ חומרה.

השילוב בין הרכיבים והאינטראקציה ביניהם מופיעים באיור 5 המתאר את מרכיבי מערכת הסימולציה.



איור 5 – מבנה מערכת הסימולציה
Figure5 The simulation structure

6.1 מודל הסימולציה הממוחשבת

6.1.1 תוכנה

מבחינת המשתמש, הסימולציה אינה כוללת תכנות כלל. המשתמש פוגש מסכים שונים בהם הוא נדרש לקבל החלטות או להקליד נתונים. לפיכך הסימולציה הממוחשבת אינה נגישה לו ישירות והיא פועלת במסווה של תוכנת החלונות המוכרת.

נבחנו מספר חלופות לשילוב תוכנה במודל :

✓ תוכנות סימולציה ייעודית (סימולציות למערכת רפואית) הן מצומצמות מדי ולא נותנות גמישות מספקת. (1994) McGuire השתמש בתוכנת מדף כזו (MedModel) על מנת לצוות את כוח האדם במשמרות השונות וכן לבחון שיטות הפעלה שונות על מנת להפחית זמן שהייה של חולים במלר"ד של בית חולים SunHealth Alliance.

✓ תוכנה MedModel הורדה מרשת האינטרנט על מנת לבחון את מידת הטעמתה לצרכינו. נמצא כי על מנת להפעילה דרושה הכשרה בתכנות בסימולציה ולכן לא מתאימה לשימוש בידי צוות רפואי אשר לא קיבל הכשרה מסוג זה. התוכנה מאפשרת שימוש במודולים ידועים במלר"ד ובכך היא מקלה על המשתמש, אך היא מופשטת מדי ולא מאפשרת הכנסת פרמטרים שהתקבלו מהמחקר.

✓ תכנות סימולציה בשפת תכנות כללית לא נלקחה בחשבון בשל עלויות (זמן וכסף) הכבדות הנדרשות לשם יצירת המערכת. (1990) Bregman ציין כי שיטה זו היא הגמישה ביותר, המאפשרת את מירב ההתאמות הנדרשות, אך היא נמצאה פחות כדאית כשמחשיבים גורמים נוספים כגון עלויות פיתוח.

✓ שימוש בתוכנת סימולציה נמצאה הכדאית ביותר. תוכנת ARENA היא תוכנה הנמצאת בשימוש נרחב ונלמדת בטכניון. ARENA 5.0 נמצאה מתאימה במיוחד בשל היכולת שלה לקבל קבצים הבנויים מטבלאות Access וליצור מהם תוכנית ברת ריצה. סיכום כל הנתונים הסטטיסטיים בסוף כל הרצה נכתבים בטבלאות Access, וניתן לבצע עליהם כל עיבוד הנדרש על ידי המשתמש. גישה לטבלאות Access הנה נוחה ביותר כשמדובר בתכנות Visual Basic. כך ניתן לארגן מעטפת למשתמש, הנוחה לתפעול וגמישה די הצורך על פי הפרמטרים שנבחנו, כך שלא יצטרך לפגוש בתוכנת הסימולציה במהלך ההרצה, אלא רק במסכים פשוטים של חלונות (Windows) הדורשים מיומנות בסיסית ביותר (שכל משתמש במחשב ביתי נדרש לה). בנוסף כל מודל מתמטי, שנדרש לביצוע החישובים, נוח לשילוב דרך התוכנה.

מסיבות אלו נבחרה ליישום החלופה האחרונה. החסרון הבולט בחלופה זו היא שבמידה ויידרש שינוי בתהליכי העבודה או כל שינוי אחר, יהיה צורך להשתמש בתוכנת ARENA 5.0 ובתוכנת Visual Basic באמצעות בעלי ניסיון בתכנות. לכן תוכנה מערכת מקיפה מספיק שתתאים גם למקרי קצה.

מאחר והשימוש בשיטה זו אינו נפוץ, על פי אנשי תמיכת המערכת בארץ, נדרשה עבודה מאומצת על מנת לגלות את מלוא הפוטנציאל הגלום בשיטה וכל מלר"ד נוסף שנבחן הוסיף נדבך לתוכנה זו.

6.1.2 חומרה

הפער בין צורכי המחשוב ויכולת המחשוב הקיים במחשבים החזקים ביותר העומדים לרשות המשתמש הנו נושא המאלץ סימולציות נרחבות להתפשר, כמו שקרה במחקר של (1990) Bregman. הרצה של מספר תוכנות בו זמנית, כמו בעת הרצת הכלי, מגביר בצורה משמעותית את העומס על המחשב. למרבה המזל, יכולת המחשוב השתפרה במהלך השנים האחרונות, אך עדיין מהווה גורם שצריך לקחת בחשבון.

נוסו שתי קונפיגורציות על מחשב פנטיום 4 בעל זיכרון של 256Mb ומהירות עיבוד של 1.8G :

✓ Win98 – משך הפעלה של כשעתיים.

✓ Win2000pro – משך הפעלה של כחצי שעה.

תהליך העבודה על הסימולציה הוא תהליך אינטראקטיבי ולכן לא מתקבל על הדעת להמתין זמן רב בכל פעם לשם קבלת תוצאות הרצה, רק בכדי להיווכח שנידרש שינוי נוסף. לכן רצוי להעדיף את הקונפיגורציה השנייה (או טובה ממנה עם וכאשר תהיה זמינה). בכל מקרה עדיף להשתמש במערכת הפעלה המיועדת לתכנות ולא למערכת הפעלה ביתית אשר מעדיפה ביצועים גרפים משופרים על יעילות.

בעתיד, כשהמחשבים יהיו מהירים באופן ניכר, ניתן יהיה לצפות לפעולה מהירה עוד יותר.

6.2 הגדרת מודלי הסימולציה (מלר"ד)

בניית המודל התבססה על מספר גורמים :

סקר ספרות – מאמרים ופרסומים ועבודות העוסקות בסימולציות של מלר"דים והמערכות התומכות שלהם בארץ ובעולם. כן שימוש בעבודות הנוגעות למודלי הפעלת המלר"ד.

ראיונות עם הצוות הרפואי והרכבת מודל זרימת החולים והתפעול השוטף במלר"ד.

תצפיות בחמישה מלר"דים שונים על זרימת החולים, תנועת הצוות וזמינות המערכות התומכות (הדמיה, מעבדות וסניטרים) ואיסוף נתונים.

מודל הסימולציה מורכב ממספר תת מודלים שיפורטו להלן.

6.2.1 חדרי המלר"ד

כלי הסימולציה מאפשר שימוש של עד 7 חדרים שונים. משמעות המושג חדר יכול להשתנות. ניתן להשתמש במושג כחדר פיזי, או על מנת להפריד בין שני תת סוגים של חולים הנמצאים באותו החדר. עבור כל חדר יש מערכת של משאבים ואיסוף סטטיסטי נפרד.

השמות האפשריים לחדרים הם פונקציה של מודל ההפעלה של המלר"ד, לדוגמא לא יתכן חדר בשם FT כאשר מודל ההפעלה הוא ללא מסלול מהיר. האפשרויות השונות מוגדרות בטבלה הבאה.

טבלה 14 שמות החדרים האפשריים

Table 14 Possible room names

מודל ההפעלה	רופא מקצוע	מקצועי ומסלול מהיר	רופא מלר"ד	מלר"ד ומסלול מהיר
חדר 1	פנימי חדר1	פנימי חדר1	אמבולטורי חדר1	אמבולטורי חדר1
חדר 2	כירורגי חדר2	כירורגי חדר2	שוכבים חדר2	שוכבים חדר2
חדר 3	אורטופדי חדר3	אורטופדי חדר3	אמבולטורי חדר3	אמבולטורי חדר3
חדר 4	פנימי חדר4	פנימי חדר4	שוכבים חדר4	שוכבים חדר4
חדר 5	כירורגי חדר5	כירורגי חדר5	אמבולטורי חדר5	אמבולטורי חדר5
חדר 6	אורטופדי חדר6	אורטופדי חדר6	שוכבים חדר6	שוכבים חדר6
חדר 7	-	FT	-	FT

גם מערכת המשאבים האפשרית (צוות רפואי) משתנה לפי מודל ההפעלה. הפעם החלוקה היא רק לפי סטטוס הכשרת הרופא.

טבלה 15 סוגי הצוות האפשריים לפי מודל ההפעלה
Table 15 Possible staff types by operating process

לפי רופא מיון	לפי רופא מקצועי	
Acute DR	IntNurse1	IntDR1
Acute Nurse	SurgNurse2	SurgDR2
Ambulatory DR	OrthoNurse3	OrthoDR3
Ambulatory Nurse	IntNurse4	IntDR4
-	SurgNurse5	SurgDR5
-	OrthoNurse6	OrthoDR6
-	TriageNurse	-

איסוף הנתונים המופרד מתבטא בכמות המיטות התפוסות בכל חדר.

6.2.2 חולים

הסימולציה מאפשר להגדיר עד 7 סוגים שונים של חולים (Type1 ... Type7). עבור כל סוג חולה יש תהליך זרימה שונה ואיסוף נתונים מובדל. לכל סוג חולה ניתן לבחור חדר שונה או דומה לחולים אחרים. ניתן לבחור את המשאבים המטפלים בכל סוג חולה וכן את סוג הרנטגן הזמין לחולה זה.

מטרת ההפרדה הנה גמישות מרבית. חולה יכול להיות מאופיין, לדוגמא, כחולה פנימי – מתהלך וחולה פנימי – שוכב. שני סוגי החולים, למרות ששניהם פנימיים ומטופלים באותו החדר, מקבלים טיפול בזמנים שונים, ועוברים מתהליך אחד למשנהו בהסתברות שונה ואף מקבלים שירות ממשאבים שונים. לכן איסוף הנתונים יתבצע לכל סוג חולה בנפרד (כך אפשר יהיה לראות זמן שהייה שונה לכל סוג), אך ניתן יהיה לראות את העומס על החדר המשותף בו הם נמצאים (מבחינת עומס מיטות).

6.2.3 מערכת ההדמיה

לקוחות מודל ההדמיה הנן החולים מהמלר"ד הנכנסים למודל זה כאשר הם מופנים לבדיקת רנטגן, CT או אולטראסאונד, וחולים אחרים מבית החולים. כמו כן, מופע החולים החיצוניים גם כן מגיעים למחלקה זו ותופסים משאבים ומעכבים בכך את חולים המלר"ד. מאופיין על ידי קלט נפרד המציין את זרימת החולים מבית החולים (שאינן מהמלר"ד) המגיעים להדמיה. בנוסף ניתן גם לבחור את מספר הטכנאים/חדרים המטפלים בלקוחות המערכת.

גם למערכת זו יש איסוף נתונים סטטיסטי משל עצמה, וניתן לראות את זמני השהייה בהדמיה לכל סוג חולה בנפרד.

6.2.4 הצוות הרפואי

על פי מחקרים קודמים הצוות הוא גורם משפיע באופן בולט על משך שהיית חולים במלר"ד. הצוות מובחן לפי סוג החולה, משמע שלכל חולה במערכת מוגדר צוות הכולל סוג רופא אחד וסוג אחות אחת המלווים את החולה בכל התהליך שלו, למעט אפשרות לצוות אחות טריאז אשר יכולה להיות שונה מהאחות המלווה העיקרית.

לצוות הרפואי יש מערכת איסוף מידע נפרדת. בכדי שניתן יהיה להבדיל בין בעלי תפקיד דומה אשר עובדים במקומות נפרדים, איסוף הנתונים מבוצע עבור כל סוג רופא או אחות ובנוסף יש חלוקה משנית על פי מספור. לדוגמא, אם יש שני חדרים לחולים פנימיים ויש חלוקה קשיחה של רופאים לחדרים, ניתן לקרוא לרופא בחדר אחד "רופא פנימי 1" ובחדר השני "רופא פנימי 2". זה לא סותר את העובדה שניתן, בו זמנית, לצוות מאגר (Pool) של אחיות לשני החדרים ולקרוא לכולם "אחות פנימית", בעל קיבולת הגדולה מ-1.

6.3 ממשקי משתמש

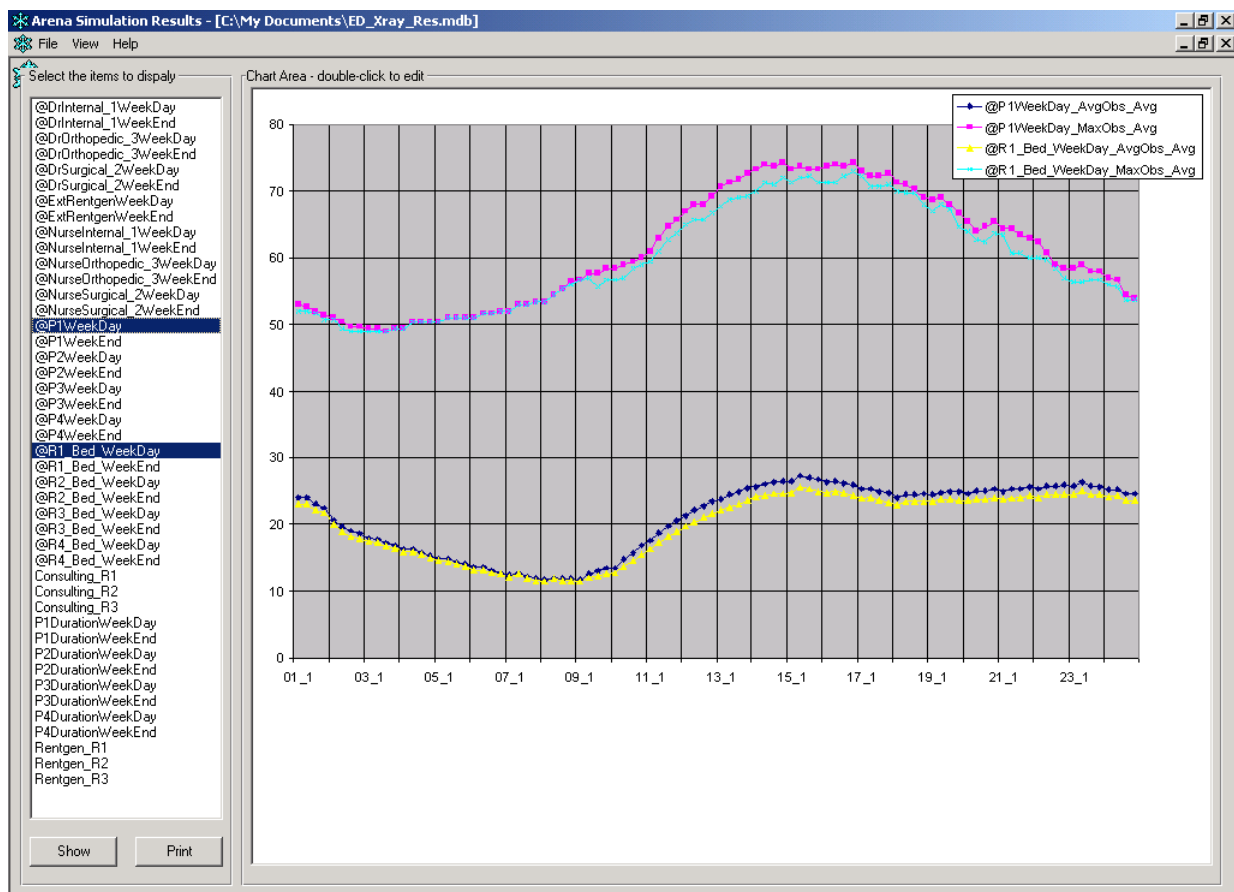
ניתן לחלק את מערכת המסכים שהמשתמש מתפעל לשלוש רמות. הרמה הראשונה מטפלת בהכנסת הנתונים ועידונם. הרמה השנייה בעיקרה קשורה להרצת הסימולציה וצפייה באנימציה. הרמה השלישית מטפלת במערכת תומכת ההחלטה.

6.3.1 ממשק הכנסת נתונים

הממשק הראשון אותו פוגש המשתמש בנוי ממספר תפריטים חלונאיים ומאפשר קביעת כל הפרמטרים הנדרשים לשם התאמת מודל ההפעלה הכללי למודל ההפעלה הרצוי להרצה.

כמו בכל תוכנת חלונות, ניתן להקליד נתונים, לשנותן, לבחור מתוך רשימות מוצעות ואף לבחור קבצי עבודה שונים. בכל מסך ניתן לאשר את התוצאה או לעזוב את המסך ללא שינוי. ניתן לשמור את כל הנתונים שהוקלדו או לחזור לגרסאות קודמות. דוגמא למסך ניתן לראות באיור 6, הרחבה בנושא השימוש בתוכנה יובא בפרק 8.

כל הנתונים שמוקלדים מתורגמים לרשימות שתוכנת הסימולציה יכולה לעבד כשתידרש לכך. עם סיום התאמת המודל, ניתן להריץ את הסימולציה ולעבור לרמה של הפעלת הסימולציה.



איור 7 – דוגמא לפלט גרפי של הסימולציה.
Figure7 Example for the simulation output

6.4 מסד נתונים

עבודה עם מערכת מורכבת, כמו המלר"ד, מחייבת הסתמכות על מסד נתונים גדול וגמיש, הניתן לגישה והתאמה מהירים וקלים. מסד הנתונים שמעניקה תוכנת Access היא אפשרות טובה מאוד מכמה סיבות:

קישוריות קלה ומהירה לתכנות Visual Basic (VB). אפשרות זו נותנת למשתמש את היכולת לנוע במסד הנתונים במסכים חלונאיים בלי צורך להכשרה מסובכת.

תוכנת הסימולציה ARENA עובדת בתאימות מלאה עם VB וגם עם Access. ניתן להמיר טבלאות Access למודלים של ARENA ולהריצם. בסיום הרצת הסימולציה, המערכת מסכמת את הנתונים הסטטיסטיים בטבלאות Access עם גישה חיצונית מלאה.

יש תאימות מלאה בין כל תוכנות Office של חברת מיקרוסופט, ולכן ניתן להשתמש במסד הנתונים הסטטיסטיים כבסיס לתצוגת נתונים אינטואיטיבית על Excel.

6.4.1 תבנית מסד הנתונים

מסד הנתונים של ARENA ושל Access חייבים להיות מקבילים (למעט שינויים קוסמטיים שצפוי שיפתרו בגרסאות הבאות) ולכן לכלול את המודלים שנדרשים להרצת הסימולציה. המודלים יכולים להשתנות מתוכנית לתוכנית, אך בכל מקרה הם חייבים לכלול את הטבלאות המצוינות באיור 8.

AdvancedProcess Expression	BasicProcess_Entity	BasicProcess Set Members
AdvancedProcess Expression Expression Values	BasicProcess_Process	Connections
AdvancedProcess Statistic	BasicProcess_Process_Resources	ModelLevels
AdvancedProcess Statistic Categories	BasicProcess_Queue	ModuleTables
AdvancedTransfer Route	BasicProcess_Resource	NamedViews
AdvancedTransfer Station	BasicProcess_Resource_Failures	ProjectParameters
AdvancedTransfer Station Station Set Members	BasicProcess_Schedule	RepeatGroupTables
BasicProcess_Assign	BasicProcess_Schedule_Durations	ReplicationParameters
BasicProcess_Assign_Assignments	BasicProcess_Separate	Reports
BasicProcess_Batch	BasicProcess_Separate_Attributes	Submodels
BasicProcess_Create	BasicProcess_Variable	
BasicProcess_Decide	BasicProcess_Variable_Initial Values	
BasicProcess_Decide_Conditions	BasicProcess Record	
BasicProcess_Dispose	BasicProcess Set	

איור 8 – דוגמא לרשימת טבלאות מסד הנתונים.

Figure8 Example for list of database tables

6.4.2 קישוריות חבילות התוכנה

היחידה המקשרת בין כל חבילות התוכנה השונות הנה תוכנת Visual Basic (VB). יתרון תוכנת VB על פני תכנות בעזרת שפת C או שפה אחרת היא בהמצאות מודלים מוכנים גם בתוכנת ARENA וגם בכל תוכנות Office, המאשרים גישה אינטגרלית לכל הפונקציות של התוכנות הללו. כך ניתן להכניס נתונים לתוכנת Access מבלי להציגם על המסך ומבלי שהמשתמש יצטרך להיות חשוף למורכבות השינויים. באותה צורה יוצרים אנימציה ומפעילים את תוכנת ARENA מבלי שהמשתמש יצטרך לעבור הכשרה כלשהי בתוכנת הסימולציה הזו.

הקישוריות חשובה כאשר המשתמש אינו בקיא במערכת המידע שלו (לדוגמא הצוות הרפואי) ועדיין מעוניין להשתמש במידע אמיתי ולא בניחושים. הכלי שפותח יוצר קשר עם הנתונים ממערכת המידע של המשתמש באמצעות שאילתה שנבנתה במיוחד לצורך כך (מוצגת בנספח 6) ומחשבת את הנתונים מתוך הטבלאות שנוצרו.

6.5 מודלים מתמטיים

אם משתמש מכניס, באופן ידני, למערכת הסימולציה את כל הנתונים הנדרשים, בכדי לקבל תמונת מצב של המצב הקיים, פעולה זו יכולה לקחת זמן רב ולאצור בחובה תקלות הקלדה העוללות לעכב קבלת תמונה נכונה מהסימולציה.

בכדי להקל על המשתמש, פותחו מספר מודלים מתמטיים המאפשרים, על ידי שילובם במערכת הממוחשבת, קיצור פעולות משמעותי. לדוגמא, כמות הנתונים שנדרש משתמש להכניס, לולא המודלים המתמטיים, עבור כל סוג חולה הנו 168 נתונים עבור מופע החולה, כ-80 נתונים עבור התהליך עצמו וכן 168 נתונים של מופע הגעות חולים לרנטגן משאר מחלקות בית החולים ומחוצה לו. הפתרון באמצעות המודלים המתמטיים כולל רק מספר ללחיצות על העכבר וכל הנתונים מוכנסים בצורה אוטומטית.

כמעט כל הנתונים ניתנים באופן אוטומטי על ידי המודל שפותחו במחקר. חלק מהנתונים נלקחים ממוצעים של בתי החולים האחרים שנבדקו במחקר, כפי שהוסבר בפרק 5, וחלק מותאמים לבית החולים על ידי מודלים מתמטיים בשילוב עם בסיס הנתונים של בית החולים, כפי שמפורט בפרק 7. כמובן שנתונים כדוגמת מצבת כוח האדם במלר"ד לא מחושבים אוטומטית אלא נדרש להכניסם באופן ידני.

7 מודלים מתמטיים

במקביל לתצפיות שבוצעו התבקשו בתי החולים לספק נתונים היסטוריים, ממערכות המידע הממוחשבות שלהם. נתונים אלו שימשו כבסיס לבחינה של מופעי הגעות חולים.

7.1 מודל הגעת חולים למלר"ד

בסיס הנתונים ששימש למודל זה הוא בסיס הנתונים שקיבלנו מבתי החולים על המלר"ד. נתוני כוללים את מספרי החולים לסוגיהם כולל נתונים הקשורים לטיפול שחולים אלו עברו במלר"ד. נתונים אלו נועדו לקביעת העומס ותמהיל החולים וכן את זמני שהייה של החולים השונים במלר"ד. בראיונות שנערכו עם הצוות הרפואי נוצר הרושם שמופע החולים הוא אקראי לחלוטין ובלתי צפוי. לצורך בדיקת הנושא נבנה מודל סטטיסטי ואכן התקבל כי מופע החולים אינו מתפלג נורמלית (שאריות המודל אינם מתפלגים נורמלית) וכי יש סיכוי רב יותר לקבל התפלגות מופע פואסונית, כפי שהיה צפוי לקבל במקרה מסוג זה. בכדי להקל על בניית המודל הופעלה טרנספורמציה שורש על מנת לעבור מהמודל הפואסוני למודל הנורמלי.

המוטיבציה לפיתוח המודל הייתה ההנחה כי תצורת מופע החולים לא יכול להיות שונה באופן משמעותי בין מלר"ד אחד למשנהו וכי ההבדל ביניהם הוא הבדל של היחס שנובע מכמויות השונות שמגיעות לכל מלר"ד.

מהראיונות שנערכו עם הצוות הרפואי עלו מספר מאפיינים של הגעות החולים והודגשו סוגי החולים, ימי השבוע ושעות היום כמשמעותיים ביותר. לפיכך הוחלט להשתמש בפרמטרים אלו על מנת לבחון דמיון בין המלר"דים השונים, בידיעה כי אילו נמצא מודל כזה, לא יהיה צורך, בעת הרצת סימולציה על בית חולים חדש, לחקור את מופע הגעת החולים, אלא רק למצוא את הפקטור המבדיל בין מופע החולים הכללי למופע החולים לאותו מלר"ד חדש.

7.1.1 בניית המודל

מודל המופע של החולים השונים לבתי החולים נבנה על בסיס ההגדרות הבאות:

$i = 1, \dots, N_i$ בתי החולים כאשר N_i מייצג את מספר בתי חולים שעבורם נתקבלו נתונים.

$p = 1, \dots, N_p$ טיפוס החולים כאשר N_p מייצג את מספר סוגי החולים בכל בית חולים.

$h = 1, \dots, 24$ השעות ביממה.

$d = 1, \dots, 7$ ימי השבוע.

F_{pi} פקטור עבור סוג חולה p בבית חולים i .

$w = 1, \dots, N_w$ אינדקס השבועות כאשר N_w מייצג את מספר השבועות עבורם התקבלו נתונים

נגדיר את n_{pihdw} כמספר החולים מטיפוס p שהגיעו למלר"ד (כפי שדווח במערכות המידע של בתי החולים) בבית חולים i , בשעה h , ביום d , בשבוע w . באותה צורה נגדיר את $\sqrt{n_{pi}}$ כממוצע שורש מספר החולים מטיפוס p שהגיעו למלר"ד בבית חולים i לשעה. ערך זה ניתן לחשב כפי שמוצג ב(19).

$$\sqrt{n_{pi}} = \frac{\sum_{w=1}^N \sum_{d=1}^7 \sum_{h=1}^{24} \sqrt{n_{pihdw}}}{N_w \cdot 7 \cdot 24} \quad (19)$$

על בסיס ערך זה נחשב את הפקטור F_{pi} , כפי שמוצג ב(20). פקטור זה נועד לחישוב זרם החולים הצפוי מטיפוס p בבית חולים הנבדק

$$F_{pi} = \frac{\sqrt{n_{pi}}}{\sum_i \sqrt{n_{pi}}} \cdot N_i \quad (20)$$

בית חולים שלא השתתף בסקר ומבקש להשתמש בסימולציה יידרש לחשב את ערכי n_{pihdw} השונים מתוך מערכות המידע של בית החולים לפי שאילתה שתינתן לו ולחשב את הממוצע לפי(19). כל שאר השלבים כולל חישוב הפקטור (20) יתבצעו בצורה אוטומטית על ידי שילוב הערך החדש עם הערכים הקיימים כבר במודל הסימולציה.

בכדי לקבוע את זרם החולים הצפוי הסימולציה תבצע את סידרת חישובים. הראשונה היא קביעת ערכים מתוקנים $\sqrt{\tilde{n}_{pidhw}}$, כפי שמוצג ב(21), לפי הפקטור של בית החולים לכל טיפוס חולה.

$$\sqrt{\tilde{n}_{pidhw}} = \frac{\sqrt{n_{pihdw}}}{F_{pi}} \quad (21)$$

בשלב הבא נדרש למצוא את הממוצע של ערכים אלו עבור כל סוג חולה p בשעה h ביום d בשבוע ובאמצעות הפקטור של בית החולים שחושב ב(20) למצוא את קצב מופע החולים הצפוי להגיע למלר"ד בבית חולים זה.

, הניתן לחישוב מתוך (22), מוגדר כממוצע שורש כמות הגעות לסוג חולה p בשעה h ביום d בשבוע על פני כל בתי החולים במדגם.

$$\sqrt{\mu_{phd}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} \sum_{w=1}^{N_w} \sqrt{\tilde{n}_{pihdw}}}{N_i \cdot N_w} \quad (22)$$

מכאן הדרך לחזור לשורש הממוצע הצפוי $\sqrt{\hat{\mu}_{pihd}}$, כפי שמוצג ב(23), קצרה ודורשת רק מכפלה בפקטור של בית החולים i וסוג החולה p .

$$\sqrt{\hat{\mu}_{pihd}} = \sqrt{\mu_{phd}} \cdot F_{pi} \quad (23)$$

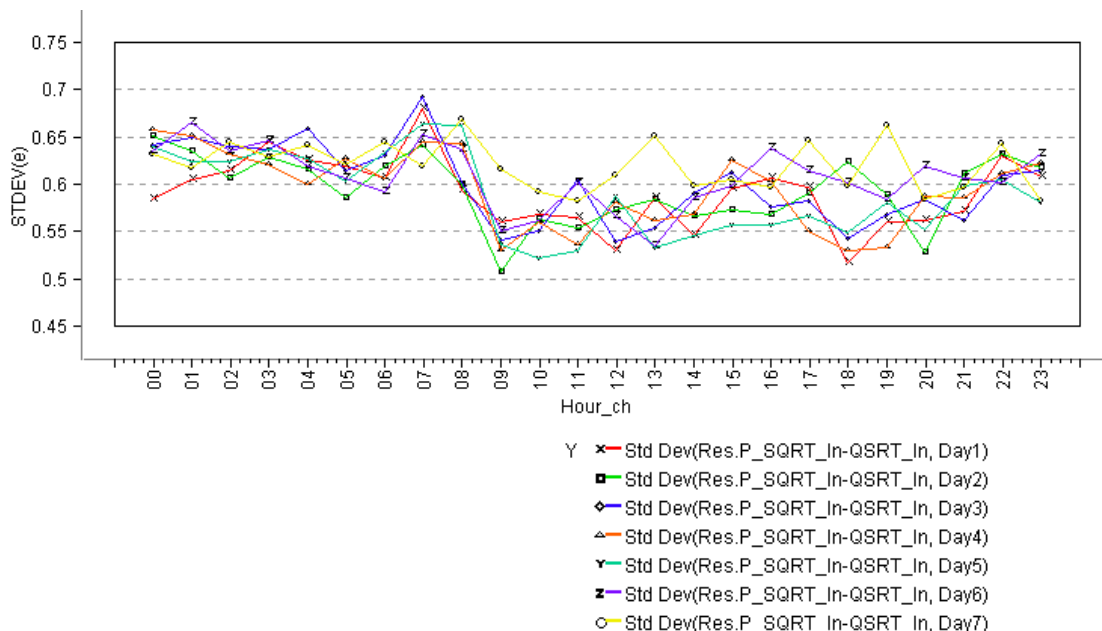
הבחירה בטרנספורמציה השורש נבעה מההנחה ששורש קצב מופע החולים מתפלג נורמלית ולכן קצב מופע החולים לסימולציה יקבע מתוך הנוסחה הכוללת גם את האקראיות הנדרשת ε (שארית) מעבר לערך הממוצע כפי שמוצג ב(24). רעש מהתפלגות נורמלית הנבחן בתרשים Normal Q-Qplot מראה $P\text{-Value} < 0.01$ ומוצג בנספח 10. בכדי שניתן יהיה להשתמש בטרנספורמציה כלשהי, האקראיות (לאחר טרנספורמציה) נדרשת לא להיות תלויה בזמן, לפחות לא עבור שעות הפעילות העיקריות (09:00-01:00). איור 9 מדגים כי אין לשעות היום וימי השבוע השפעה על המופע ואיור 10 מראה כי סטיית התקן הנה 0.6.

$$\hat{n}_{pihd} = \left(\sqrt{\hat{\mu}_{pihd}} + N(0, 0.6^2) \right)^2 \quad (24)$$

לכן, כאשר הפקטור של בית החולים החדש נקבע, ניתן לחזות את מספר החולים הצפוי כפי שמוצג ב(25).

$$\hat{n}_{pihd} = \left(\sqrt{\mu_{phd}} \cdot F_{pi} + N(0, 0.6^2) \right)^2 \quad (25)$$

מודל זה משמש לחישוב הפקטורים של בתי החולים שהשתתפו בסקר כפי שמופיע בטבלה 16 ובעזרתם נקבע קצב מופע החולים בבתי החולים אלו (בית חולים "3" לא ניכלל בחישובים אלו מכיוון שהנתונים ממערכות המידע התגלו כבעייתיים כאשר הוצגו להנהלה. למשל הכמות הכוללת הייתה נמוכה באופן בולט מהמצב הקיים).

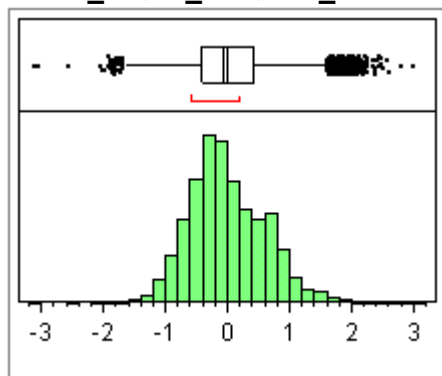


איור 9 ממוצע ס"ת של השאריות לפי ימי השבוע עבור חולה פנימי.

Figure9 Average and standard deviation of residual for Internal patient by day of week

Distributions

Res.P_SQRT_In-QSRT_In



Quantiles

100.0%	maximum	3.012
99.5%		1.768
97.5%		1.291
90.0%		0.804
75.0%	quartile	0.410
50.0%	Median	-0.071
25.0%	Quartile	-0.412
10.0%		-0.724
2.5%		-1.041
0.5%		-1.318
0.0%	Minimum	-3.082

Moments

Mean	1.718e-15
Std Dev	0.6004429
Std Err Mean	0.002524
upper 95%	0.0049471
Mean	
lower 95% Mean	-0.004947
N	56592

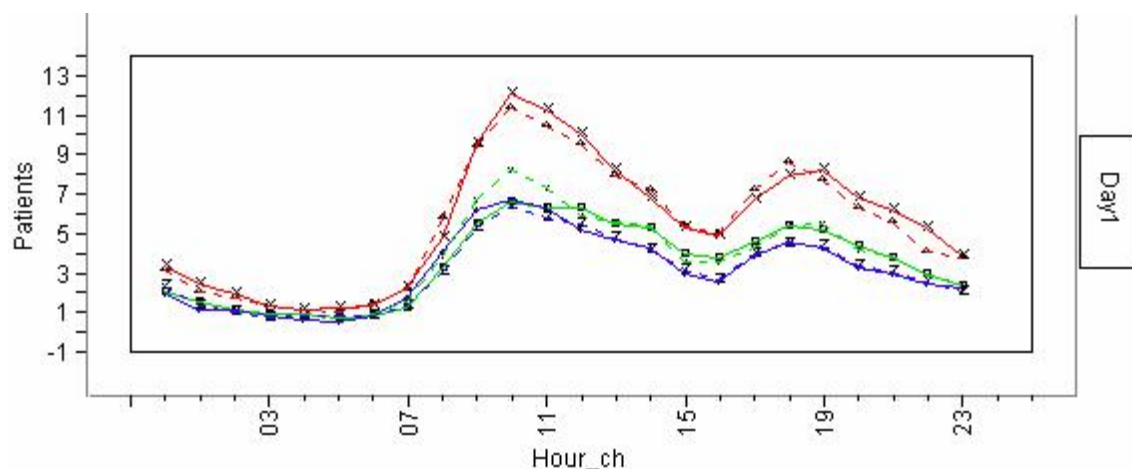
איור 10 התפלגות השאריות עבור חולה פנימי
Figure10 Residual distribution for Internal patient

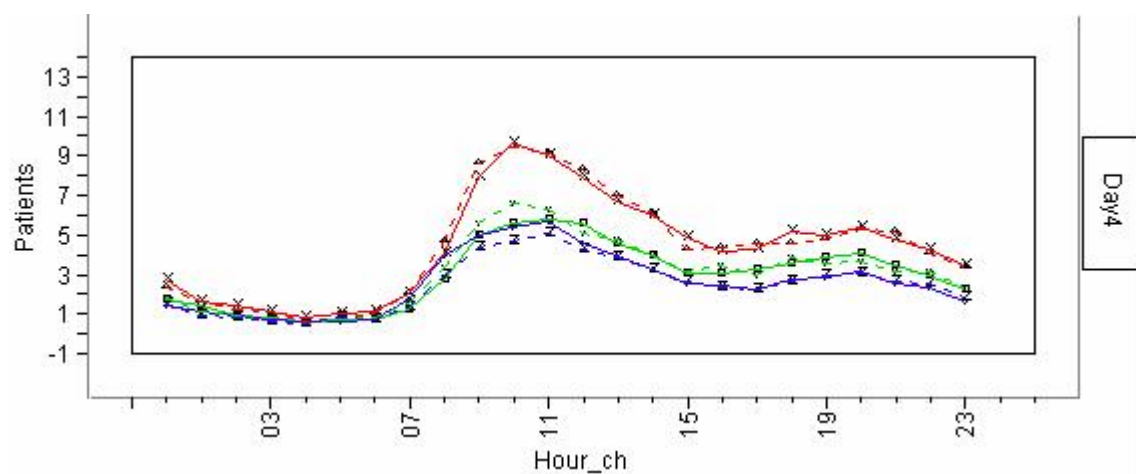
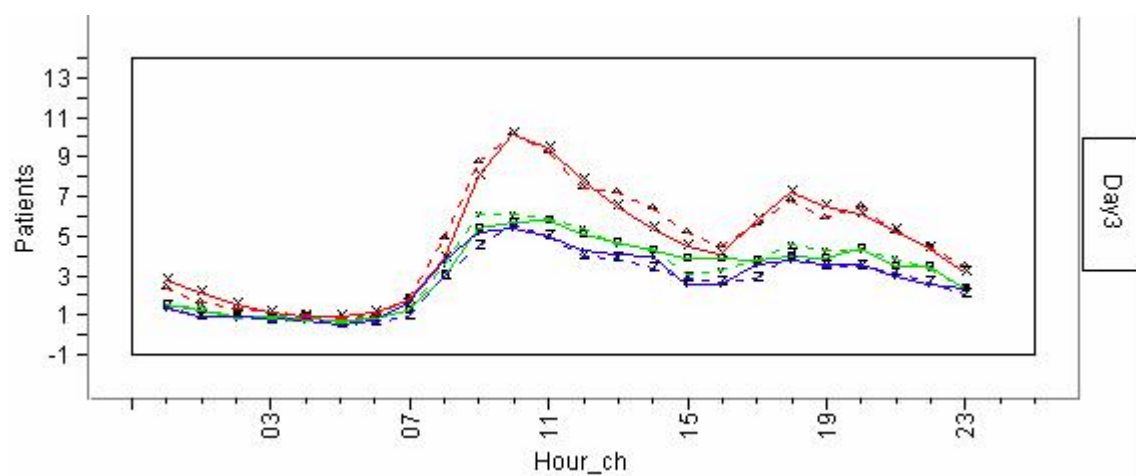
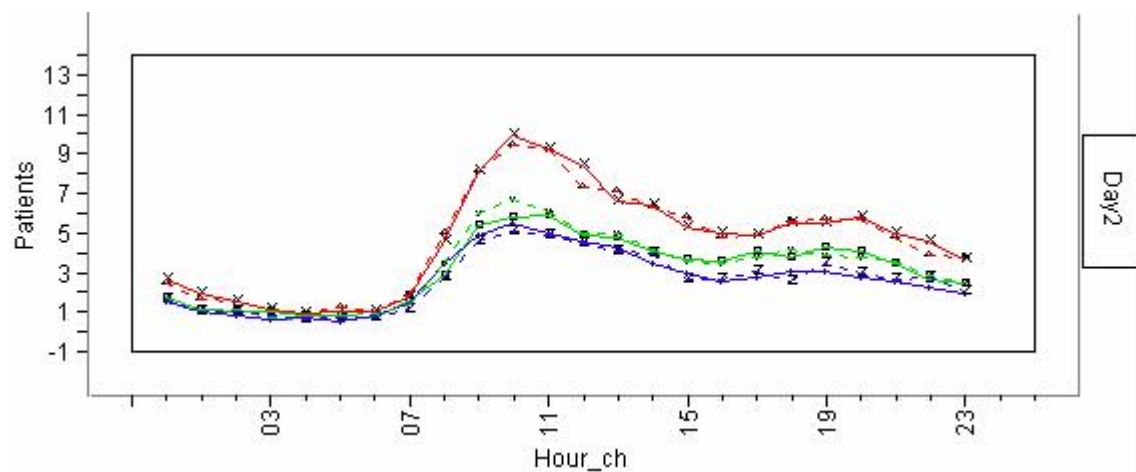
טבלה 16 הפקטורים לפי טיפוס החולים של בתי החולים שהשתתפו בסקר

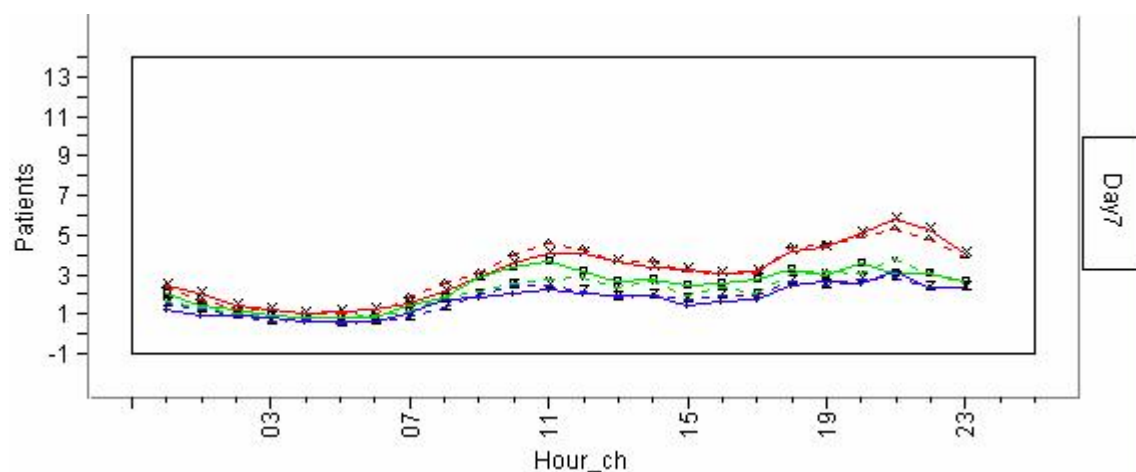
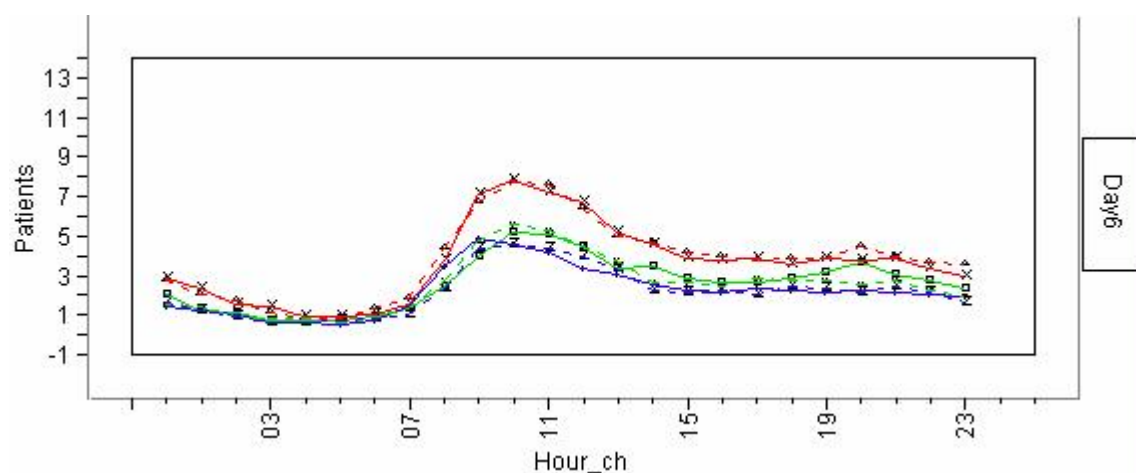
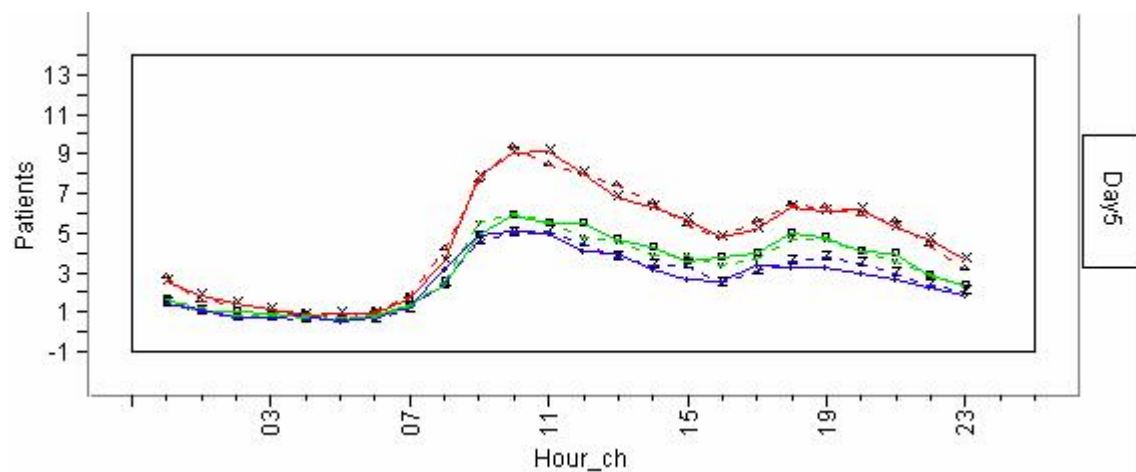
Table 16 Patient type factors for of the hospitals in the survey

בית חולים	החולה			
	פנימי	כירורגי	אורתופדי	אורולוגי
"1"	0.9574569	1.03841714	0.8395853	0.8355932
"2"	0.86189396	0.66870649	0.97358566	1.62736457
"4"	1.18064914	1.29287638	1.18682904	0.53704222

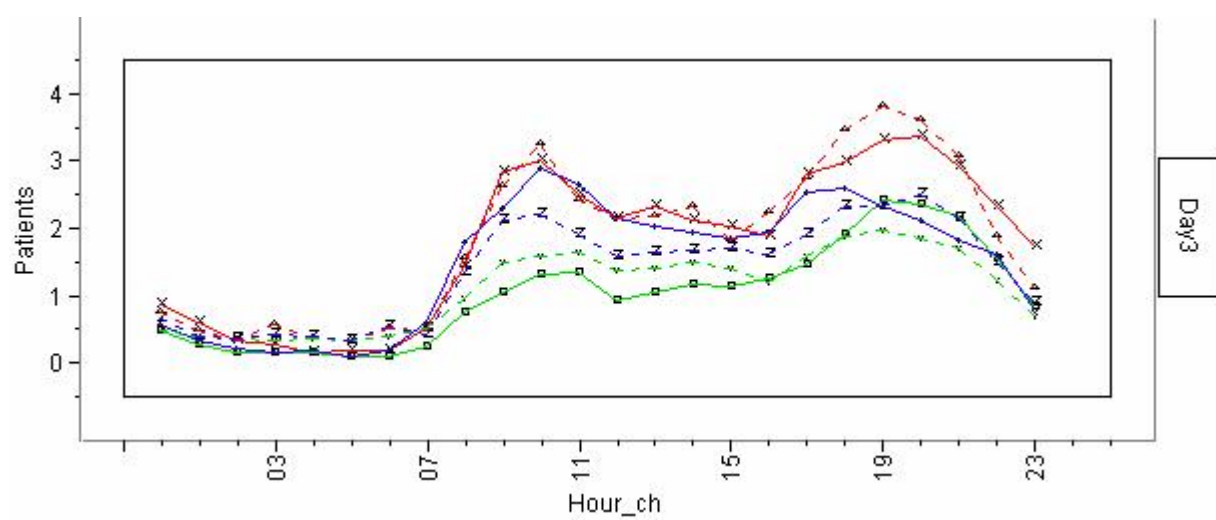
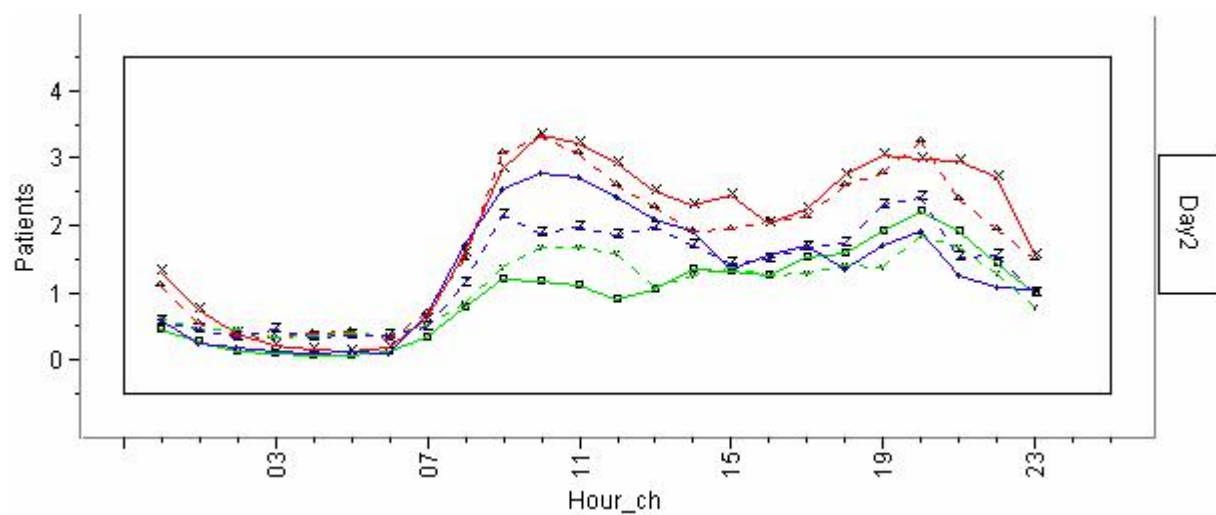
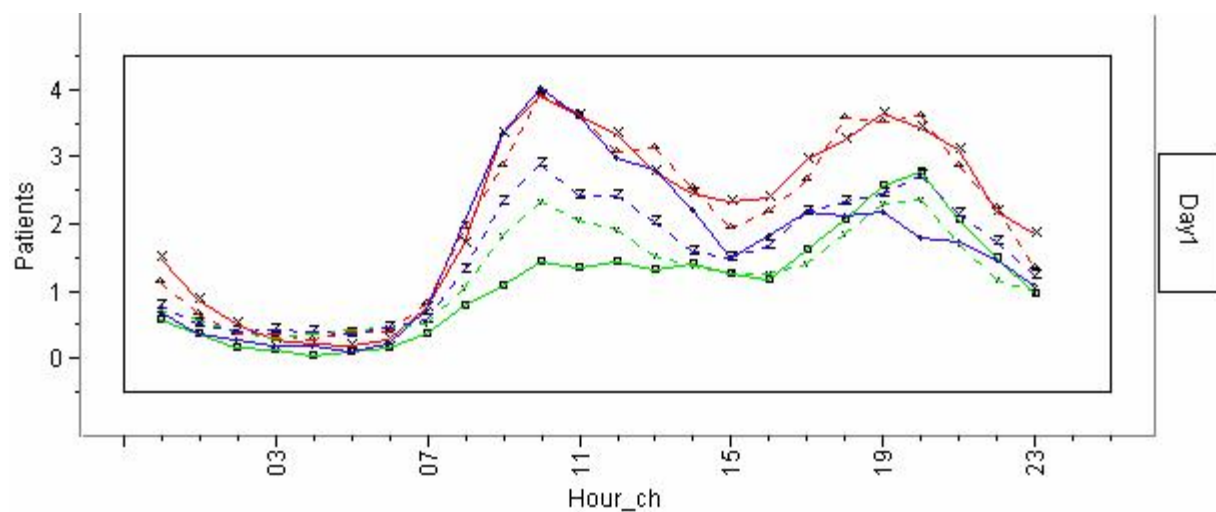
השוואה בין מופע החולים בפועל (מתוך נתוני מערכות המידע), לבין מופע החולים המוערך על ידי המודל עבור שלושת סוגי החולים העיקריים, מוצגת באיור 11 עד איור 13. קצב המופע האמיתי מצוין בקו שלם והתחזית בקו מקוקו. הצבעים השונים מציינים את בתי החולים השונים.

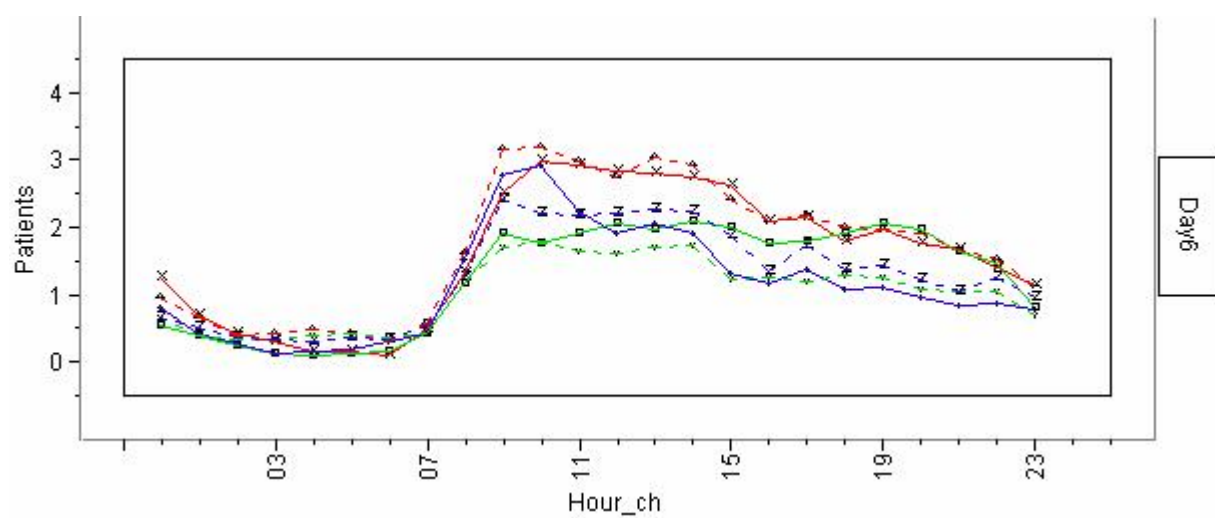
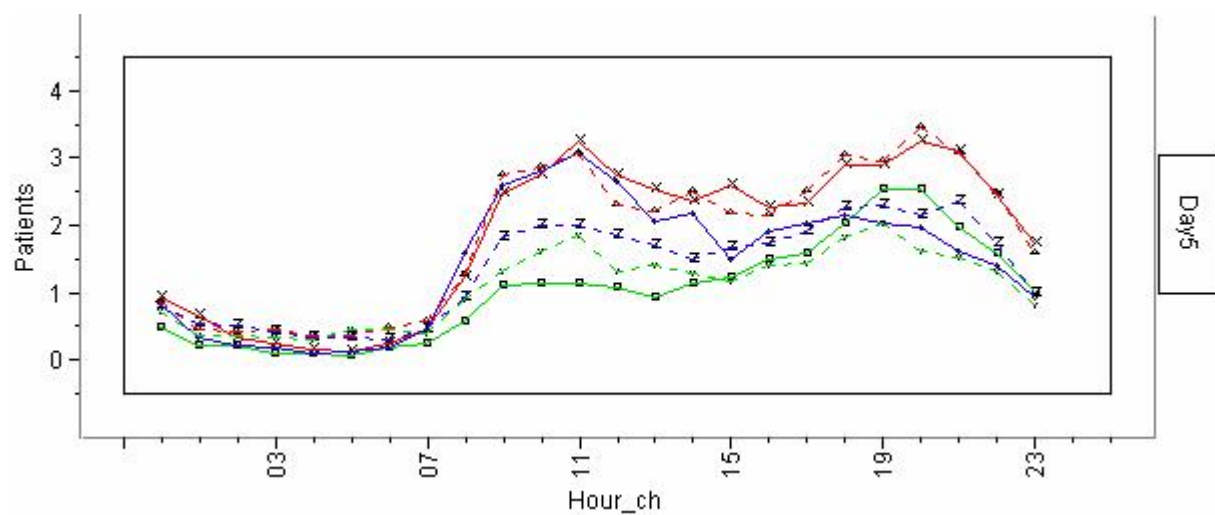
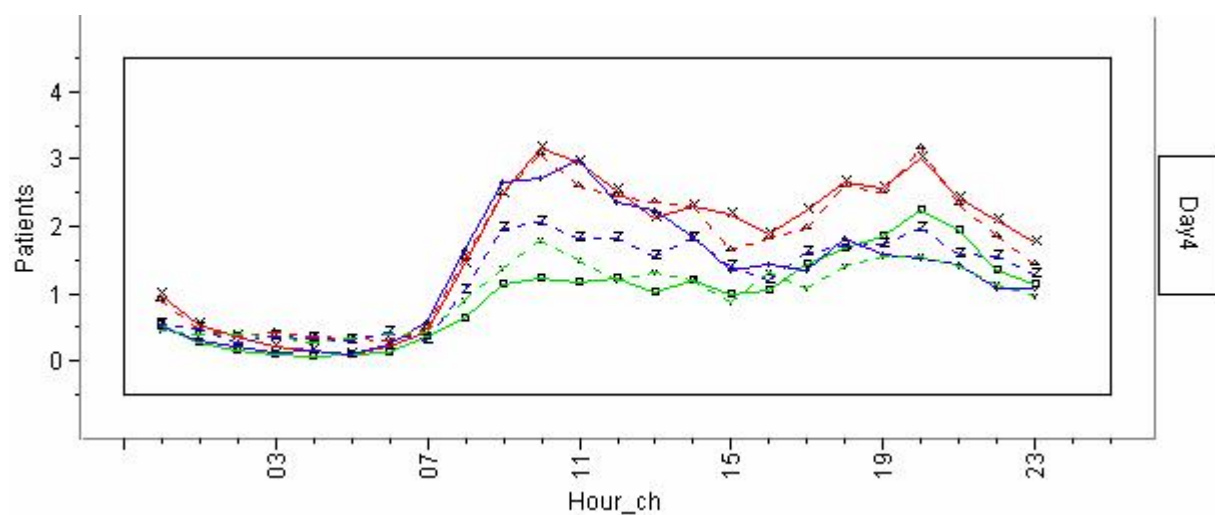


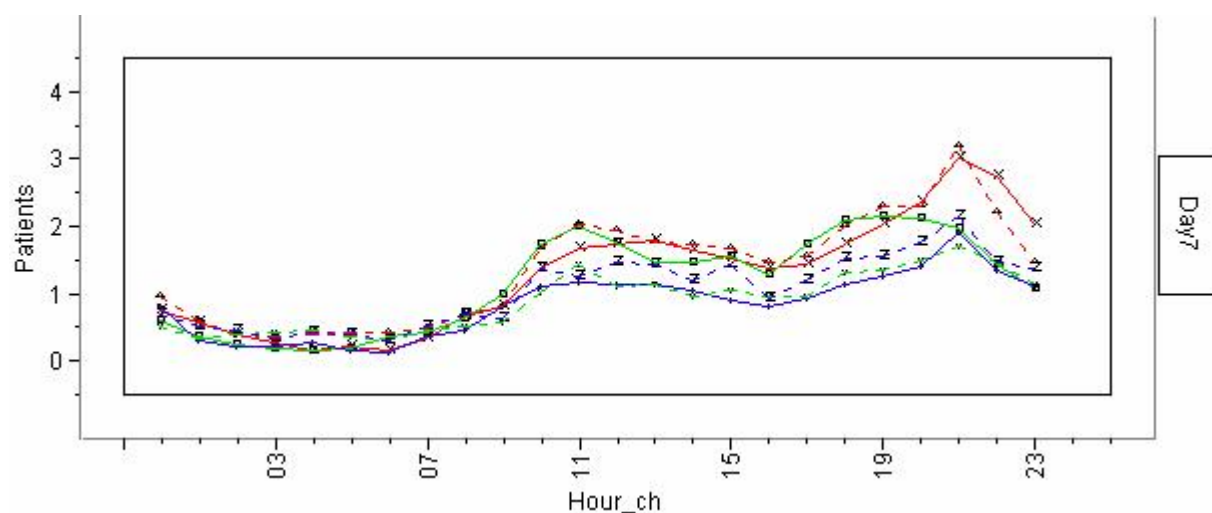




איור 11 קצב הגעת חולים פנימיים למלר"ד בימות השבוע השונים
 Figure 11 Internal patient arrival rate to the ED by day of week
 "4", "2", "1"

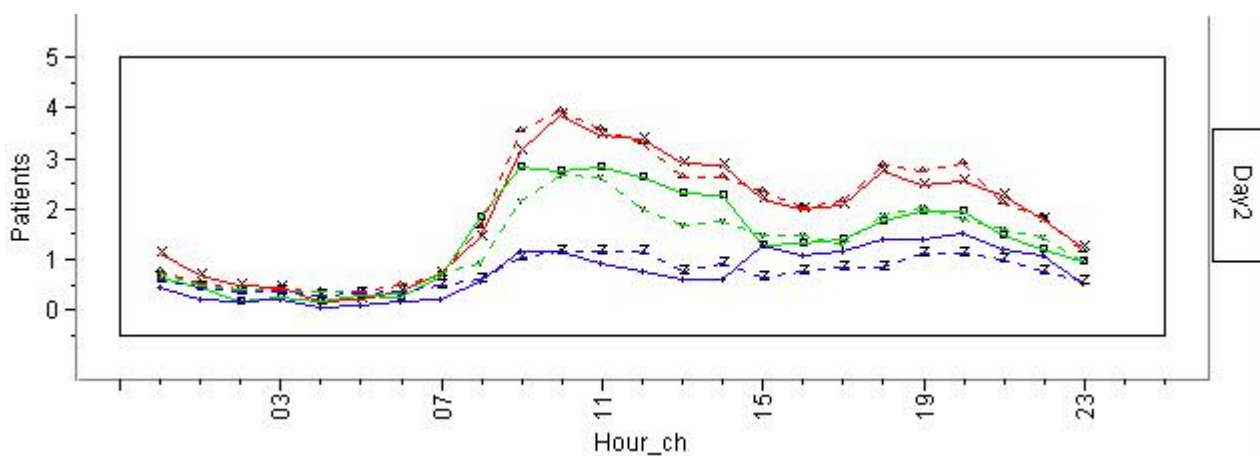
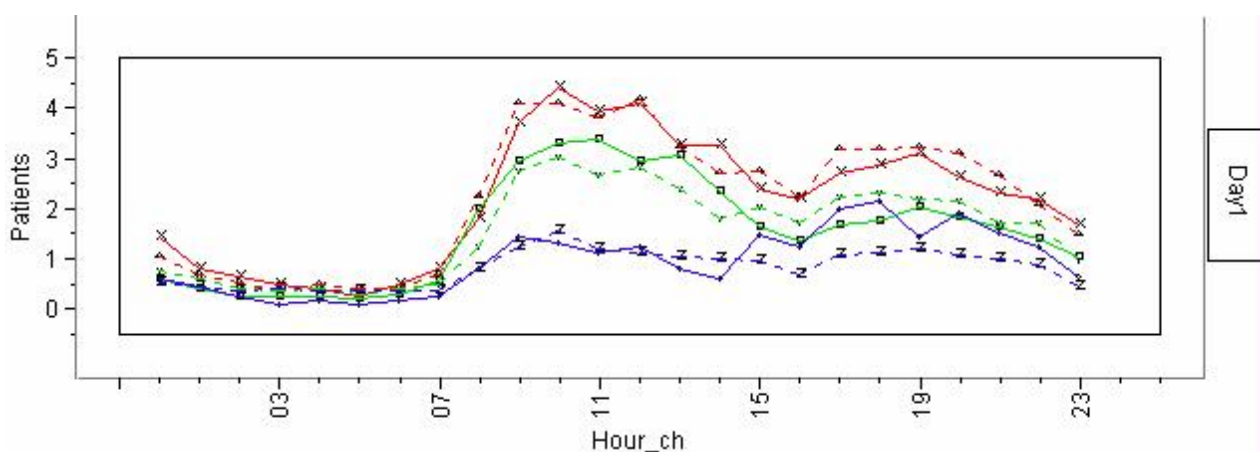


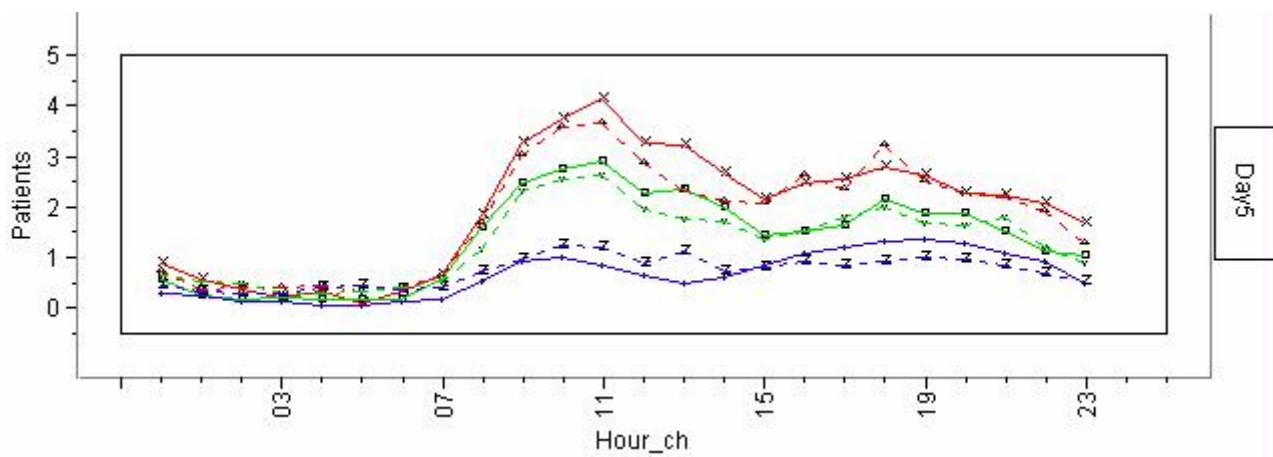
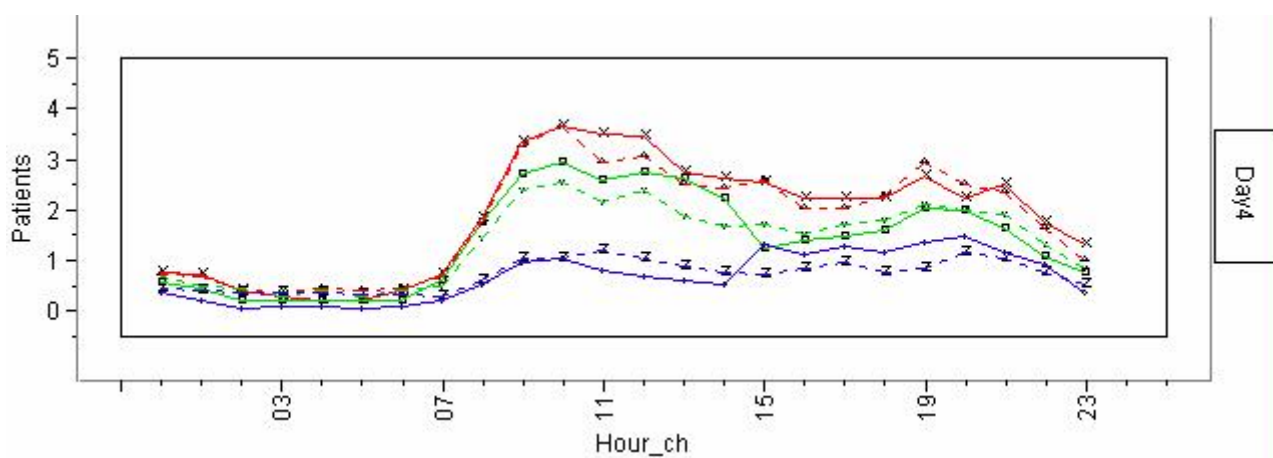
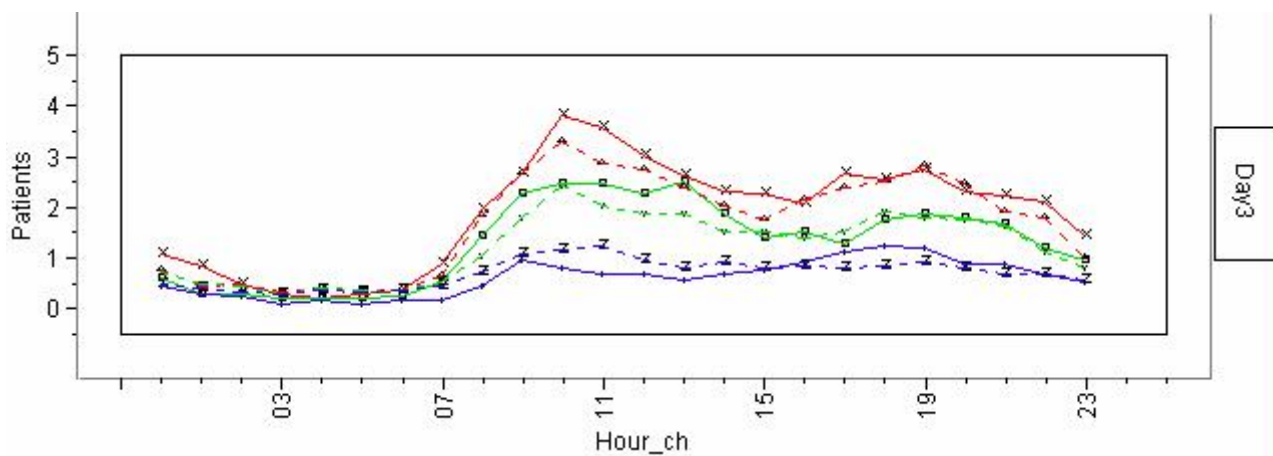


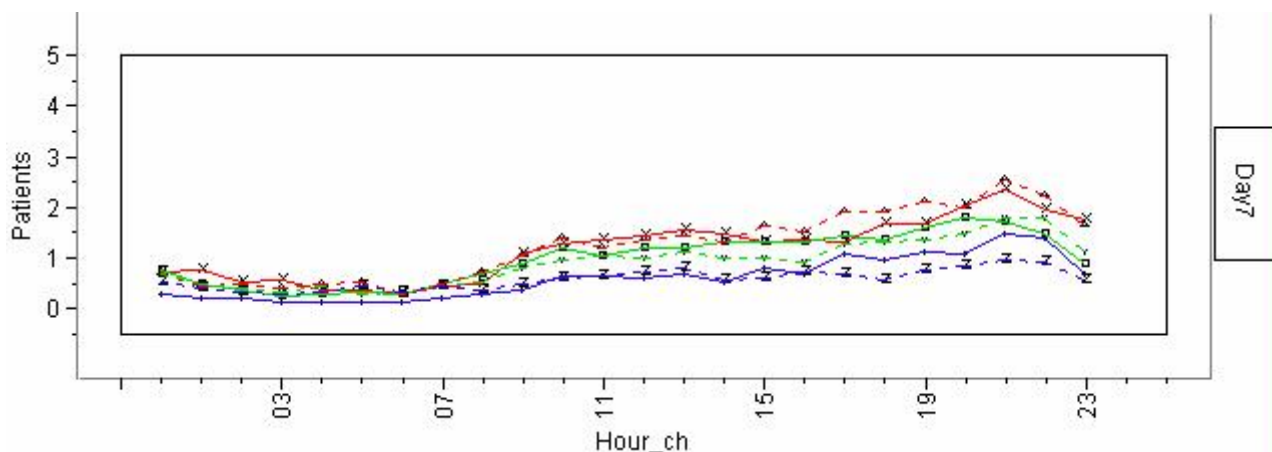


איור 12 קצב הגעת חולים אורתופדיים למלר"ד בימות השבוע השונים
Figure12 Orthopedic patient arrival rate to the ED by day of week

"4" , "2" , "1"







איור 13 קצב הגעת חולים כירורגיים למלר"ד בימות השבוע השונים

Figure13 Surgical patient arrival rate to the ED by day of week

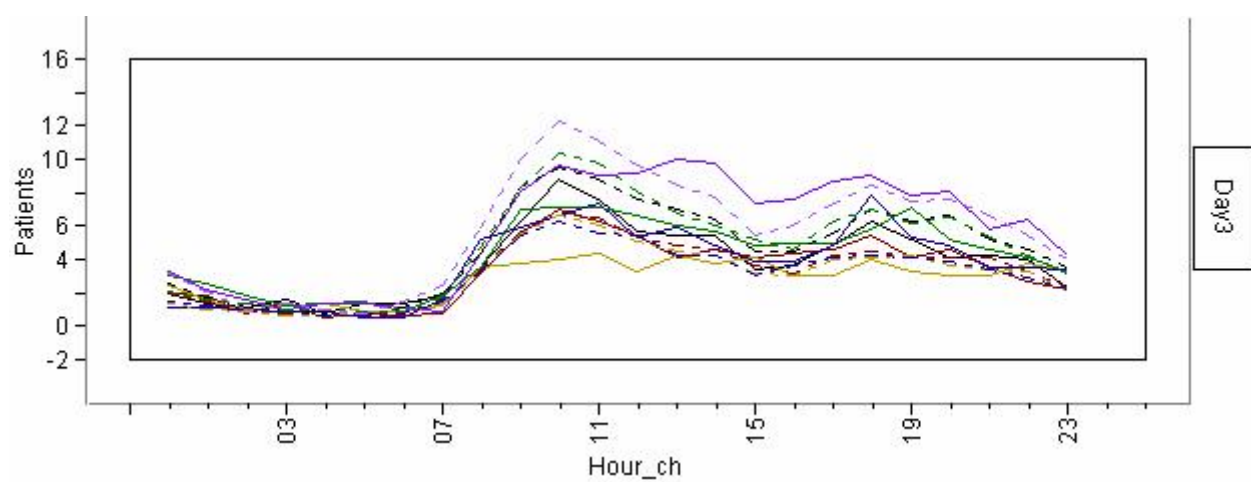
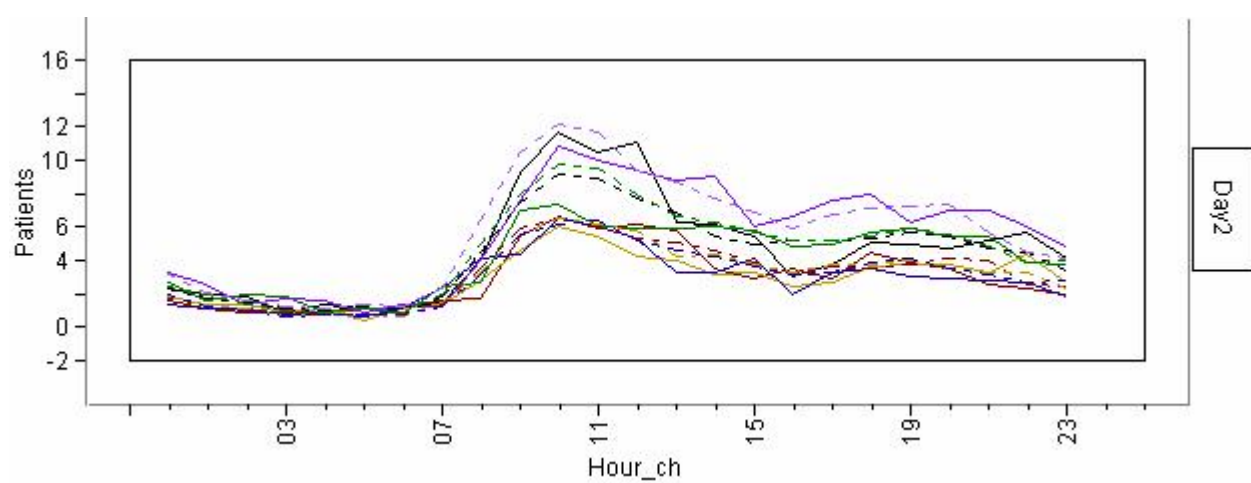
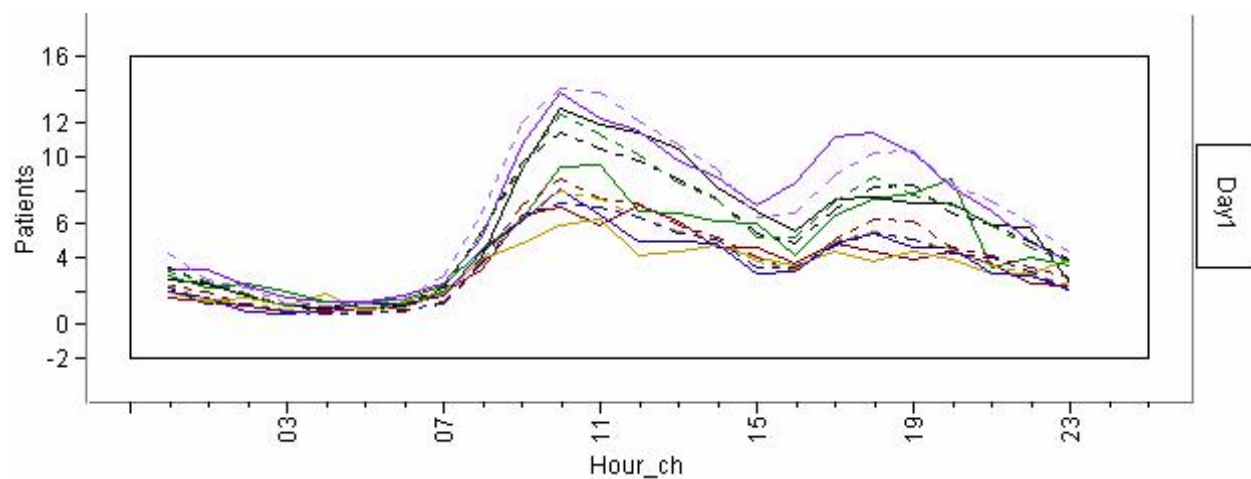
— "4", — "2", — "1"

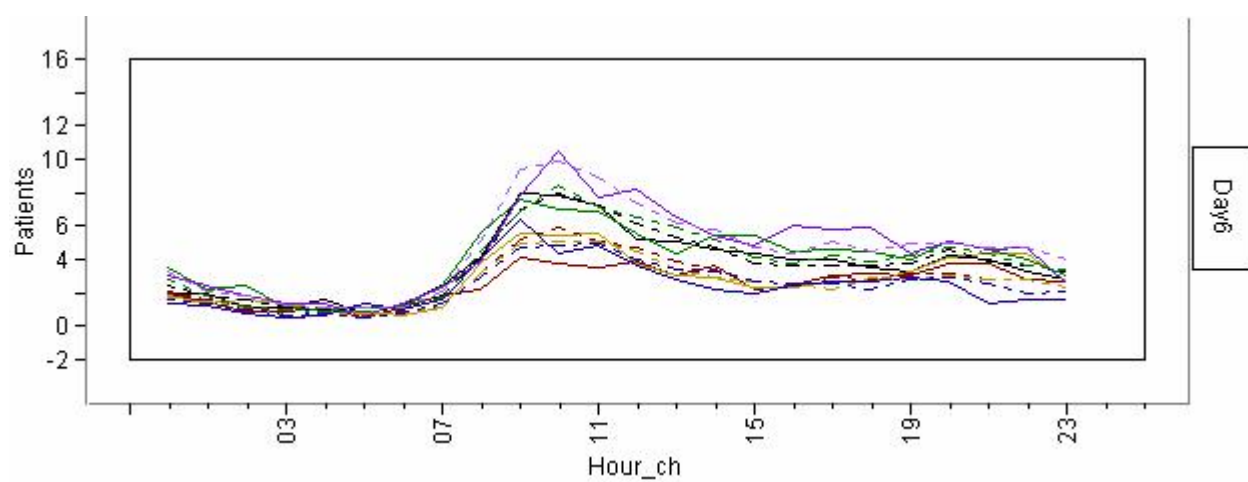
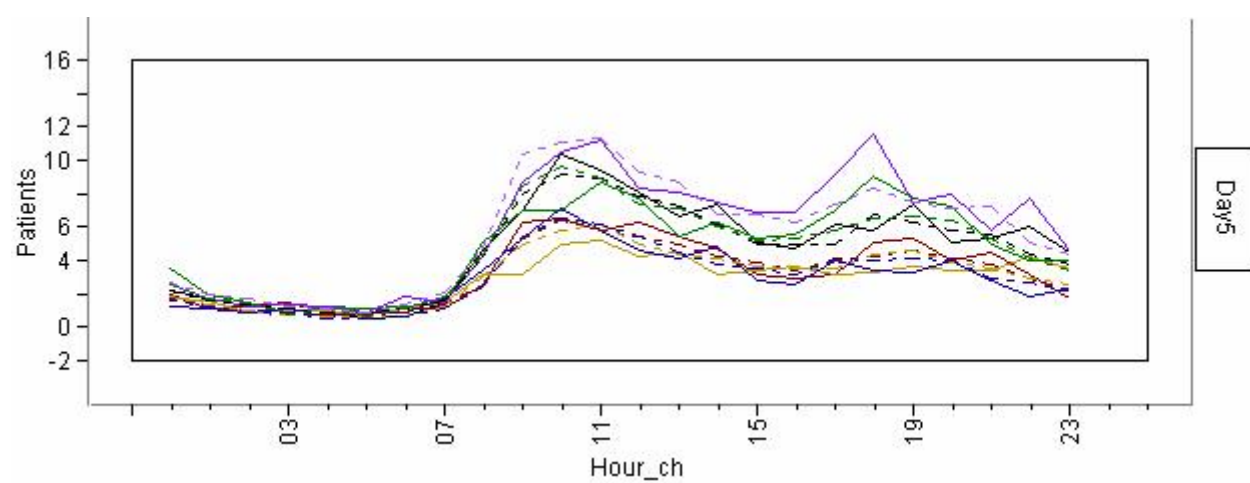
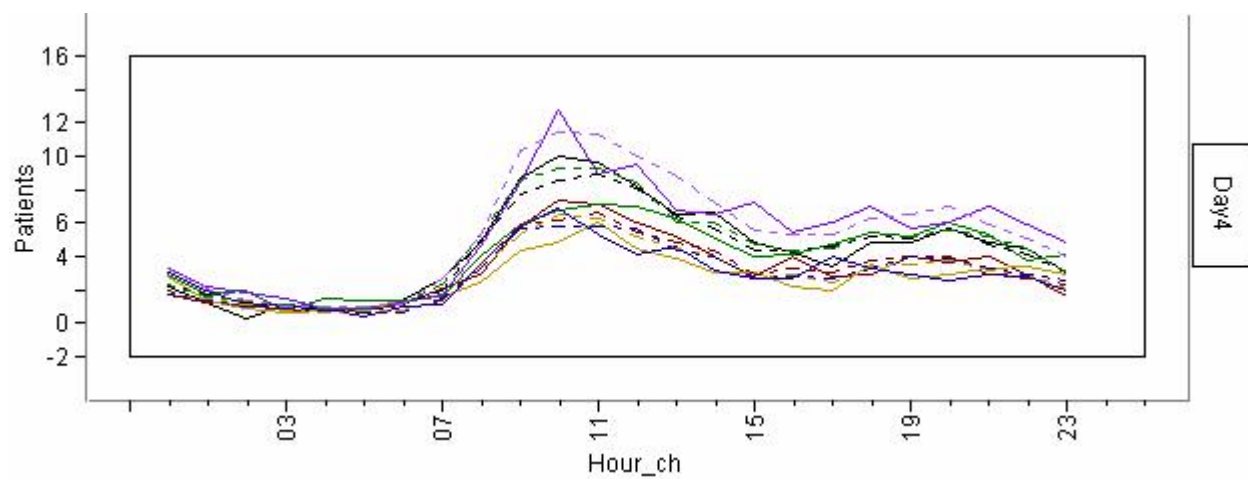
מתוך איורים אלו נראה כי נשמרת עקביות לאורך מרבית המקרים והכמות הממוצעת דומה לכמות הממוצעת הצפויה על פי המודל. ההבדלים הגדולים (באחוזים) מתרחשים בעיקר במקומות בהם ממוצע כמויות החולים המגיעים נמוכה ולפיכך יכולת החיזוי היא נמוכה גם כן. למרבה המזל השגיאות הבולטות מתרחשות רק בשעות הלילה המאוחרות ובעת שממוצע כמות החולים נמוך ביותר (פחות מהגעה של חולה אחד בממוצע לשעה). השגיאות הללו אינן משפיעות על המערכת משום שהמערכת ריקה בזמן זה ואין לה בעיה להתמודד עם תוספת של חולה אחד או אף שניים שממילא מתרחשים בגלל השונות הרבה שיש במודל.

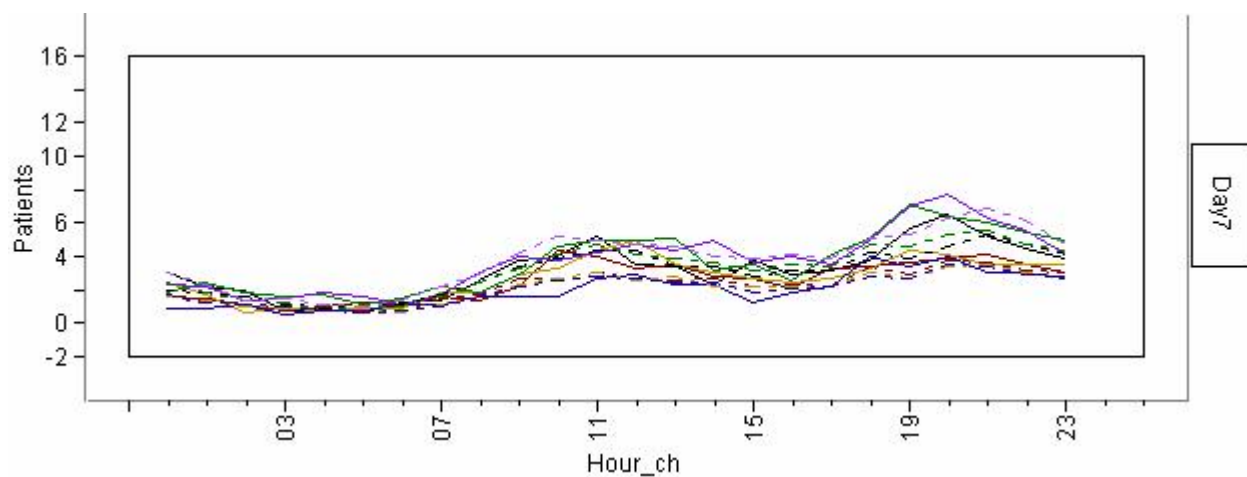
7.1.2 תיקוף המודל

בכדי שניתן יהיה לטעון שהמודל מתאים גם עבור בתי החולים נוספים מעבר לאלו שנבדקו וגם עבור תחומי זמן מעבר לזמנים שנבדקו, נלקחו נתונים משלושה חודשי פעילות של 6 בתי חולים אחרים (מתוך מחקר אחר שבוצע ב"מרכז המחקר לבטיחות בעבודה והנדסת אנוש" בטכניון) מתקופת זמן שונה ועל פיהם נבחנה תקפות המודל.

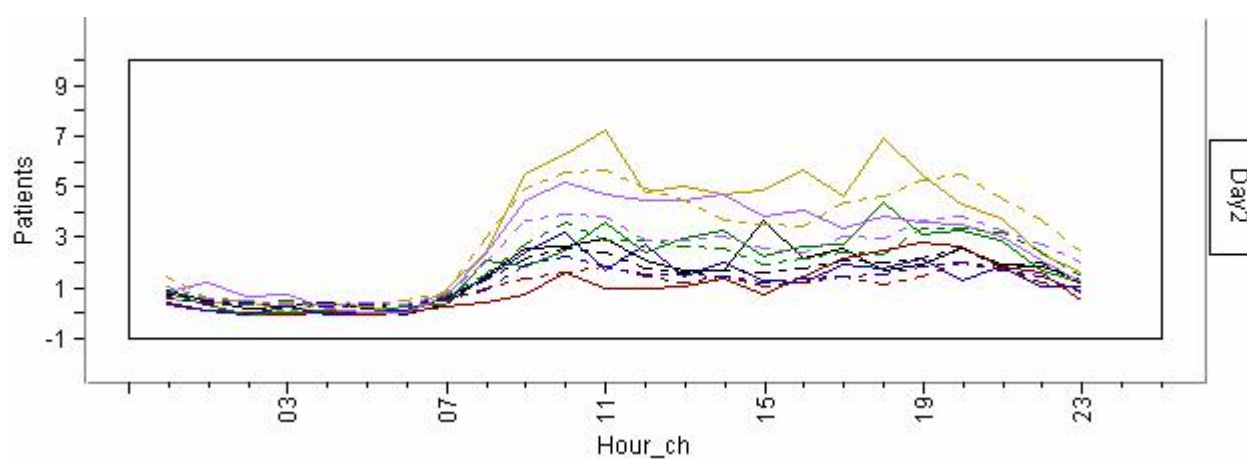
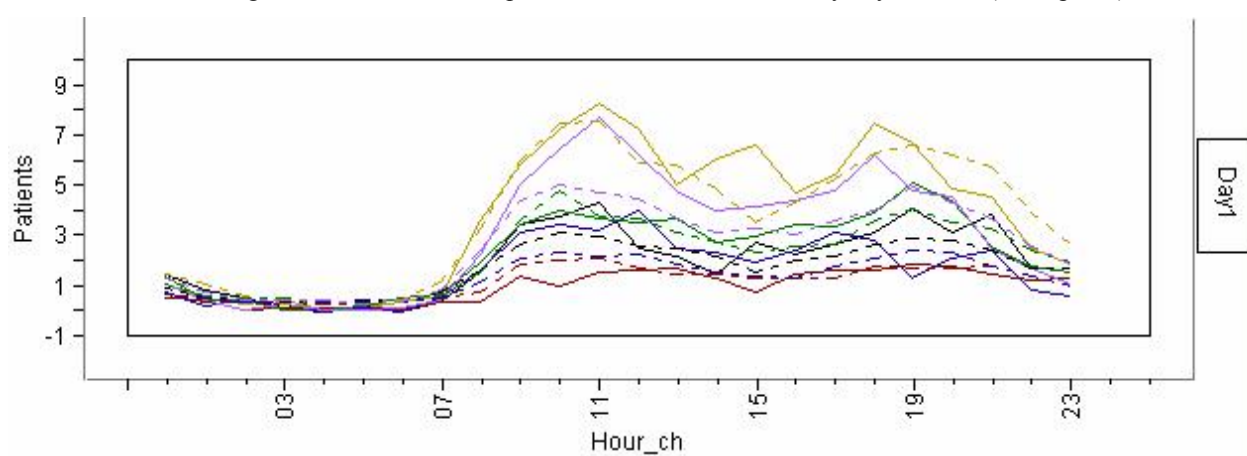
באיור 14 עד איור 16 ניתן לראות השוואה בין ממוצע כמויות חולים ב-6 בתי החולים בקו רציף מול ממוצע כמויות החולים החזוי, על פי המודל, בקו מקוטע עבור שלושת סוגי החולים העיקריים. הצבעים השונים מציינים את בתי החולים השונים.

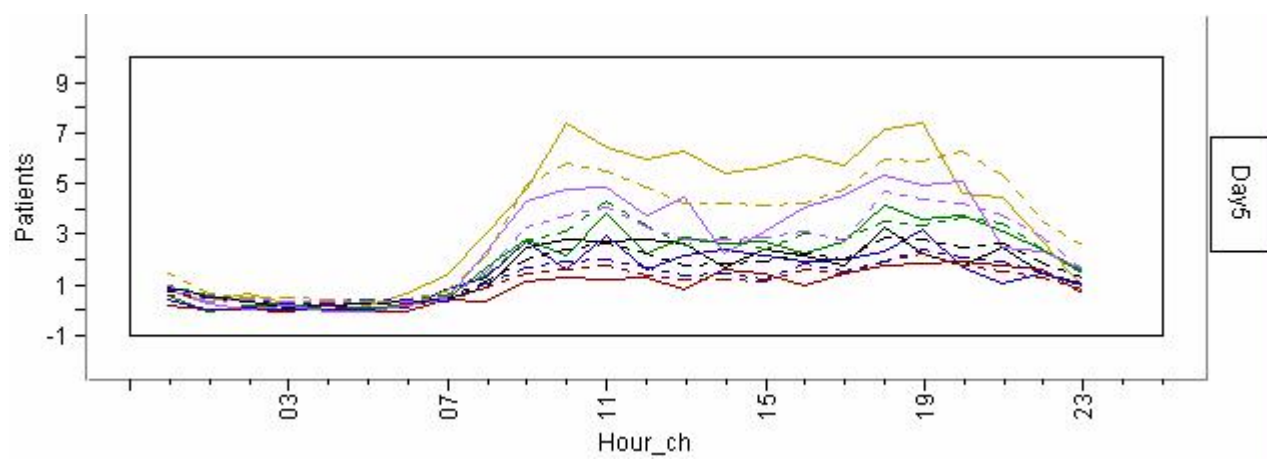
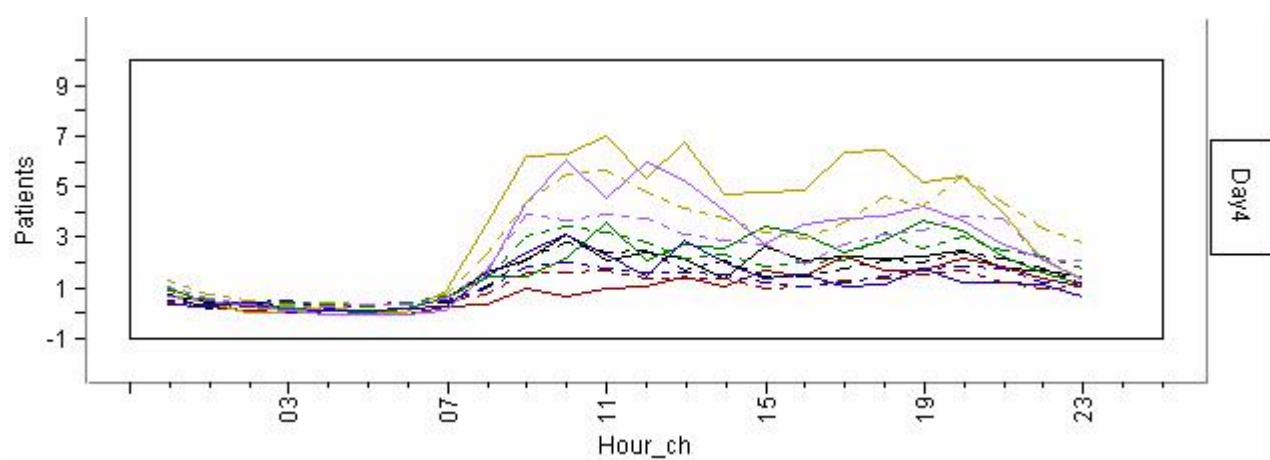
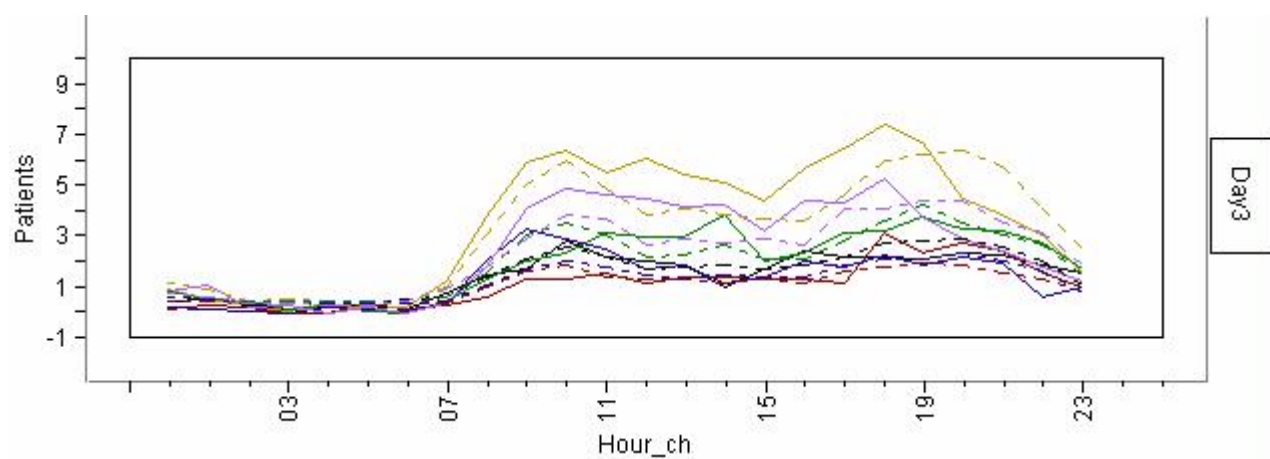


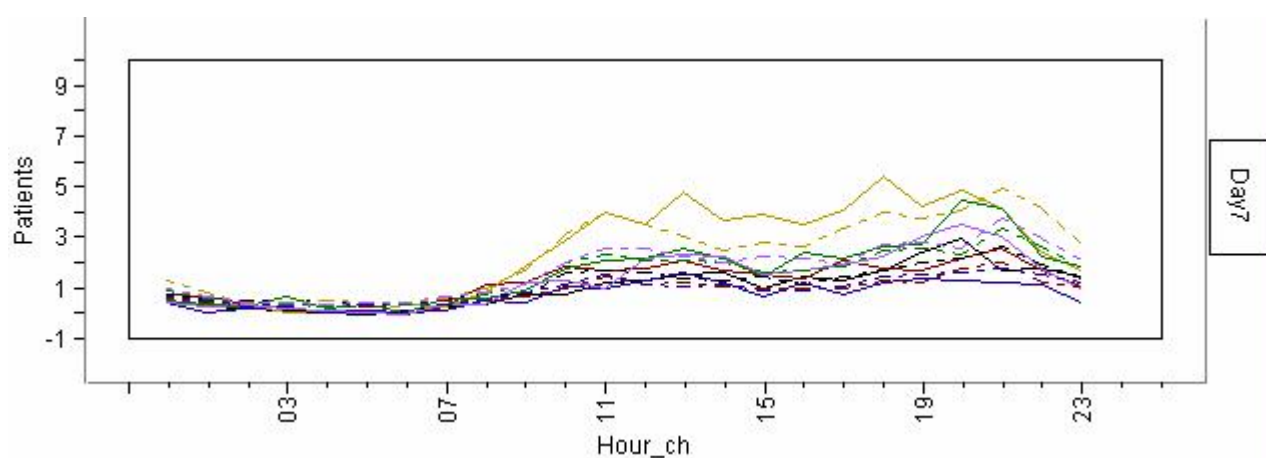
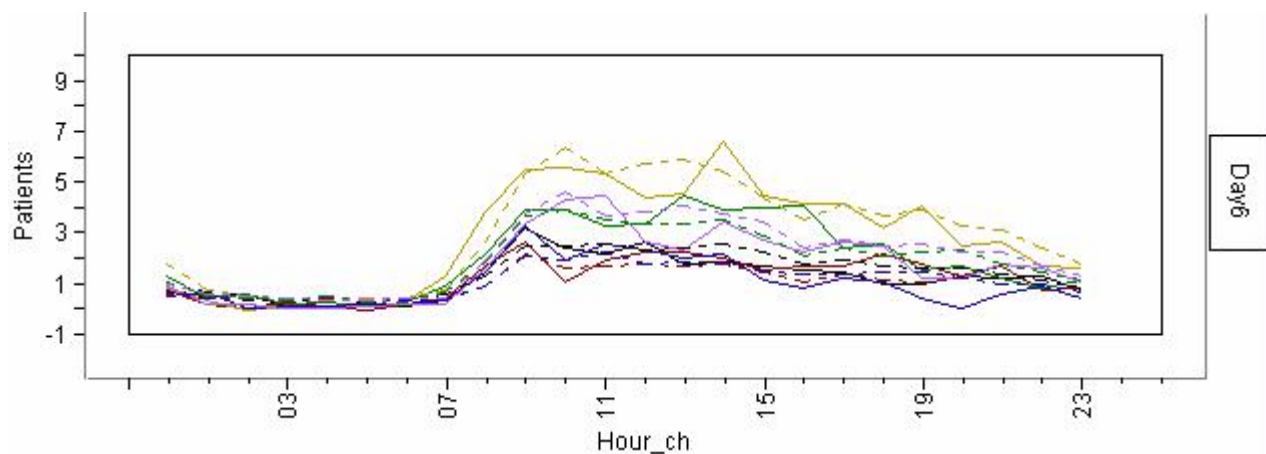




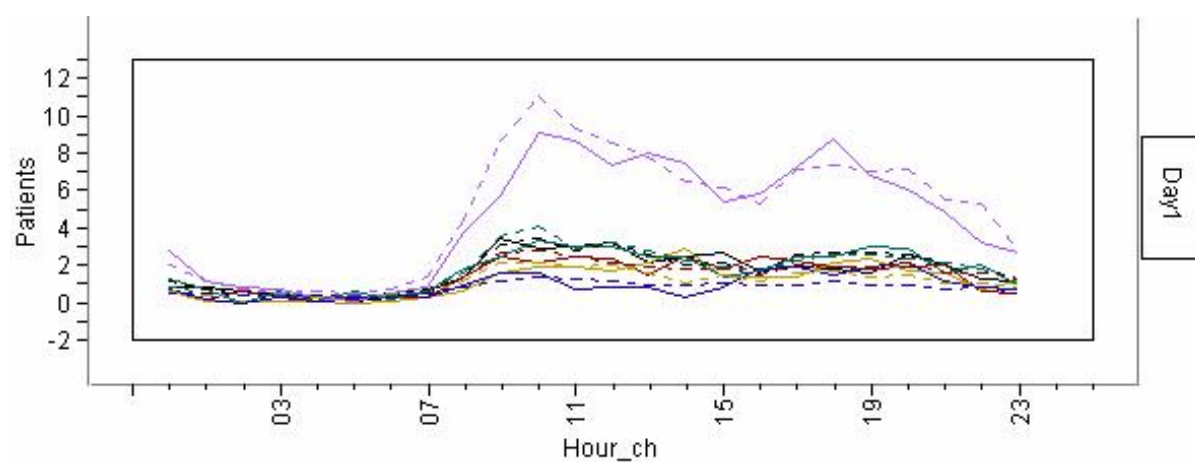
איור 14 קצב הגעת חולים פנימיים למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים)
 Figure14 Internal patient arrival rate to the ED by day of week (6 Hospitals)

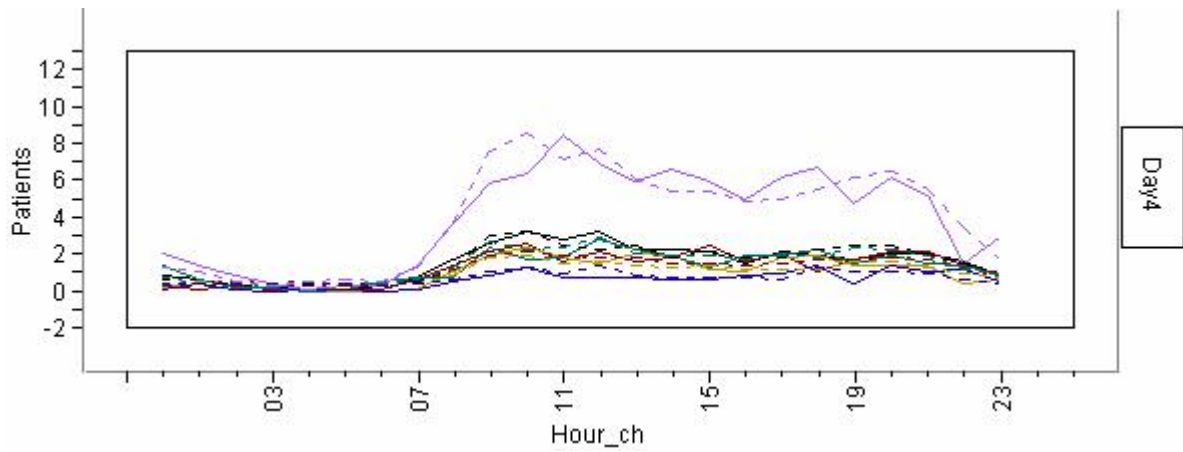
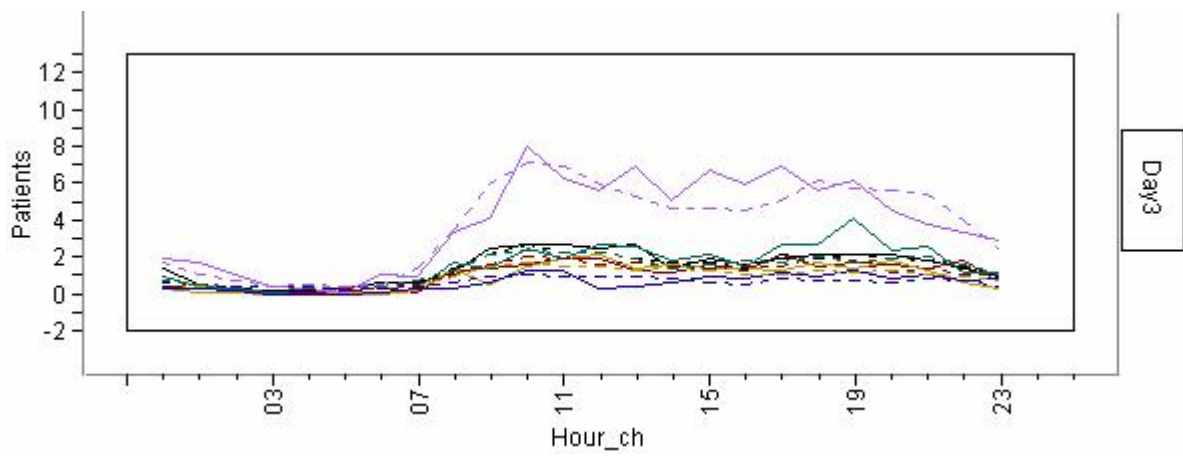
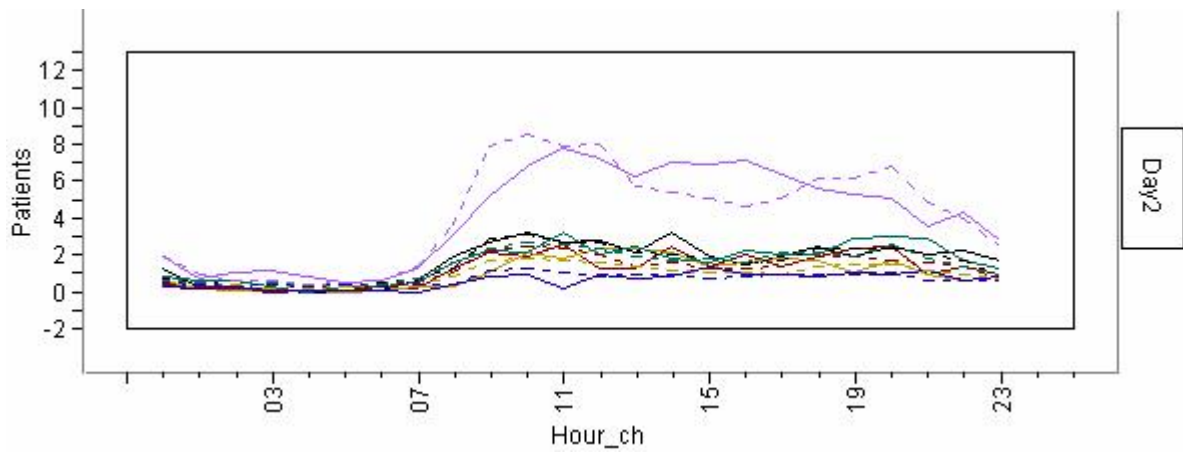


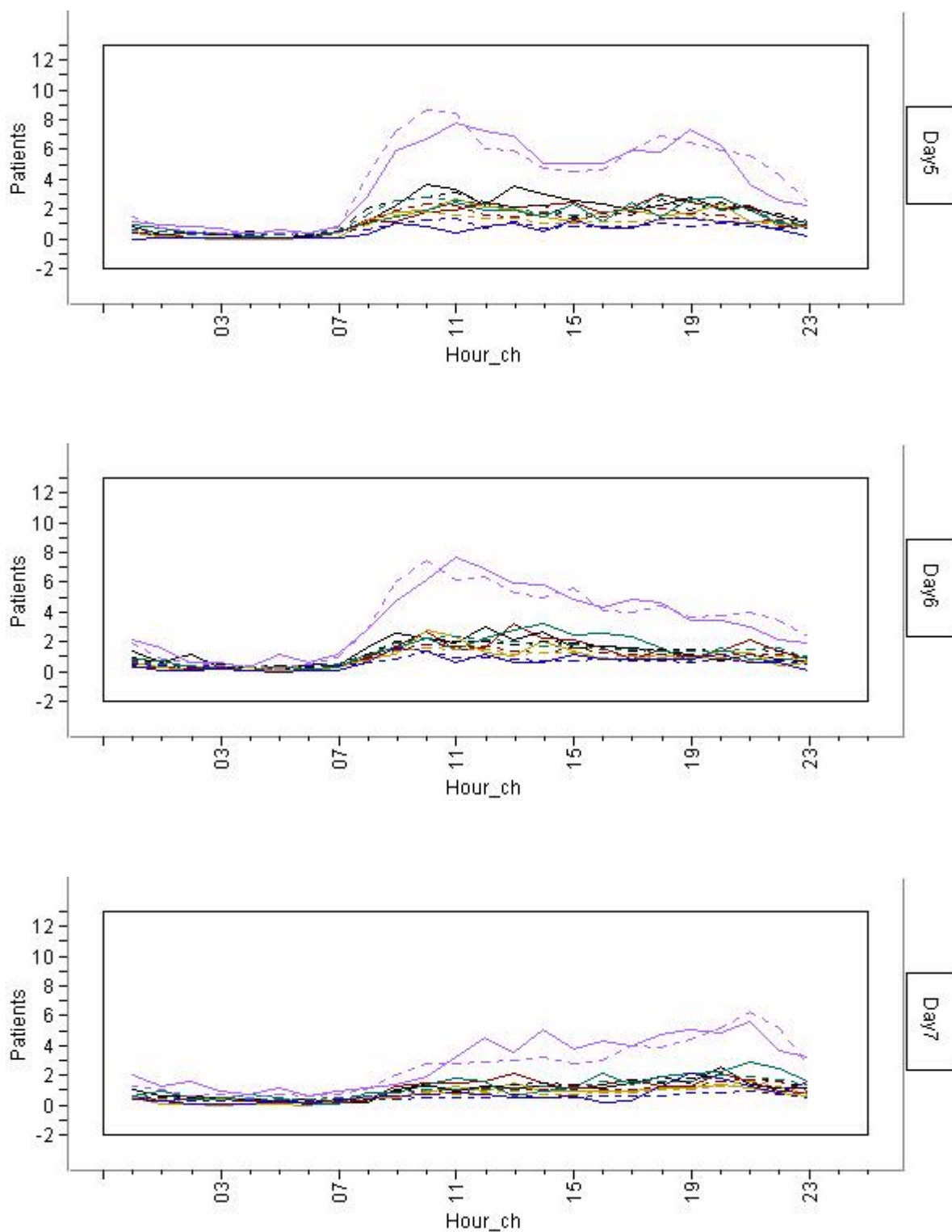




איור 15 קצב הגעת חולים אורתופדי למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים)
 Figure15 Orthopedic patient arrival rate to the ED by day of week (6 Hospitals)



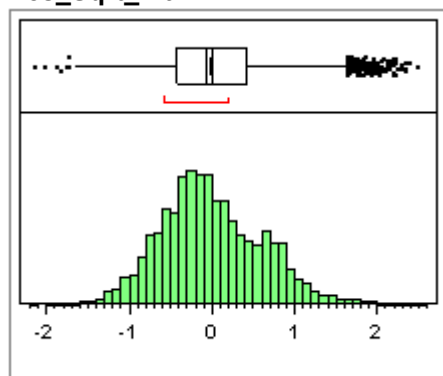




איור 16 קצב הגעת חולים כירורגי למלר"ד בימות השבוע השונים (6 בתי החולים)
 Figure16 Surgical patient arrival rate to the ED by day of week (6 Hospitals)

מאחר ובתי החולים לא נתנו הסכמתם לפרסם את שמותיהם לא יצוין שום פרט מזהה לגביהם.

Res_Sqrt_Int



Quantiles

100.0%	maximum	2.519
99.5%		1.882
97.5%		1.292
90.0%		0.822
75.0%	quartile	0.408
50.0%	median	-0.065
25.0%	quartile	-0.419
10.0%		-0.748
2.5%		-1.079
0.5%		-1.361
0.0%	minimum	-2.122

Moments

Mean	-1.36e-14
Std Dev	0.6154963
Std Err Mean	0.0054066
upper 95% Mean	0.0105977
lower 95% Mean	-0.010598
N	12960

איור 17 דוגמא התפלגות השאריות לחולה פנימי (6 בתי החולים)
Figure17 Residual distribution for Internal patient (6 Hospitals)

ניתוח השאריות ε במודל הנבחן על פני 6 בתי החולים, המתואר באיור 17, מראה כי קיים מתאם טוב בין הערך החזוי של המודל למצב הקיים ולכן ניתן להשתמש במודל המוצע בסימולציה גם עבור 6 בתי החולים הללו.

7.2 מודל הגעת חולים מהמחלקות לרנטגן

7.2.1 בניית המודל

לאחר בחינת הנתונים הממוחשבים הוחלט להעריך את זרם החולים מכל מחלקות בתי החולים למעט המלר"ד, הצפוי לרנטגן באמצעות מודל רגרסיה (26). המוטיבציה של מציאת מודל כזה ברורה. אם קיים מודל להערכת מופע החולים, לא נדרש למצוא את המופע בכל בית חולים מחדש. ההגעה למחלקת הרנטגן היא פונקציה של מספר גורמים אשר תלויים במדיניות בית החולים. לפי הנתונים, מתברר כי מועד ההפסקות של הארוחות מהווה מרכיב המשפיע רבות על תצורת המופע יותר מאשר כל גורם אחר.

בניגוד למצב של מופע החולים למלר"ד, עליו אין לבתי החולים כמעט כל השפעה, במקרה של מחלקת הרנטגן, בתי החולים קובעים מדיניות שונה לגבי רמת השיתוף ואופן השימוש במחלקה. בית חולים "1" לדוגמא, מפעיל מספר אתרי צילום שאחד מהם משותף למלר"ד ולמחלקות החוץ בלבד. היתרון בהחלטה זו היא שהחל משעות הערב, שהן שעות עמוסות במלר"ד, הרנטגן פנוי רק לקבלה מהמלר"ד. בית חולים "2" ובית חולים "4" מפעילים מחלקת רנטגן המשותפת למלר"ד ולשאר מחלקות בית החולים, ואילו בית חולים "3" שולח את חולי המלר"ד לצילום בשני אתרים – אתר אחד רק למשתמשי המלר"ד (בחלק משעות היום) ואתר נוסף משותף למלר"ד ולשאר מחלקות בית החולים.

בית חולים "3" לא הוכנס לחישוב המודל. הסיבה לכך היא שהנתונים שהתקבלו היו שגויים ולא עמדו במבחן מול התצפיות שערכנו וגם מול אימות של ההנהלה. יכול להיות שמערכת המחשוב בבית חולים זו לא מתאימה לאיסוף מלא של הנתונים הללו.

בכדי לשלב את כל אפשרויות הפעלת הרנטגן עם מופע ההגעות לרנטגן השונה בין אמצע השבוע, לסוף השבוע ובין שעות העומס ושעות השפל, חולק מודל ההגעות לארבע חלקים אשר דומים מבחינת מופע החולים בין כל בתי החולים :

✓ המודל הראשון נועד להערכת מופע החולים הצפוי במהלך שעות היום בימות השבוע, ראשון עד חמישי כולל, משעה 06:00 ועד השעה 24:00. מודל זה מתאים לבית חולים "1" רק בין השעות 06:00 עד 12:00. בשעה זו זרם החולים החיצוניים המגיע ממרפאות החוץ יורד בצורה משמעותית וזאת בניגוד לתופעה של התגברות זרם החולים המגיעים בשאר בתי החולים, שמקבלים חולים מכלל מחלקות בית החולים.

✓ המודל השני נועד להערכת מופע החולים הצפוי במהלך סופי שבוע, שישי ושבת משעה 06:00 ועד לשעה 24:00 למעט בית חולים "1" שכמעט ואינו מקבל חולים חיצוניים בעיקר כי מרפאות החוץ אינם פעילות.

✓ המודל השלישי נועד להערכת מופע החולים הצפוי בבית חולים "1" בלבד החל משעה 13:00 ועד לשעה 16:00 בימים ראשון עד חמישי כולל.

✓ המודל הרביעי והאחרון נועד להערכת מופע החולים הצפוי בבתי חולים "2" ו "4" משעה 01:00 ועד השעה 05:00 בכל ימות השבוע כולל סופי שבוע. במקביל נועד מודל זה להערכת מופע החולים הצפוי בית חולים "1" משעה 17:00 ועד השעה 05:00 בימים ראשון עד חמישי ובמהלך סופי שבוע עבור כל שעות היממה.

מאחר ומופע הגעות החולים אינו נורמלי, אלא פואסוני, נדרש להשתמש שוב בטרנספורמצית השורש על מנת לקבל מודל שניתן לבחינה סטנדרטית.

מודל מופע הגעות החולים לרנטגן נבנה על בסיס ההגדרות הבאות :

$i = 1, \dots, N_i$ בתי החולים כאשר N_i מייצג את מספר בתי חולים שעבורם נתקבלו נתונים.

$m = 1, \dots, 12$ החודשים בשנה.

$h = 1, \dots, 24$ השעות ביממה.

$d = 1, \dots, 7$ ימי השבוע.

α_i הוא פרמטר הקשור לבית החולים, β_h הוא פרמטר הקשור לשעה, γ_d הוא הפרמטר הקשור ליום ו δ_m הוא הפרמטר הקשור לחודש.

שורש כמות החולים המגיעים בכל חודש m בכל יום בשבוע d בכל שעה h ובבית חולים i .

מייצג את ממוצע שורש כמות החולים המגיעים בכל החודשים בכל ימי השבוע ובכל שעה ושל כל בתי החולים. לפיכך $\mu + \alpha_i$ מייצג את ממוצע שורש כמות החולים המגיעים בכל החודשים ובכל שעה וניתן למוצאו לפי (19) עבור כל בית חולים כאשר לוקחים את הכמויות מתוך נתוני הרנטגן הרלוונטי.

ε שונות המתפלגת נורמלית $N(0, 0.8^2)$ כפי שניתן לראות באיור 18.

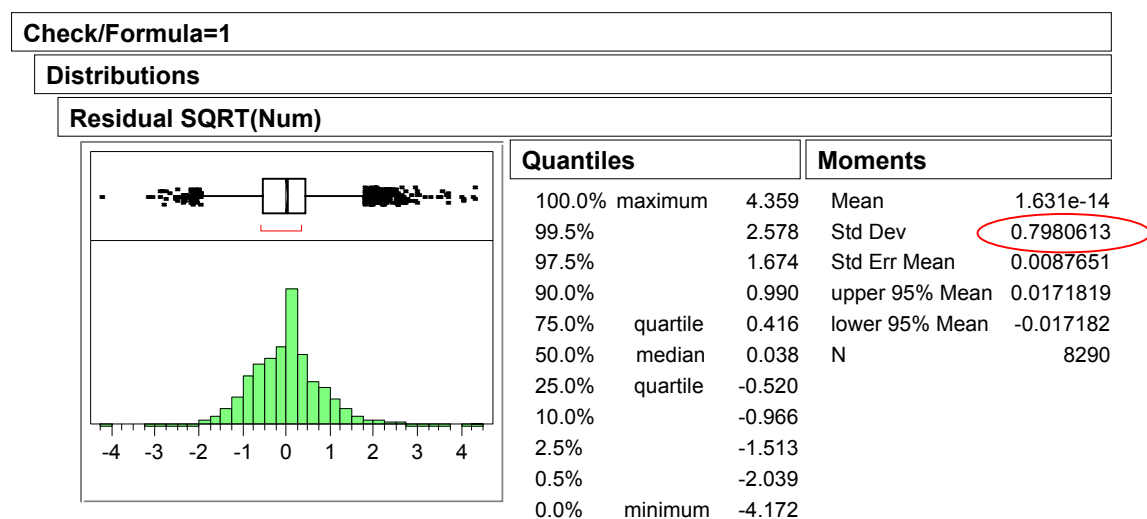
כמו כן קיימות אינטראקציה אחת מובהקת בין השעות לימים $\beta\gamma_{hd}$ אך היא אינה מופיעה באופן ישיר אלא דרך חלוקת האינטראקציה לקטעים ובנייה של נוסחה לכל קטע. ערכי הפרמטרים לארבעת הנוסחאות מופיעים בנספח 8.

$$\sqrt{\hat{n}_{ihdm}} = \mu + \alpha_i + \beta_h + \gamma_d + \delta_m + \varepsilon \quad (26)$$

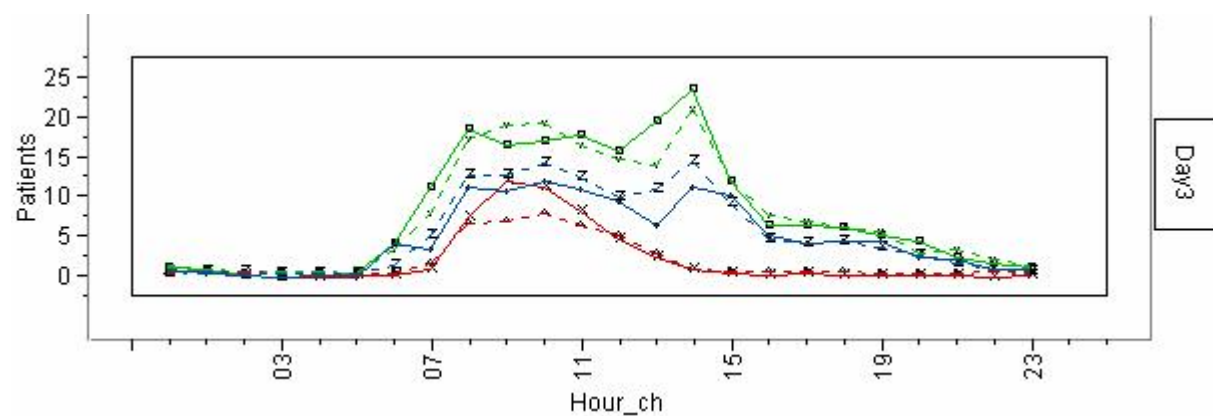
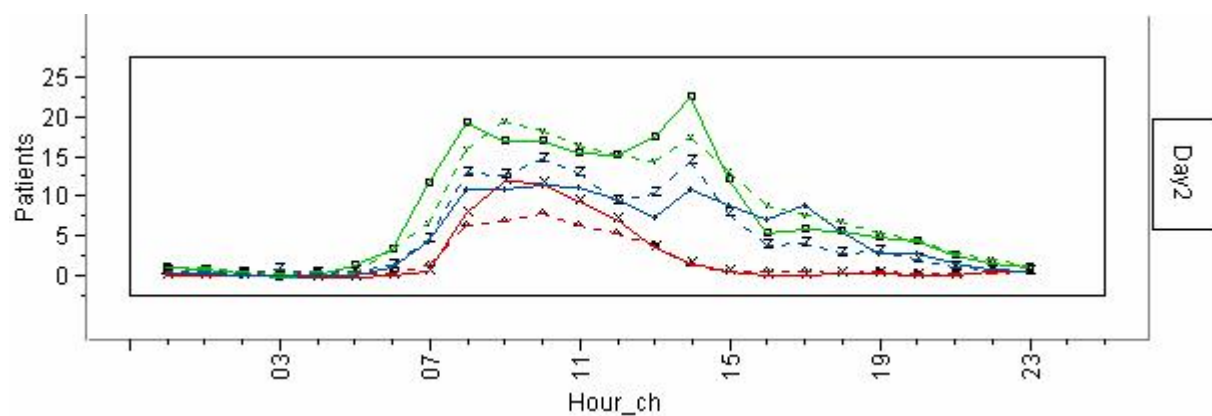
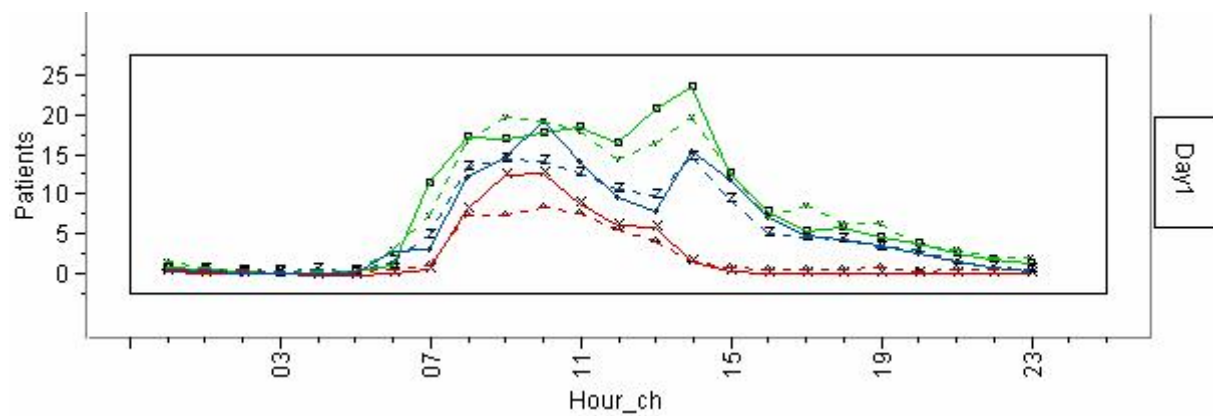
כמות הנתונים שעמדה לרשות ניתוח הנתונים כללה כשנתיים של הגעות לרנטגן מכל בית חולים. לאחר חישוב כמות הגעות בכל שעה, נשארו כ-49,248 נתונים, כל נתון מגדיר את כמות החולים שהגיעה עבור שעה, תאריך ובית חולים כלשהו. בכדי לאפשר תיקוף של המודל המוצע, על ידי בחינתו על נתונים שלא תרמו לבניית המודל, חולקו 49,248 הנתונים לשתי קבוצות אקראיות כך שלכל נתון ניתנה האפשרות, בהסתברות 0.5, להיות בקבוצת המדגם או בקבוצת הבדיקה. 24,538 נתונים נכנסו לבניית המודל ו-24,710 נתונים נכנסו לאוכלוסיית הבדיקה.

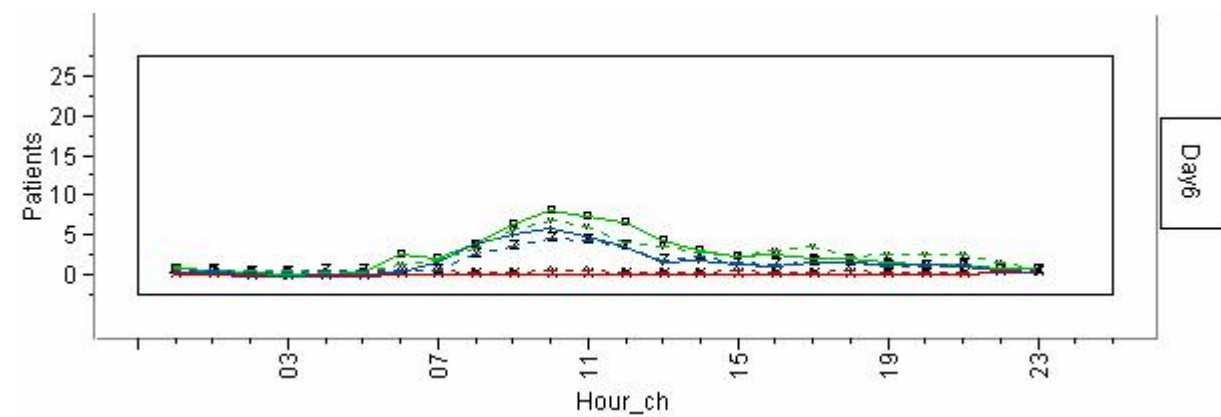
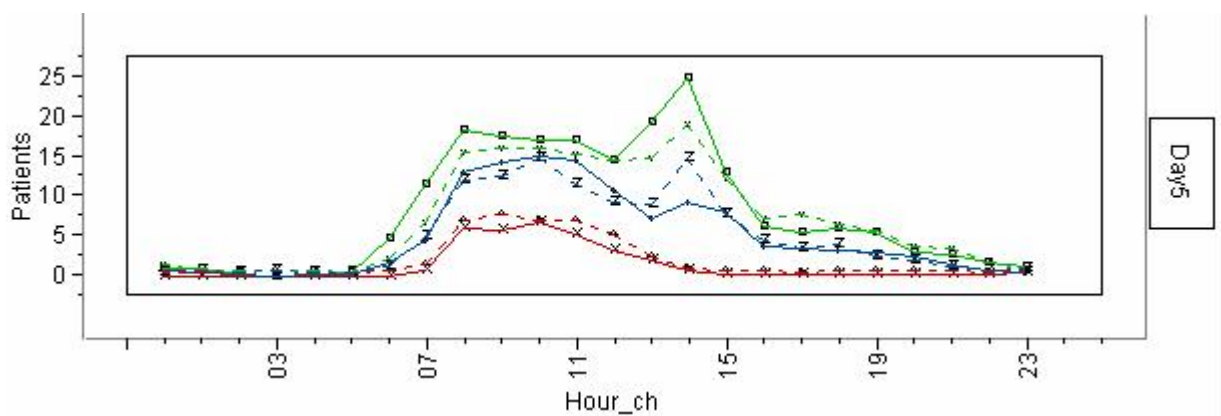
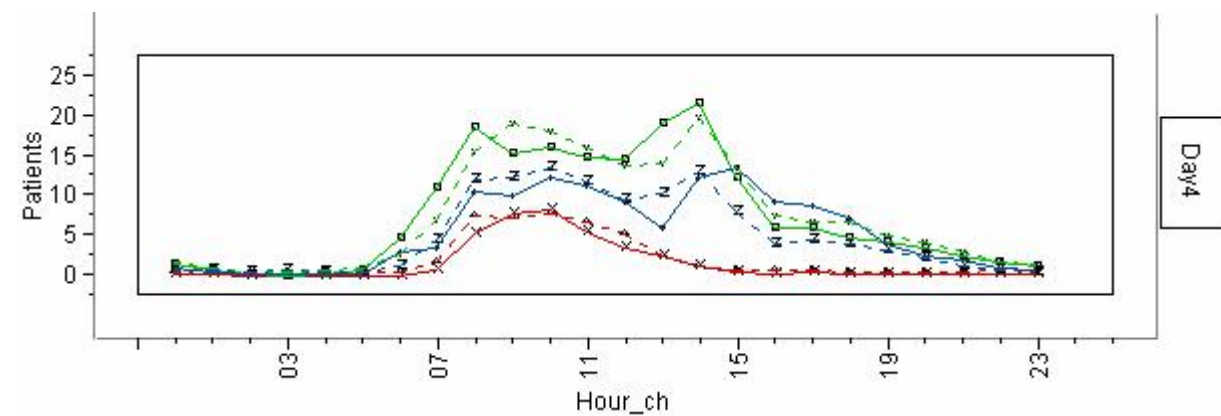
השוואה בין מופע החולים בפועל, לגבי אוכלוסיית בניית המודל, (מתוך נתוני מערכות המידע) לבין מופע החולים המוערך על ידי המודל, כפי שמבוטא ב(27), מוצגת באיור 19. קצב המופע האמיתי מצוין בקו שלם והתחזית בקו מקוקו. הצבעים השונים מייצגים בתי חולים שונים.

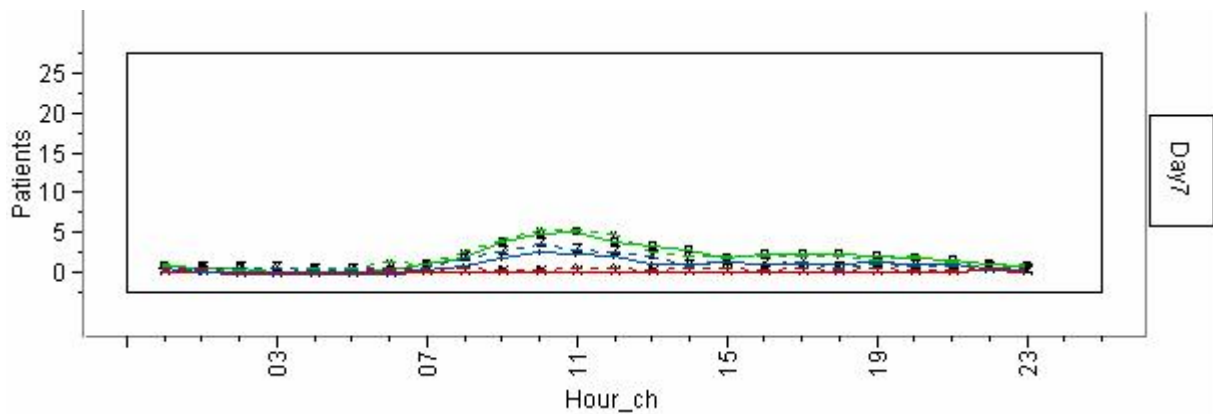
$$\hat{n}_{ihdm} = \left(\sqrt{\hat{n}_{ihdm}} + N(0, 0.8^2) \right)^2 \quad (27)$$



איור 18 התפלגות השאריות עבור קבוצת המדגם.
Figure18 Residual distribution for sample group







איור 19 קצב הגעת חולים שאינם חולי מלר"ד לרנטגן בימות השבוע השונים.

Figure19 Not ED patient arrival rate to the X-Ray by day of week

"1", "2", "4"

מתוך איור 19 נראה כי נשמרת עקביות לאורך מרבית המקרים והכמות הממוצעת בפועל דומה לכמות הממוצעת הצפויה על פי המודל וזאת למרות שיש שימוש במודל מורכב שתלוי גם בזמן וגם בבית החולים.

7.2.2 תיקוף המודל

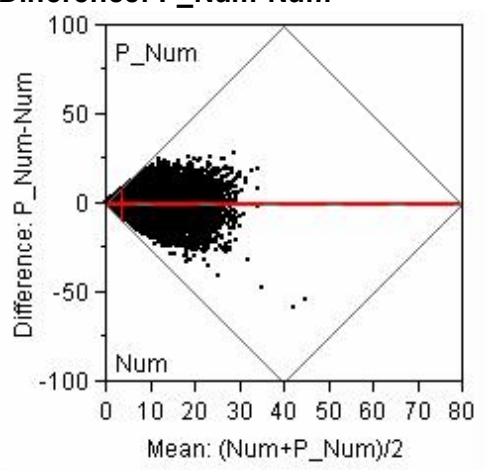
בנוסף לבחינה ויזואלית בדומה לגרפים שמוצגים באיור 19, בוצעה השוואה בין שתי האוכלוסיות אחת מול השניה ונבחן האם יש הבדל ביחס שלהן למודל המוצע. ההשוואה נעשתה באותו האופן שבו משווים את הנתונים אל מול התחזית כאשר שמים לב לשני הקבוצות (המדגם והבדיקה).

תוצאת הניתוח הסטטיסטי, המתואר בפלט תוכנת JMP²⁷ באיור 20, בין שתי האוכלוסיות (Among Pairs) מראה שלא ניתן לקבוע ששתי האוכלוסיות דומות ($p\text{-value}=0.0162$) ברמת מובהקות של 0.05, משמע ששתי האוכלוסיות שנבחרו (אחת לבניית המודל והשניה לבדיקתו) אינן דומות מבחינת הנתונים שלהם (ממוצעים) ולכן אם שתי הקבוצות מראות דמיון בהתנהגות השאריות (כמות מצויה מול חזויה) ניתן לומר שהמודל אכן מתוקף על ידי קבוצת הביקורת. אילו התוצאה הראתה דמיון בין הקבוצות, היה צורך לשנות את האוכלוסיות שוב על מנת שנוכל לבחון את המודל על אוכלוסייה השונה מאוכלוסיית המודל.

כמו כן הניתוח הסטטיסטי מראה כי ניתן לומר שאין הבדל ($p\text{-value}=0.5445$) ביכולת החיזוי של שתי הקבוצות (Within Pairs) ברמת מובהקות 0.05, זאת אומרת שגם קבוצת הביקורת, כמו קבוצת 6 בתי החולים במודל הגעות החולים למלר"ד, מראה שהמודל מבצע חיזוי טוב של המצב הקיים.

איור 21 מציג שגם התפלגות סטיית התקן של המודל, על קבוצת הביקורת, מתנהגת בצורה דומה להתנהגות סטיית התקן של קבוצת המדגם באיור 18, קרי התפלגות נורמלית ($N(0, 0.8^2)$).

Matched Pairs **Difference: P_Num-Num**



P_Num - כמות חולים חזויה

Num - כמות חולים נתונה

P_Num	3.94978	t-Ratio	0.032725
Num	3.94916	DF	49247
Mean Difference	0.00062	Prob > t	0.9739
Std Error	0.01908	Prob > t	0.4869
Upper95%	0.03803	Prob < t	0.5131
Lower95%	-0.0368		
N	49248		
Correlation	0.74834		

Across Groups

Check/Formula	Count	Mean Difference	Mean Mean
1	24538	0.0122	4.0098
2	24710	-0.011	3.8896

Test Across Groups	F Ratio	Prob>F	Within Pairs	Y Axis
Mean Difference	0.3672	0.5445	Among Pairs	X Axis
Mean Mean	5.7763	0.0162		

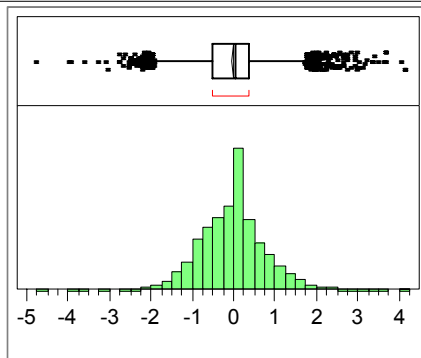
איור 20 השוואה בין קבוצת המודל לבין קבוצת התיקוף.

Figure20 Comparing the model group to the validation group

Check/Formula=2

Distributions

Residual SQRT(Num)



Quantiles			Moments	
100.0%	maximum	4.189	Mean	-0.021686
99.5%		2.567	Std Dev	0.7945662
97.5%		1.627	Std Err Mean	0.0088144
90.0%		0.955	upper 95% Mean	-0.004407
75.0%	quartile	0.388	lower 95% Mean	-0.038964
50.0%	median	0.026	N	8126
25.0%	quartile	-0.528		
10.0%		-0.977		
2.5%		-1.530		
0.5%		-2.157		
0.0%	minimum	-4.743		

איור 21 התפלגות סטיית התקן של שאריות בקבוצת הביקורת.

Figure21 Standard deviation distribution of the residual from inquiry group

7.3 מודל הליכות הצוות במלר"ד

הסימולציה חייבת לכלול התחשבות בזמני הליכות הצוות הרפואי משתי סיבות עיקריות:

✓ הסימולציה משמשת ככלי המתאר את המצב האמיתי במלר"ד. הצוות הרפואי מבלה חלק ניכר (בין 5% לבין 11%) מעבודתו בתנועה בין נקודות שירות במערכת ולכן יש לכלול את גורם זמן הזה במודל עצמו.

✓ בעת תכנון ארכיטקטוני והקמה של מלר"ד חדש, יש לקחת גורם זה בחשבון. מלר"ד שבו הצוות מבלה זמן ניכר בתנועה ממקום למקום הנו פחות יעיל מכיוון שזמן התנועה בה על חשבון זמן טיפול בחולים והתוצאה הנה הארכת ההמתנות לצוות הרפואי ומכאן שהיית חולים ארוכה יותר במלר"ד. השירות יכול להיפגע גם משום שהצוות ימנע מביצוע פעולות הדורשות תנועה מיוזמתם כמו מעקב אחרי חולים. לבסוף, מרחקי הליכה ארוכים יכול להשפיע גם על עייפות הצוות ובכך להגדיל את הסיכוי לטעויות ולתאונות.

דוגמא לתכנון ארכיטקטוני לקוי הנו מלר"ד שנבנה בשנים האחרונות באחד מבתי החולים בארץ מבלי שנבחנו זמני הליכות הצוות הרפואי. התוצאה הייתה מרחקי הליכה ארוכים ביותר שהביאו את ההנהלה לידי סגירת מרחבים ויצירת מרחב קטן ופחות מתוכנן וזאת מכיוון שהצוות לא עמד בהליכות הארוכות הנדרשות ממנו.

7.3.1 בניית המודל

בכדי לבנות את מודל הליכות נותחו תצפיות שבוצעו במיוחד לצורך כך על הצוות הרפואי¹ והוחלט להעריך את משך הזמן הצפוי להליכת הצוות הרפואי (אחות ורופא) באמצעות מודל רגרסיה. מודל הקושר בין מרחקי ההליכה לגודל (שטח ומספר מיטות) המלר"ד ולמרחק בין נקודות הפעילות השונות קרי מיטות החולים, הדלפקים, תחנות האחיות וארונות התרופות.

להלן רשימת הסימונים בהם ישמשו להצגת המודלים:

T_p – זמן ההליכה של איש הצוות הרפואי לכל קריאת חולה [שניות].

W – רוחב החדר בו מתפקד איש הצוות הרפואי [ס"מ].

L – אורך החדר בו מתפקד איש הצוות הרפואי ($W < L$) [ס"מ].

d_c – מרחק לדלפק המלר"ד [ס"מ].

d_r – מרחק לחדר טיפולים [ס"מ].

d_m – מרחק לארון התרופות [ס"מ].

d_s – מרחק לתחנת אחיות [ס"מ].

N_b – מספר מיטות חולים בחדר [ס"מ].

¹ התצפיות בוצעו בבית חולים "1" עד "4" אך לא בבית חולים "5" משום שהוא פסק מלשתף פעולה בשלב זה.

כל המרחקים נמדדו ביחס למרכז החדר או האגף שהצוות הרפואי אחראי עליו. לכל סוג איש צוות יתכן זמן הליכה ממוצע שונה.

מודל ההליכה של הרופאים (28):

$$T_p = [-461.371268342921 + 0.500414439300761*W + 0.126275288417277*d_c + 0.133544928957557*d_r + 0.000472534979040617*(d_c-703.5)*(W-596.5) + 0.000338726784193659*(d_r-2043.8125)*(W-596.5) + \varepsilon(0,150^2)]/N_b$$

מודל הליכה של האחיות (29):

$$T_p = [-7695.81993670922 + 6.61122835078183 *W + 5.19359907065724*d_s + 1.50267086900357*d_m + 0.02921494804847*(d_m-499.44444)*(W-806.66667) + 0.008745876869468*(d_m-1176.66667)*(W-806.66667) + \varepsilon(0, 415^2)] / [N_b*L/W]$$

יש לשים לב שמודלי ההליכות הנ"ל אינם מודלים ליניאריים, אך ניתן להתאימם למודל כזה. מודל הרופאים הוכפל ב- N_b בשני צדדיו על מנת שיהפוך לליניארי, ומודל האחיות הוכפל ב- N_b*L/W .

מידת התאמת המודלים הליניאריים גבוהה כפי שבא לידי ביטוי בשונות המוסברת הגבוהה המוצגת באיור 22 ($R^2=0.73$) עבור מודל ההליכות של הרופאים ובאיור 24 ($R^2=0.67$) עבור מודל ההליכות של האחיות. שאריות המודל (ε) של מודל ההליכות הרופא והאחיות מוצגים באיור 23 ובאיור 25 בהתאמה. באיורים אלו ניתן לראות את הפירוט של הניתוח הסטטיסטי שבוצע ב-JMP²⁷ הבוחנים את המודלים המוצעים ואת השאריות (ההבדל בין המודל לבין הנתונים). ככל שהשונות המוסברת גבוהה יותר (R^2), כך ניתן לומר שההבדלים בין הנתונים השונים מוסברים יותר על ידי המודל (ולא על ידי פרמטר אחר). רמת המובהקות של המודל (עד כמה לא בטוחים שמקדמי הפרמטרים של המודל שונים מאפס $\text{Prob}>F$) צריכה להיות קטנה מרמה סבירה (0.01) בכדי שניתן יהיה לקבל את המודל מבחינה סטטיסטית.

Response $T_p * N_b$

Summary of Fit

RSquare	0.736629
RSquare Adj	0.697898
Root Mean Square Error	160.1815
Mean of Response	254.2
Observations (or Sum Wgts)	40

Analysis of Variance

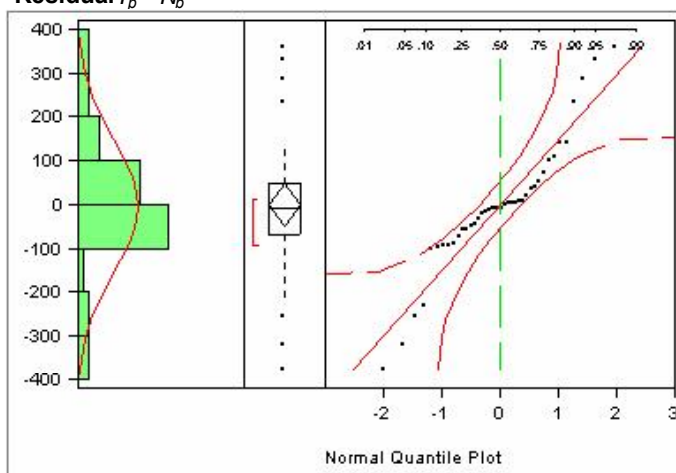
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	2439976.3	487995	19.0191
Error	34	872376.1	25658	Prob > F
C. Total	39	3312352.4		<.0001

Lack Of Fit

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	5	52198.01	10439.6	0.3691
Pure Error	29	820178.13	28282.0	Prob > F
Total Error	34	872376.14		0.8655
				Max RSq
				0.7524

איור 22 – ניתוח שונות מוסברת של מודל ההליכות הרופאים
Figure22 Analysis of explained variance of physician walking model

Distributions Residual $T_p * N_b$



Quantiles

100.0%	maximum	363.0
99.5%		363.0
97.5%		362.2
90.0%		226.0
75.0%	quartile	50.5
50.0%	median	-6.5
25.0%	quartile	-67.4
10.0%		-216.1
2.5%		-371.6
0.5%		-373.0
0.0%	minimum	-373.0

Moments

Mean	1.918e-14
Std Dev	149.56142
Std Err Mean	23.647737
upper 95% Mean	47.832063
lower 95% Mean	-47.83206
N	40

איור 23 – ניתוח שאריות (רעש) מודל ההליכות של הרופאים
Figure23 Analysis of residual of physician walking model

Response $Tp * N_b * W/L$

Summary of Fit

RSquare	0.674833
RSquare Adj	0.597412
Root Mean Square Error	461.2887
Mean of Response	917.5979
Observations (or Sum Wgts)	27

Analysis of Variance

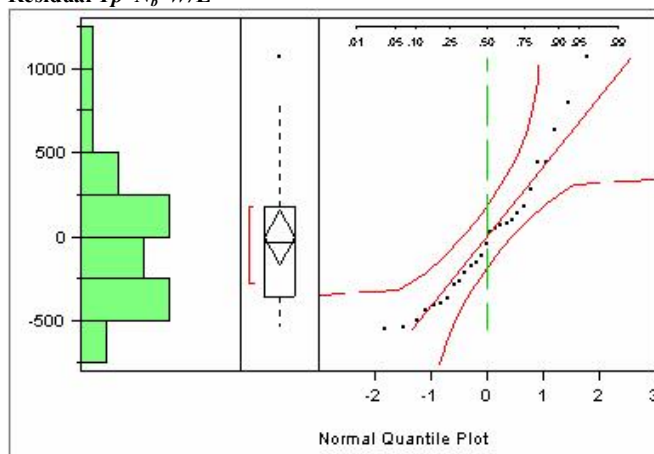
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	9273724	1854745	8.7164
Error	21	4468533	212787	Prob > F
C. Total	26	13742257		0.0001

Lack Of Fit

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Lack Of Fit	1	328372.1	328372	1.5863
Pure Error	20	4140160.7	207008	Prob > F
Total Error	21	4468532.8		0.2224
				Max RSq
				0.6987

איור 24 – ניתוח שונות מוסברת של מודל הליכות של האחיות
Figure24 Analysis of explained variance of nurse walking model

Distributions Residual $Tp * N_b * W/L$



Quantiles

100.0%	maximum	1074
99.5%		1074
97.5%		1074
90.0%		670
75.0%	quartile	183
50.0%	median	-34
25.0%	quartile	-358
10.0%		-502
2.5%		-542
0.5%		-542
0.0%	minimum	-542

Moments

Mean	-6.25e-12
Std Dev	414.56803
Std Err Mean	79.783654
upper 95% Mean	163.99765
lower 95% Mean	-163.9976
N	27

איור 25 – ניתוח שאריות (רעש) מודל ההליכות של האחיות
Figure25 Analysis of residual of nurse walking model

7.3.2 תיקוף המודל

בכדי לבחון את המודל התבצעו תצפיות בבית חולים נוסף ("6"). במלר"ד של בית חולים זה נאספו כ-20 שעות תצפית על רופאים וכ-13 שעות תצפית על אחיות. ההשוואה נעשתה באותו האופן שבו משווים את ממוצע הזמן של הליכות כל משאב אל מול התחזית של המודל (הכוללת גורם אקראי).

תוצאות הניתוח הסטטיסטי, באמצעות תוכנת Excel, נבדקו עבור כל מודל בנפרד. בניתוח הנתונים עבור מודל של הרופא כמתואר באיור 26, התקבל כי לא ניתן לסתור את המודל ($p\text{-value}=0.28$) ברמת מובהקות של 0.05, ובניתוח הנתונים עבור מודל ההליכות של האחיות התקבל גם כן שהמודל לא ניתן לסתירה ברמת מובהקות של 0.05 ($p\text{-value}=0.74$).

Anova: Single Factor

SUMMARY				
Variance	Average	Sum	Count	Groups
754.39	44.93	898.55	20	Column 1
472.03	36.35	727	20	Column 2

ANOVA						
F crit	P-value	F	MS	df	SS	Source of Variation
4.09817	0.28025	1.20	735.74	1	735.7416732	Between Groups
			613.21	38	23301.97732	Within Groups
				39	24037.719	Total

איור 26 ניתוח הבדל בין תצפיות למודל (רופא)

Figure26 Analysis the difference from observation an physician model

Anova: Single Factor

SUMMARY

Variance	Average	Sum	Count	Groups
374.9359	39.5385	514	13	Column 1
494.8512	36.8035	478.45	13	Column 2

ANOVA

F crit	P-value	F	MS	df	SS	Source of Variation
4.25968	0.74101	0.111798	48.6203	1	48.62028503	Between Groups
			434.894	24	10437.44486	Within Groups
				25	10486.06515	Total

איור 27 ניתוח הבדל בין תצפיות למודל (אחות)

Figure27 Analysis the difference from observation an nurse model

7.3.3 יישומיות המודל

למרות תקפותו של המודל, יש קושי מסוים בחישוב הפרמטרים השונים הדרושים למודל. לדוגמא, כיצד יש לחשב את גודל אגף שחלקו חולים שוכבים וחלקו מתהלכים, או את כיצד לחשב מרחקים כאשר יש מסדרונות ובהם מכשולים שונים על הרצפה.

המודל גם רגיש לטעויות וכל נתון לא מדויק מורגש בו בעוצמה רבה. לדוגמא בלבול בין רוחב לאורך יכול ליצור מצב של ממוצע שלילי (ולכן לא הגיוני) לפיכך בעת יישום המודל יש לאפשר בחינה של הממוצעים מול ניסיון המשתמש ותיקונם (כפי שמבוצע גם עבור תהליך הזרימה בסימולציה).

בחינת יישומיות המודלים שונה בין מודל ההליכות לעומת מודל מופע החולים או הרנטגן. ההבדל נוצר גם בשל העובדה שהמודל מבוסס על נתונים מעטים, וזאת בניגוד לנתונים הרבים שנשאבו מתוך מערכת המידע ומשמשים לביסוס המודלים הקודמים. בשל כך יש חשש לטעויות אנוש רבות.

דוגמא לשרטוט של מלר"ד בבית חולים "4" ניתן לראות באיור 28 שבו מודגשים המרחקים של כל משאב. מלר"ד זה מאופיין גם בחדר אחד גדול עבור חולים פנימיים וכירורגים, כך שמספר המיטות משותף לשני סוגי הרופאים. במלר"ד זה צוות אחיות אחד המטפל בעיקר בחולים פנימיים וכירורגיים. חולים אורתופדיים המגיעים למלר"ד זה הם חולים מתהלכים בלבד אשר מטופלים על ידי אחות טריאז בלבד. ניתן לצפות בפרמטרים של המודל בטבלה 17.

טבלה 17 הפרמטרים של מודל הליכות הצוות לפי סוג חולה

Table 17 Parameters of stuff walking model by patient type

סוג חולה	L	W	d_c	d_r	d_m	d_s	N_b	T_p (רופא)	T_p (אחות)
O	570	255	233	653	3975	-	1	18	-
Int-S	2820	780	1320	2862	1320	750	18	31	38

8 תאור הכלי (ממשק משתמש)

ממשק המשתמש מתחלק לשלוש חלקים :

✓ מסכי הצגת הנתונים.

✓ אנימציה דינאמית.

✓ פלט גראפי.

8.1 מסכי הצגת הנתונים

ממשק זה בנוי ממספר תפריטים חלונאיים ומאפשר את קביעת כל הפרמטרים הנדרשים לשם התאמת מודל ההפעלה הכללי למודל ההפעלה הרצוי עבור המלר"ד הנבחר.

כמו בכל תוכנת חלונות, ניתן להקליד נתונים, לשנותן, לבחור מתוך רשימות מוצעות ואף לבחור קבצי עבודה שונים. בכל מסך ניתן לאשר את התוצאה או לעזוב את המסך ללא שינוי. ניתן לשמור את כל הנתונים שהוקלדו או לחזור לגרסאות קודמות.

המסך הראשון המוצג באיור 29 הוא מסך הפתיחה של הממשק. במסך זה ניתן לבחור את סוג מודל ההפעלה של המלר"ד ואת בסיס הנתונים, כולל בתוכו את כל המידע להפעלת הסימולציה, עליו מתבצעות התאמות המודל.

לחץ על שיטת הפעלת חדר הסיון

הכשרת דופא חיון

אחבולטורי / שוכבים

הכשרת דופא מקצועי

פנימי / טראומה

אחבולטורי / שוכבים

☐ מסלול מהיר

בחר אחד מתוך שלושה מסדי נתונים לרשומה אר קובץ אחד

db1 db2 db3

בחר מסד נתונים אחד

בחר מסד נתונים

איור 29 – מסך פתיחה

Figure29 Opening screen

מטרות המסך :

החלטה על מודל ההפעלה של המלר"ד וזאת על פי הכשרת רופאי המלר"ד. ההחלטה משפיעה על אפשרויות בחירת סוגי הרופאים האפשריים ושמות החדרים במסכי המשך :

✓ רופא מקצועי – פנימי / טראומה (כירורג / אורתופד).

✓ רופא מקצועי – אמבולטורי / שוכבים.

✓ "רופא מיון" – הכשרה חדשה, הקיימת כבר בארצות הברית, אך עדיין לא נפוצה בארץ.

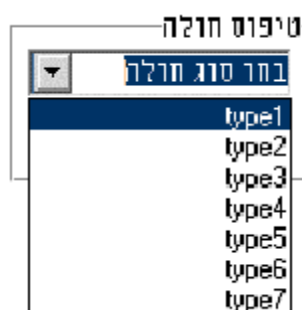
✓ החלטה על מסלול מהיר. משפיע על שמות החדרים ועל יכולת ההחלטה של האחות הממיינת (במצב "לא מופעל" החלטה על כך שהשיבוץ שגוי, מתבצעת על ידי רופא בלבד, ובמצב "מופעל" האחות מקבלת את ההחלטה).

✓ בחירת בסיס הנתונים. משפיע על הנתונים המוצגים בהמשך המסכים השונים. עם זאת כל נתון ניתן לשינוי על פי הצורך.

✓ בחירה מתוך שלוש בסיסי הנתונים האופייניים של בתי החולים שמסרו נתונים מלאים ("1", "2" ו-"4").

✓ בחירה בבסיס נתונים אחר (לדוגמא – בסיס הנתונים של המלר"ד בהרצה קודמת), או בסיס הנתונים הממוצע שבנוי על סמך הנחות המודל בפרק 5.

לאחר בחירת מודל ההפעלה מתקבל המסך הראשון המוצג באיור 30 בו מתבקש המשתמש לבחור את החולה הראשון להצגה. ניתן לבחור עד 7 סוגי חולים שונים.

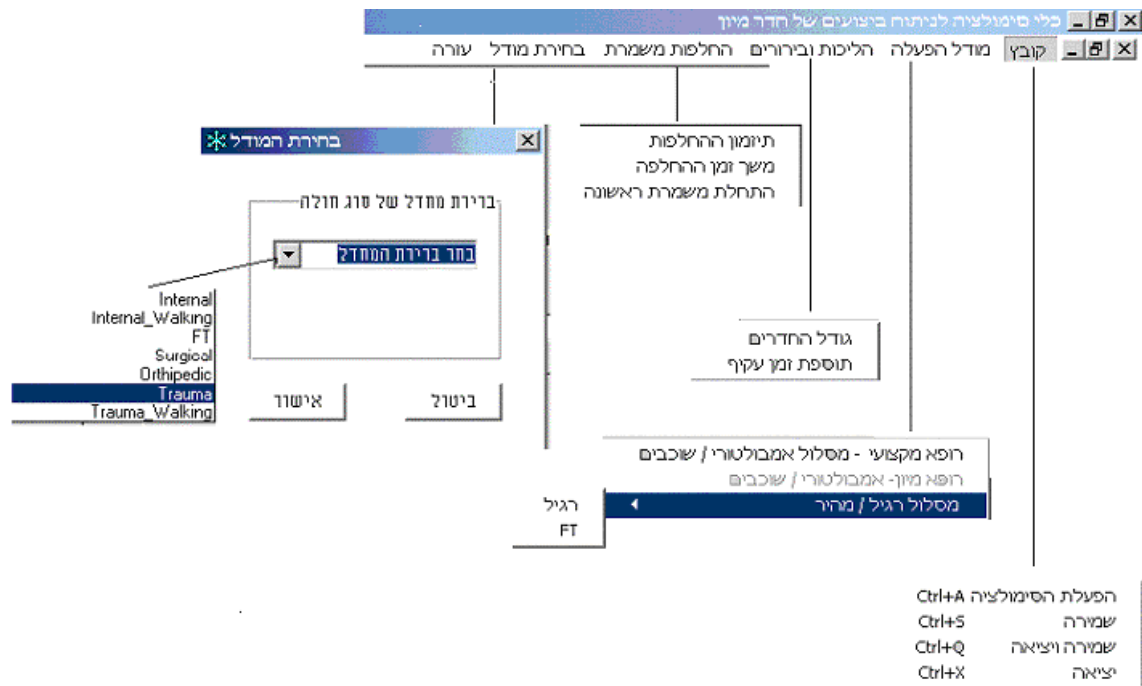


איור 30 – בחירת סוג חולה להצגה

Figure30 Choosing patient for display

לאחר בחירת החולה מוצג המסך הראשי המתואר באיור 31. מסך זה מתאר את התהליך אותו עובר החולה ומרכז בתוכו את מרבית הפרמטרים הנדרשים על מנת להגדיר תהליך זה. הפרמטרים מתחלקים לשני חלקים. האחד מתאר את זרימת החולה על ידי הגדרת אחוזי המעבר מפעולה אחת לשנייה והשני מתאר זמני הפעולות.

בנוסף מוגדרים פרמטרים נוספים אשר ניתן לצפות בהם במסכי המשנה או בסרגל הכלים. ניתן להגיע ממסך זה לכל מסך משנה, על ידי לחיצה על הלחצנים המודגשים.



איור 32 – סרגל כלים
Figure32 Toolbar

8.1.1.1 סרגל כלים - קובץ

כמו בכל תוכנה במערכת חלונות, יש אפשרות לבצע פעולות שונות על קובץ התוכנית. האפשרויות בכלי הסימולציה אינן שונות באופן מובהק:

✓ הפעלת הסימולציה – הופכת את הנתונים שהוזנו אל הקובץ, לתצורה שבה תוכנת ARENA יכולה לקרוא אותן ולהפעילם. ההתאמות נעשות באופן אוטומטי דרך התוכנה ולכן המשתמש לא נדרש להתערב באמצעות חלון נוסף, אלא אם כן הקובץ לא נשמר לפני כן. במקרה כזה המשתמש יתבקש לשמור את הקובץ לפי ביצוע ההפעלה. התוצאה של פעולה זו היא תוכנית מורצת בתוכנת ARENA וסגירה של ממשק המשתמש.

✓ שמירה – במידה והקובץ לא נשמר בעבר, המערכת תבקש לשמור את הקובץ ותיתן שם הכולל תאריך כשם ברירת מחדל. במקרה זה המשתמש יקבל מסך "שמירה בשם" הזהה למסך המוכר בשם זה במערכת החלונות. במידה והקובץ כבר עבר תהליך של שמירה בשם, המערכת תשמור את השינויים באופן אוטומטי. בכל מקרה בסוף התהליך המשתמש יחזור למסך שממנו יצא (מסך ראשי).

✓ שמירה ויציאה – בדומה לאופציית השמירה, אך בסוף התהליך התוכנה תסיים את פעולתה.

✓ יציאה – יציאה מהתוכנה ללא שמירה וללא פעולות נוספות.

8.1.1.2 סרגל כלים – מודל הפעלה

אפשרות זו מוצגת למשתמש המעוניין לשנות את בחירתו הראשונית במסך הפתיחה, או לבחון כיצד ישתנו פלטי הסימולציה עקב שינוי במודלי ההפעלה או בעקבות שינוי התפיסה לגבי הפעלת מסלול מהיר. האפשרויות מוצגות באופן דינאמי כך שלא מוצג מודל ההפעלה הקיים. ההשפעה של השינויים מפורטת בפרק 6.

האפשרויות השונות:

- ✓ רופא מקצועי (פנימי / טראומה) – בכל חדר יכול להיות רופא או אחות מסוג פנימי, כירורגי או אורתופדי בלבד. שמות החדרים פנימי, כירורגי או אורתופדי בהתאם.
- ✓ רופא מקצועי (אמבולטורי / שוכבים) – הצוות זהה לאפשרות הקודמת, אך החדרים מזוהים לפי חדר לחולים אמבולטוריים וחדר לחולים שוכבים.
- ✓ רופא מלר"ד – הצוות מחולק לצוות המטפל בחולים אמבולטוריים ולצוות המטפל בחולים שוכבים (אקוטיים). החדרים מחולקים בהתאם לחדרים של חולים אמבולטוריים וחדרים לחולים שוכבים.
- ✓ מסלול רגיל / מהיר – נותן אפשרות לבחור הפעלת מסלול מהיר. כאשר "מסלול רגיל" מופעל לחץ "שינוי" יופיע לאחר "רופא" (בדיקת רופא), כפי שמופיע באיור 31. במידה ו"מסלול מהיר" נבחר, לחץ "שינוי" יופיע אחרי "אחות" (בדיקת אחות) שהוא מעט לפי "רופא".

8.1.1.3 סרגל כלים – הליכות ובירורים

סימולציה של מלר"ד לא תהייה שלמה בלי להתחשב גם בתנועה של הצוות במלר"ד ובעבודה הנוספת שעליהם למלא. בכדי להקל על מודל הסימולציה פותחו מודלים מתמטיים המדמים את תנועת הצוות הרפואי במלר"ד (פרק 7). הזמן הנוסף נחקר באמצעות חקר זמן ישיר על הצוות במלר"ד ומוצגים בו ממוצעי זמן החקר בכל בתי החולים. כמובן שכל נתון ניתן לשינוי, במידה והמודל מחולל נתון שלא תואם את הצפיות של הצוות הרפואי.

אפשרויות בחירה בסרגל הכלים - הליכות ובירורים:

- ✓ גודל חדרים – פותח את המסך המתואר באיור 33. הנתונים המוקלדים עבור המשאב (איש הצוות) המוצג בחלונית (רופא/אחות בחדר הממוספר מ-1 ועד 8). המרחקים מוגדרים בסנטימטרים והם רוחב ואורך החדר וכן המרחקים ממרכז החדר לדלפק המלר"ד, לחדר הטיפולים לארון התרופות ולתחנת האחיות. בנוסף נדרש להגדיר גם מספר המיטות עליהן מופקד איש הצוות. לאחר לחיצה על לחץ חישוב תוספת הזמן, מחולל מודל ההליכות את הזמן ומציב אותו בחלונית. ניתן לשנות זמן זה בכל רגע, גם לולא חולל זמן זה מהמודל.
- ✓ תוספת זמן עקיף - פותח את המסך המתואר באיור 34. הנתונים המוקלדים עבור המשאב (איש הצוות) המוצג בחלונית (רופא/אחות בחדר הממוספר מ-1 ועד 8). הזמן בדקות מציין את הזמן העקיף שאיש הצוות משקיע, לדוגמא, באיסוף נתונים ורישומם, בירורים ותחזוקת ציוד רפואי (מילוי ציוד על ידי האחיות) או תרופות.

WalkingDR_Nurse

חשב תוספת זמן

תוספת זמן בשניות

9.928215041209

נתונים

רוחב החדר (ס"מ)	700
אורך החדר (ס"מ)	700
מרחק לדלפק המלד"ר (ס"מ)	600
מרחק לחדר טיפולים (ס"מ)	900
מרחק לארון התרופות (ס"מ)	200
מרחק לתחנת אחיות (ס"מ)	600
מספר מיטות בחדר	4

לחץ למעבר בין החדרים ומשאבים

קודם **הבא**

חדר ומשאב

רופא בחדר 3

חזור

איור 33 – מודל הליכות צוות רפואי
Figure33 Stuff walking model

AdditionalDR_Nurse

תוספת זמן בדקות

1.1

לחץ למעבר בין החדרים ומשאבים

קודם **הבא**

חדר ומשאב

רופא בחדר 1

חזור

איור 34 – תוספת זמן עקיף
Figure34 Additional time

8.1.1.4 סרגל כלים – החלפת משמרת

החלפת המשמרות הוא נושא מורכב. לכל סוג איש צוות יכולה להיות משמרת באורך שונה, התחלת משמרת שונה ואף משך הזמן המיועד להחלפת המשמרת יכול להשתנות. דוגמא טובה למורכבות ניתן לראות בבית חולים "4" בו לצוות האחיות משמרות של 6 שעות (לא 8 כפי שיש בשאר בתי החולים) המתחילות בשעה 6:00 (לא 7:00 כמו בשאר בתי החולים) ואילו הרופאים מחליפים רק שתי משמרות ביממה (הראשונה מתחילה בשעה 8:00 והשנייה בשעה 16:00).

לפיכך נוצר צורך לתאר את החלפת המשמרות באופן הבא :

✓ תזמון ההחלפות – פותח את המסך המתואר באיור 35. הנתונים המופיעים במסך זה הם משך כל משמרת (כאשר יש הנחה שלמשמרת כפולה של 16 שעות יש צורך לבצע סבב מלא הקרוי "סבב רופאים" גם באמצע המשמרת). הנתונים מוקלדים עבור כל סוגי אנשי הצוות הרלוונטיים לסוג מודל הפעלת המלר"ד שנבחר.

✓ משך זמן ההחלפה - פותח את המסך המתואר באיור 36 בו מוצג משך ההחלפה. זמן זה מוקלד בדקות עבור כל סוגי אנשי הצוות הרלוונטיים לסוג מודל הפעלת המלר"ד שנבחר.

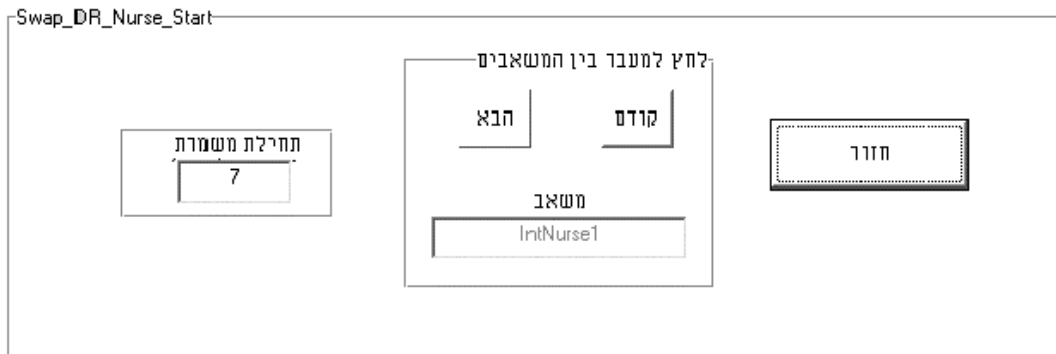
✓ התחלת משמרת ראשונה - פותח את המסך המתואר באיור 37 בו מוצגת תחילת משמרת ראשונה בשעות. זמן זה מוקלד עבור כל סוגי אנשי הצוות הרלוונטיים לסוג מודל הפעלת המלר"ד.



איור 35 – תזמון החלפות המשמרת
Figure35 Scheduling shift exchanges



איור 36 – משך זמן החלפת המשמרת
Figure36 Duration for shift exchange



איור 37 – התחלת משמרת ראשונה

Figure37 Beginning of the first shift

8.1.1.5 סרגל כלים – בחירת מודל

מסך זה נועד לסייע למשתמש בעת שינוי מודל הפעלה, למשוך נתונים ממוצעים מתוך מערכת המידע. תקפות נתונים אלו נבחנה בפרק 5 העוסק בהנחות המודל. בחירת אפשרות זו מתוך סרגל הכלים פותחת מסך כמוצג באיור 32 המאפשר בחירה מבין תרשימי התהליך של סוגי החולים (פנימי, פנימי מתהלך, מסלול מהיר, כירורגי, אורתופדי, טראומה וטראומה מתהלך). כאשר נבחר סוג החולה המבוקש, כל הנתונים של טיפוס החולה, כפי שהוגדר במסך הראשי, משתנים ומקבלים את נתוני ברירת המחדל של סוג החולה שנבחר.

8.1.2 מסכי משנה – מסך משאבים

לחיצה במסך הראשי על לחיץ "רופא" או לחיץ "אחות" מביא את המשתמש למסך המתאר את זמינות המשאב בחדר המוגדר במסך הראשי כמתואר באיור 38.

מסך זה מחולק לשני חלקים. בחלק התחתון ניתן לנוע קדימה או אחרונה בין סוגי המשאבים השונים ולאשר במידה ויש שינוי במשאב המותאם לחדר.

בחלק העליון ניתן לקבוע את הכמות המצויה מהמשאב בכל תקופת זמן. מקטעי הזמן נקבעים באמצעות מעברים קדימה ואחורה בין משמרות, כאשר הוספה ומחיקה של מקטע נעשית על ידי הלחצנים הרלוונטיים. את הכמות המצויה בכל מקטע, כמו גם את שעת הסיום שלו, ניתן לשנות נתונים אלו באופן ידני על ידי הכנסת הערכים המתאימים.

איור 38 – מסך זמינות משאבים
Figure38 Resource availability screen

8.1.3 מסכי משנה – מופע חולים (טיפול חולה)

למסך חישוב מופע הגעות חולים למר"ד המתואר באיור 39 ניתן להגיע ממסך ראשי על ידי לחיצה על מופע חולים בסמוך לטיפול חולה. מטרת מסך זה היא לאפשר את קליטת הפרמטרים של מודל הגעות חולים, כפי שמתואר בפרק 7, בכדי לאפשר את חישוב כמות החולים הממוצעת בכל יום בשבוע ובכל שעה משעות היום ($168 = 24 \times 7$ נתונים).

הפרמטרים הדרושים הם ממוצע שורשי כמויות החולים בשעה, קוד יחידת החולה המגדירה באופן חד ערכי את סוג החולה כפי שמוגדר במודל המתמטי וכן אפשרות לקביעת פקטור ההכפלה המגדיל/מקטין את נפח ההגעות באופן מלאכותי (בכדי לייצר מצבים היפותטיים).

לאחר הכנסת הנתונים ניתן ללחוץ על לחיצת החישוב ולצפות בכל נתון המחולל על ידי המודל ולשנותו במידת הצורך. ניתן גם לדלג על בניית המודל ולהכניס את כל הנתונים באופן ידני על ידי תיקון נתוני העבר.

בכדי להקל על חישוב הנתון של "ריבוע הממוצעים" נבנה המסך המתואר באיור 40 שניתן להגיע אליו על ידי לחיצה על "מצא ריבוע ממוצעים מתוך קובץ".

חישוב ותיקון

תיקון

ריבוע ממוצעי הכניסה

ריבוע הממוצעים 1.52816069377256

פקטור על ריבוע הממוצעים 1.0

קוד יחידה 50010

מצא ריבוע ממוצעים מקובץ

חזור

איור 39 – מסך לחישוב מופע הגעות חולים למלר"ד
Figure39 Calculating patient arrival stream to the ED screen

8.1.3.1 מופע חולים (טיפוס חולה) – מציאת ריבוע ממוצעים מקובץ

מסך זה המתואר באיור 40 מאפשר בחירה של קובץ המידע המעודכן של המלר"ד. קובץ זה צריך להיות בפורמט מוגדר על פי השאילתות המוצגות בנספח 6. על ידי לחיצה על הלחץ "Run Query", מחושב ממוצע שורשי כמויות החולים בשעה עבור כל סוגי החולים. בחירה של סוג החולה מתוך כל סוגי החולים האפשריים תציג את התוצאה בחלונית הפקטור.

בסוף התהליך, לחיצה על לחץ "OK" תמלא את כל הנתונים שנבחרו לתוך המסך הקודם (איור 39) ותציג אותו.

איור 40 – מסך משיכת נתונים ממערכת המידע לחישוב פקטור המופע
Figure40 Extracting factor from database screen

8.1.3.2 מופע חולים (טיפוס חולה) – התאמת נתוני מופע החולים

המסך המתואר באיור 41 מאפשר בחינה של כמות החולים הממוצעת הצפויה להופיע בכל שעה ביום ובכל ימות השבוע. מעבר בין הימים ובין השעות (168 הנתונים) ניתן לביצוע על ידי הלחיצים הרלוונטיים.

איור 41 – מסך התאמת נתוני המופע
Figure41 Verifying data stream screen

8.1.4 מסכי משנה – מופע חולים (כניסה חיצונית לרנטגן)

למסך חישוב מופע הגעת חולים שאינם מהמלר"ד למחלקת הרנטגן, המתואר באיור 42 ניתן להגיע ממסך ראשי על ידי לחיצה על מופע חולים תחת הכותרת "כניסה חיצונית לרנטגן". מטרת מסך זה מעט מורכבת וזאת בשל העובדה שיש מספר אפשרויות שונות להפעלת מחלקת הרנטגן:

- ✓ הפעלת רנטגן כללי עבור כל בית החולים.
- ✓ הפעלת רנטגן צמוד למלר"ד, עבור חלק מסוגי החולים, בשיתוף עם מרפאות חוץ.
- ✓ הפעלת רנטגן צמוד למלר"ד באופן בלעדי עבור חלק מסוגי החולים.

שתי האפשרויות האחרונות שונות רק בכך שבאחרונה כמות החולים החיצונית הנה 0.

בכדי להימנע מהצורך בהקלדת הכמות הממוצעת של החולים החיצוניים על פני כל שעות היום וימי השבוע (בסך הכל 168 פרמטרים), ניתן לבחור בבסיס נתונים המחולל את הפרמטרים הדרושים על מנת לבנות את מודל הגעות החולים הרלוונטיים כפי שמתואר בפרק 7.

Database

File: D:\rina\DB\kaplanDemo.mdb

Select DB

רנטגן של המיון

רנטגן

רלונטי לחולה 2

Yes

רנטגן כללי

רנטגן

חזור

איור 42 – מסך כניסת חולים חיצוניים לרנטגן
Figure42 External ED Patient arrival to the X-ray screen

8.1.4.1 מופע חולים (כניסה חיצונית לרנטגן) – רנטגן כללי

על פי המודל של רנטגן כללי, המתואר בפרק 7, יש צורך להכניס את הפרמטרים המצוינים באיור 43. במידה ונבחר בסיס נתונים במסך הקודם, יוצגו הנתונים המחושבים. במידה ולא נבחר בסיס מידע יש להכניס נתונים משוערים.

לחיצה על לחיץ "חשב" תוביל את המשתמש למסך התאמת נתוני המופע המוצג באיור 41.

לחיצה על לחיצה "תזמון חדרי הרנטגן" תוביל את המשתמש למסך זמינות משאבים המוצג באיור 38 (בלי האפשרות לבחור סוג משאב שונה ממשאב הרנטגן).

ממוצעי הכניסה לפי טווחי זמנים	
אמצע שבוע 07 עד 24	11.1049814
סוף שבוע 07 עד 24	4.44106648
לילות	0.30933406

חשב

תזמון חדרי רנטגן

חזור

איור 43 – מסך פרמטרים של מופע רנטגן חיצוני למלר"ד
Figure43 External ED Patient arrival Parameters to the external X-ray screen

8.1.4.2 מופע חולים (כניסה חיצונית לרנטגן) – רנטגן צמוד למלר"ד

בדומה לסעיף הקודם, יש צורך להכניס את הפרמטרים המצוינים באיור 44. במידה ונבחר בסיס נתונים במסך הקודם, יוצגו הנתונים המחושבים. במידה ולא נבחר בסיס מידע יש להכניס נתונים משוערים. בנוסף, יש לציין כמות סף שכאשר עוברים אותה, החולים הנוספים יופנו לרנטגן הכללי.

לחיצה על לחיצה "חשב" תוביל את המשתמש למסך התאמת נתוני המופע המוצג באיור 41.

לחיצה על לחיצה "תזמון חדרי הרנטגן" תוביל את המשתמש למסך זמינות משאבים המוצג באיור 38 (בלי האפשרות לבחור סוג משאב שונה ממשאב הרנטגן).

ממוצעי הכניסה לפי טווחי זמנים	
אמצע שבוע 07 עד 12	5.19389671
אמצע שבוע 13 עד 16	8.50521256
סוף שבוע ולילות	20152452

חשב

תזמון חדרי רנטגן

חזור

אורך תור מקסימאלי 8

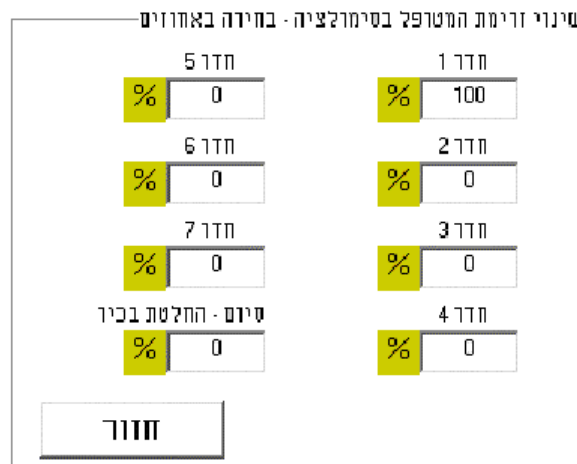
איור 44 – מסך פרמטרים של מופע רנטגן הצמוד למלר"ד
Figure44 External ED Patient arrival Parameters to the attached X-ray screen

8.1.5 מסכי משנה – שינוי

למסך המוצג באיור 45, ניתן להגיע מהמסך הראשי.

מסך זה נועד למדל את המקרים בהם החלטתם הראשונית של הפקידים, לאיזה סיווג שייד החולה (פנימי / כירורגי / אורתופדי), אינה מדויקת והצוות הרפואי משנה אותה.

סכום האחוזים לא יכול להיות גדול מ-100%.



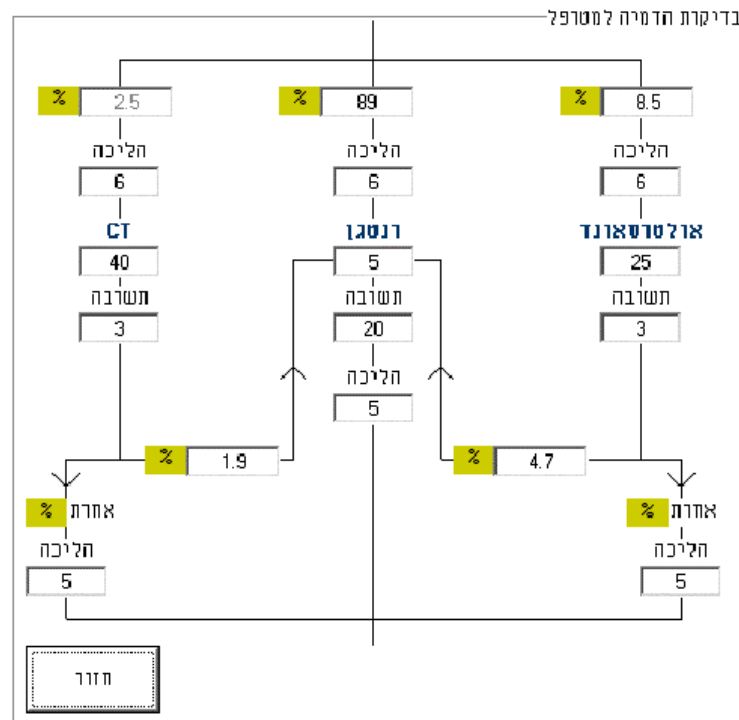
איור 45 – שינוי זרימת סוג החולה
Figure45 Changing patient type stream

8.1.6 מסכי משנה – מחלקת הדמיה

למסך מחלקת ההדמיה, כפי שהוא מתואר באיור 46, ניתן להגיע דרך המסך הראשי.

מסך זה מרכז בתוכו את כל הפרמטרים הקשורים לזרימת החולה הנדרשים על מנת להגדיר את התהליך אותו עובר החולה הטיפוסי, המוגדר במסך הראשי, במחלקת ההדמיה. הפרמטרים מתחלקים לשני חלקים. האחד מתאר זרימת החולה על ידי הגדרת אחוזי המעבר מפעולה אחת לשנייה והשני מתאר זמני הפעולות.

בנוסף ניתן להתאים את זמינות המשאבים במחלקת ההדמיה על ידי לחיצה על הלחצנים והגדרת הפרמטרים המתאימים במסך זמינות משאבים המוצג באיור 38 (כאשר האפשרות לבחור סוג משאב שונה מהמשאב הרלוונטי לא זמינה למשתמש). לחיצה "רנטגן" מוביל את המשתמש לבחירה של סוג הרנטגן הרצוי באיור 42.



איור 46 – מסך מחלקת הדמיה
Figure46 Imaging department screen

8.1.7 מסכי משנה – המתנה ליועץ

תהליך הפגישה עם היועץ, כפי שהיא מוצגת באיור 47, מהתהליך אותו נדרש החולה המוגדר במסך הראשי לעבור.

8.2 אנימציה דינאמית

האנימציה הממוחשבת מטרתה לתת למשתמש מידע על המדדים החשובים וכן יכולת להבחין בהשפעות ההדדיות שיש למערכות השונות במלר"ד.

המדדים שניתן להבחין במהלך הרצת האנימציה :

עבור כל חדר :

- ✓ מספר אנשים בתור או מקבלים שירות על ידי הרופא.
- ✓ מספר אנשים בתור או מקבלים שירות על ידי האחות.
- ✓ מספר אנשים בתור או מקבלים שירות על ידי מחלקת הרנטגן.
- ✓ מספר אנשים בתור או מקבלים שירות על ידי מחלקת CT.
- ✓ מספר אנשים בתור או מקבלים שירות על ידי מחלקת אוטראסאונד.
- ✓ מספר אנשים הממתינים לתשובות מעבדה.
- ✓ מספר אנשים בתור ליועץ , ממתינים ליועץ או מקבלים שירות על ידי יועץ.
- ✓ מספר האנשים הנמצאים בעמדת השהייה או הממתינים לאשפוז.
- ✓ כמות חולים העוברים ממקום למקום (אנימציה).

עבור כל סוג חולה :

- ✓ כמות האנשים הנמצאים בו זמנית במלר"ד.
- ✓ זמן שהייה ממוצע עד כה.
- ✓ עבור מחלקת הרנטגן :
- ✓ זמן שהייה ממוצע של חולים חיצוניים למלר"ד (משאר מחלקות בית החולים).
- ✓ כמות חולים חיצוניים בתור (אנימציה).
- ✓ כמות חדרים פתוחים ברנטגן (אנימציה).

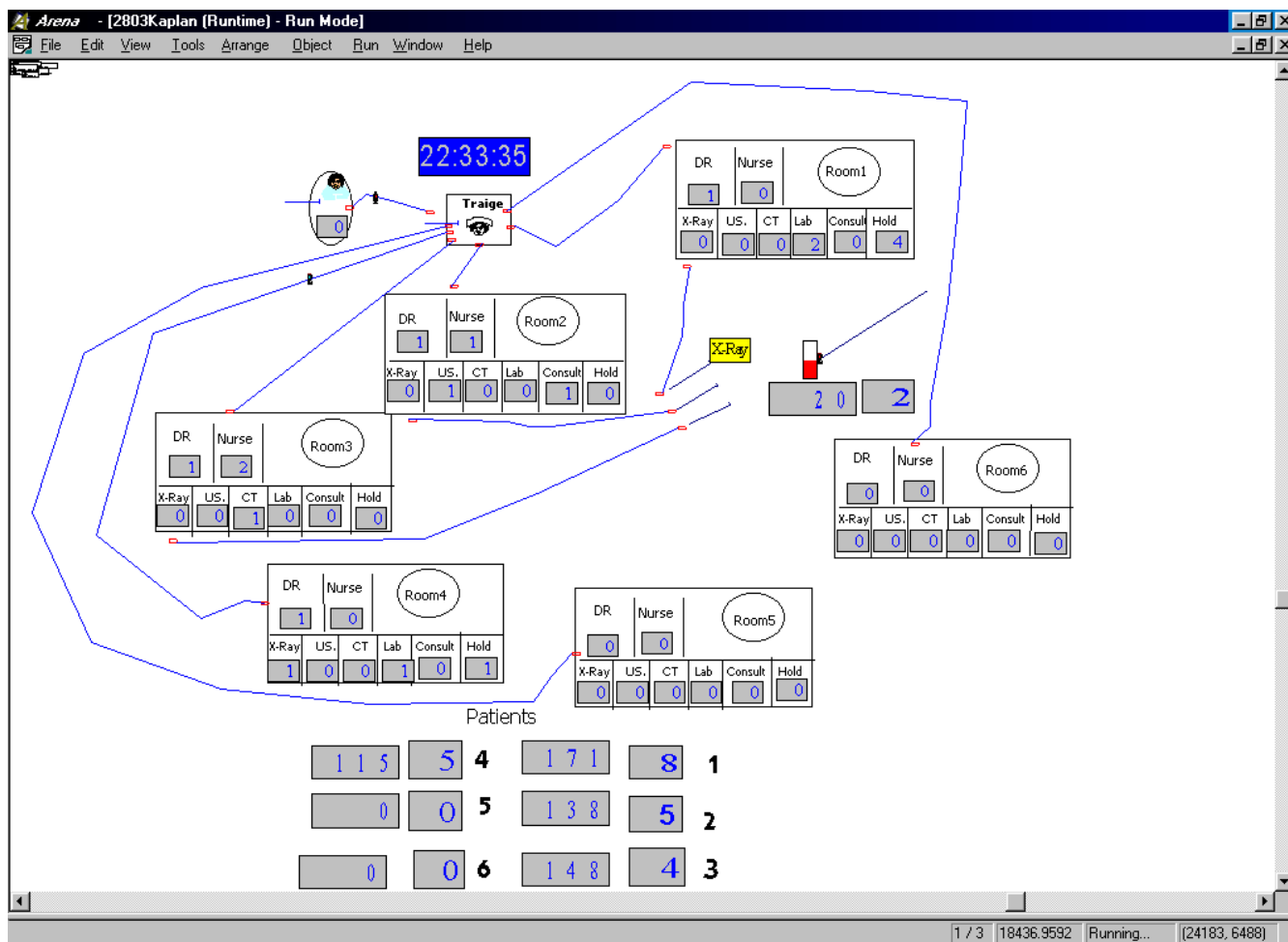
עבור טריאז :

- ✓ מצב תעסוקת האחות.

נתונים נוספים :

- ✓ שעון המראה את השעה ביום.
- ✓ שעון הסימולציה.
- ✓ מספר הרצה נוכחית מתוך כמות הרצות מקסימאלית (3).

איור 49 מציג דוגמא של האנימציה הדינאמית.



איור 49 – דוגמא למסך אנימציה דינאמית
Figure49 Example for dynamic animation screen

8.3 פלט גרפי

בכדי שהמשתמש יוכל לצפות בתוצאות הסימולציה בקלות, נבנתה תוכנית הממירה את תוצאות הסימולציה, על כל איסוף הנתונים שבה, ומציגה את התוצאות באופן גרפי ויזואלי. התוכנית מורצת מייד עם סיום הרצת הסימולציה באופן אוטומטי. כן ניתן להפעיל את התוכנית בנפרד על מנת לבחון את תוצאות של סימולציות קודמות. ניתן גם להפעיל מספר תוכניות כאלו בו זמנית ובכך להציג את התוצאות של מספר סימולציות לשם בחינת השיפורים בין הרצה אחת לאחרת.

סרגל התוכנית מכיל את האפשרויות הבאות :

File ✓

Open/Format database - לחיצה עליו תציג את מסך הפתיחה שוב, במידה והוא לא מופיע. ✓

Exit - לחיצה עליו תוביל לסגירת התוכנית. ✓

View ✓

Charts - תציג את מסך הצגת הגרפים. ✓

8.3.1 מסך פתיחה

מסך הפתיחה של ניתוח הפלט הגרפי מוצג באיור 50 כולל את הרכיבים הבאים :

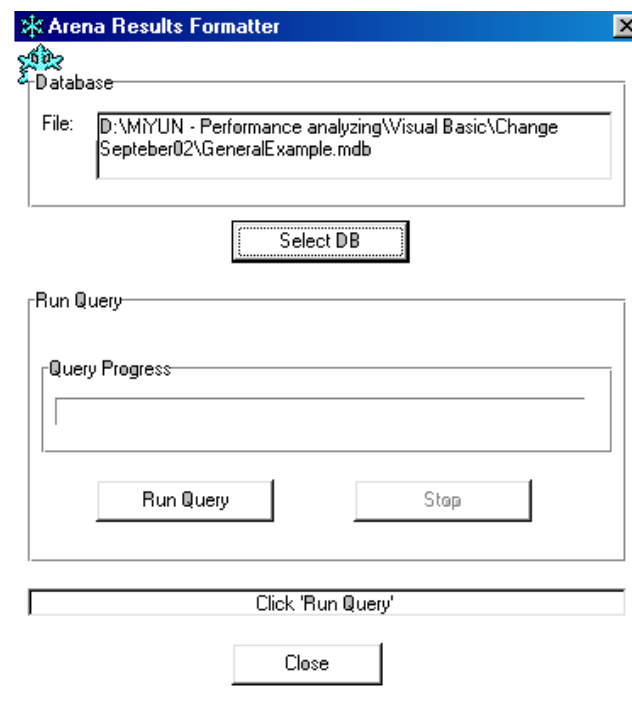
בסיס הנתונים - קובץ הפלט של הסימולציה בעל שם הסימולציה עם סיומת .mdb. ✓

לחץ לבחירת בסיס הנתונים - פותח חלון סטנדרטי לבחירת קובץ. ✓

לחץ להרצת התוכנית המתרגמת את הנתונים לתצורה גרפית. ✓

לחץ עצירה לשם ביטול הרצת התוכנית. ✓

לחץ לשם יציאה ממסך הפתיחה. ✓



איור 50 – מסך פתיחה של תוכנית להצגת הפלט הגרפי
Figure50 Opening screen for output displaying

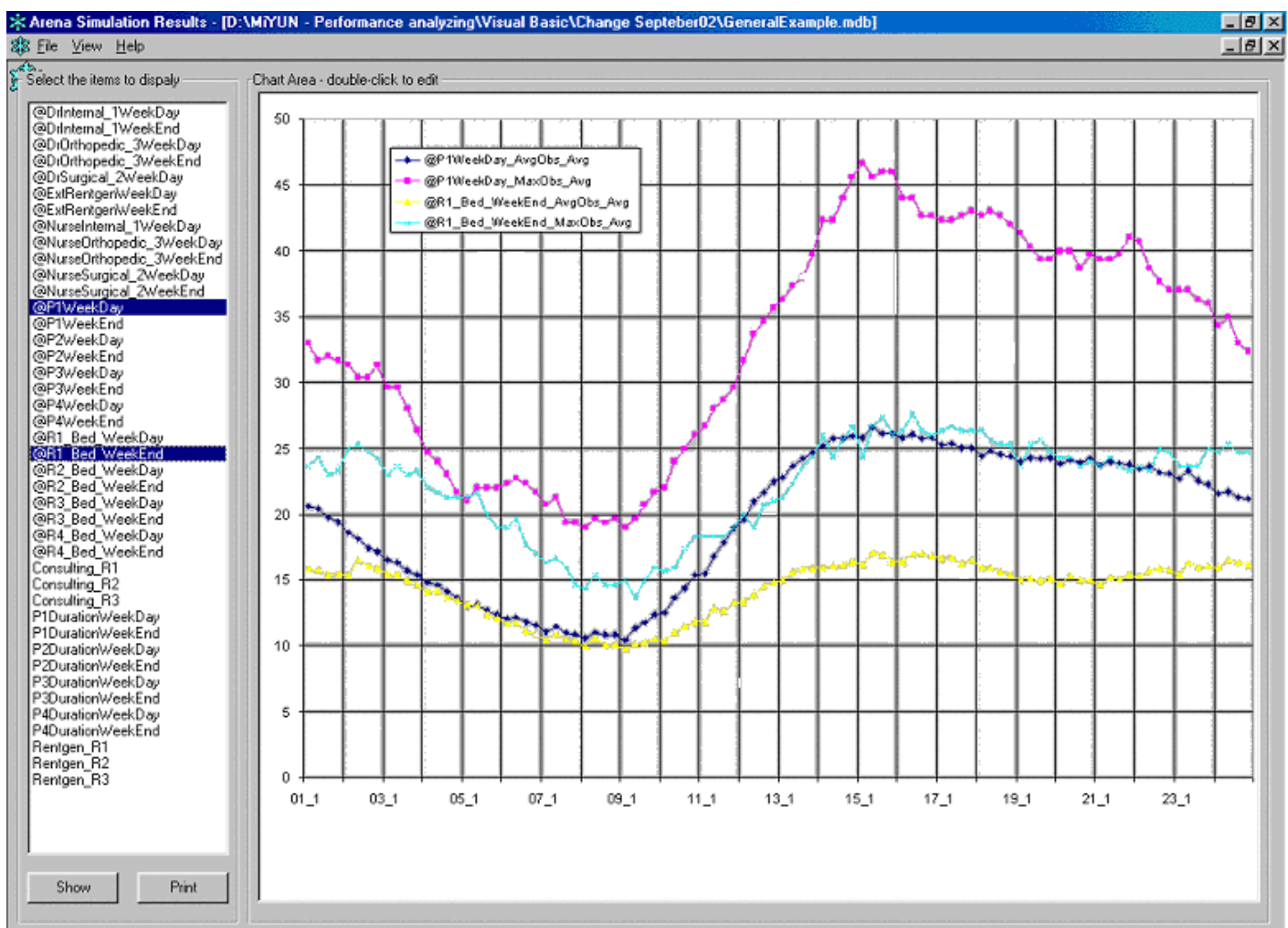
8.3.2 מסך הצגת הגרפים

לאחר הרצת התוכנית ניתן לבחור בהצגת הגרפים.

ניתן לבחור יותר מפרמטר אחד להצגה. כל הפרמטרים מוצגים על פני שעות היום (ציר X). בחירה בפרמטר מתבצע על ידי לחיצה על שם הפרמטר (הפרמטר יושחר). ביטול בחירה נעשה על ידי לחיצה חוזרת על שם המשתנה (ההשחרה תבוטל). הצגת הגרפים מתבצעת על ידי לחיצה על לחיצ "Show" והדפסה למדפסת על ידי לחיצ "Print".

לאחר הצגת הגרפים ניתן להיכנס לתוך הגרף על ידי לחיצה כפולה עליו ולערוך אותו בדומה לכל הכללים הידועים בתוכנת Excel: צבע כל פרמטר, גדלי פונטים, מיקום הכותרות ואף ניתן לשנות את גודל התצוגה. כן ניתן לבחור את הגרף כולו לשמרו ולהדביקו בכל תוכנת Windows.

דוגמא למסך זה ניתן לראות באיור 51.



איור 51 – דוגמא למסך הצגת הפלט הגרפי
Figure51 Example for output graphical screen

9 תוצאות הסימולציה ותיקוף הכלי

תיקוף הכלי בוצע בשתי דרכים: בחינת תוצאות הסימולציה במצב הקיים על בתי החולים שנתונים שימשו בבניית המודל ובחינת הכלי על בית חולים אחד נוסף שנתוניו נאספו לשם תיקוף המודל.

השלב הראשון בוצע בדרך של הרצה של הכלי על בתי החולים שבעזרתם נבנה הכלי⁴ ובחינת התוצאות עם הנהלות בתי החולים והצוות הרפואי הרלוונטי. השלב השני בוצע על ידי הרצת הכלי על בית חולים נוסף, שלא נחקר בעת בניית הכלי, ובחינת ההתאמה של הרצת הסימולציה עם הנתונים של המצב הקיים שהתקבלו מבסיס הנתונים של בית חולים זה.

9.1 בחינת תוצאות הרצת הסימולציה

לאחר בניית כלי הסימולציה נבחנה יכולתו לחזות את המצב הקיים עבור בתי החולים. בעת הרצת הסימולציה בוצעו התאמות ותיקונים למודל וכן הוכנסו שיפורים. מידת השינויים שבוצעו בכלי הסימולציה קטן באופן משמעותי עם התקדמות הבדיקה מבית החולים הראשון ("2") לשני ("1") ועוד יותר כשנבדק בית החולים השלישי ("4"). עבור בית החולים הרביעי ("3") כמעט ולא נעשו התאמות במודל והוא הורץ כפי שהוא. הפרמטרים שהוכנסו למודל הם הפרמטרים שנצפו עבור כל מלר"ד בנפרד.

שתיים מהרצות הסימולציה בוצעו על ידי סטודנטים מתואר ראשון שבחנו שיפורים במלר"דים במסגרת פרויקט שנתי בפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון. לאחר כ-30 דקות של הסבר ואימון הצליחו הסטודנטים לבצע את ההתאמות הנדרשות ולהריץ מודלי הפעלה שונים על פי בחירתם. מאחר והאוכלוסייה של מנהלי הארגון ושיטות בבתי החולים דומים לאוכלוסייה שנבדקה, ניתן להניח שבאותה קלות ניתן לאמן את הצוות להפעיל את הכלי בבתי החולים.

את פלטי הסימולציה ניתן לחלק לשני נושאים. נושא אחד קשור לניתוח ממוצעי זמני השהיה וכמויות חולים והנושא השני מטפל בעומסים ונפח פעילות התלויה בזמן ולכך מוצג בצורה גרפית.

כל הרצת סימולציה בוצעה 3 פעמים ונמשכה על פני חצי שנת פעילות. בכל הרצה נקבע ש-4320 הדקות הראשונות ישמשו לזמן חימום. הוחלט על משך זה כזמן בו המערכת מגיעה למצב יציב וזאת לאחר צפייה בהתנהגות הפרמטרים לאורך זמן בכל הרצות הפיילוט שנעשו. עם השלמת זמן החימום, כל הסטטיסטיקות נוקו.

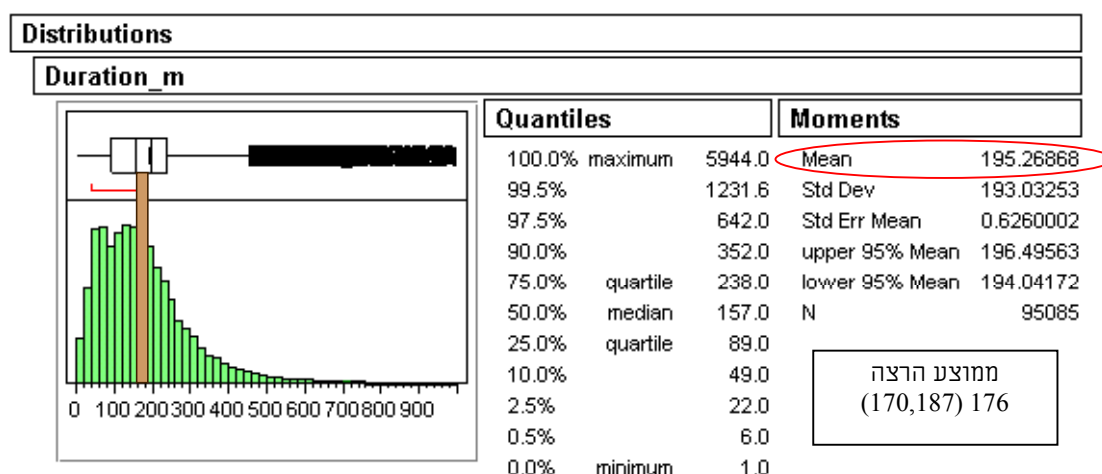
⁴ בתי חולים "1" עד "4" מסרו את כל הנתונים וכן ניתן היה להריץ את הסימולציה עבורם, בית חולים "5" לא מסר נתונים הסטורים ולכן לא ניתן היה לבחון את המודל עליו.

9.1.1 ניתוח ממוצעי זמני שהייה וכמויות חולים

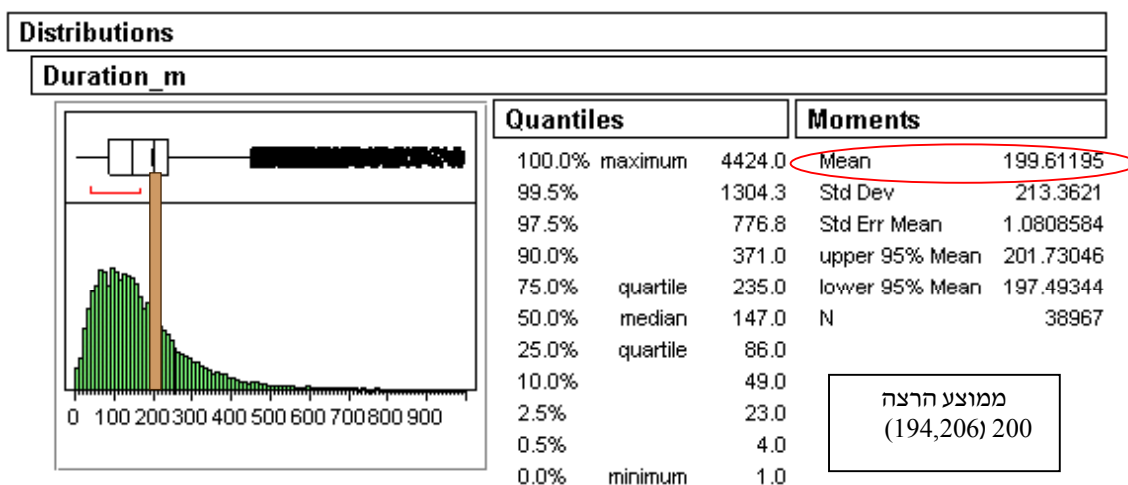
זמני שהייה מהווים גורם מעניין המטופל במאמרים רבים בתחום והוא אחד הגורמים העיקריים המצביעים על איכות השירות. זמן שהייה הוא גורם שכדאי לצפות בו גם בהיבט של התפלגות הזמן בין החולים השונים ולא רק כמספר בודד. לפיכך מוצגת התפלגות זמן שהייה של החולים כפי שבאה לידי ביטוי מתוך הנתונים ההיסטוריים ועל התפלגות זו מסומן מלבן המתאר את ממוצעי זמן שהייה כפי שבאו לידי ביטוי בהרצת הסימולציה.

משך שהייה של כל סוג חולה בכל מלר"ד מוצג באיור 52 עד איור 63. לנתונים אלו מצורפים גם ממוצע זמן שהייה בדקות עבור 3 הרצות הסימולציה וכן, בתוך סוגריים, ממוצע זמן שהייה עבור ההרצה בה התקבלה התוצאה הנמוכה ביותר ועבור ההרצה בה התקבלה התוצאה הגבוהה ביותר באותו מלר"ד.

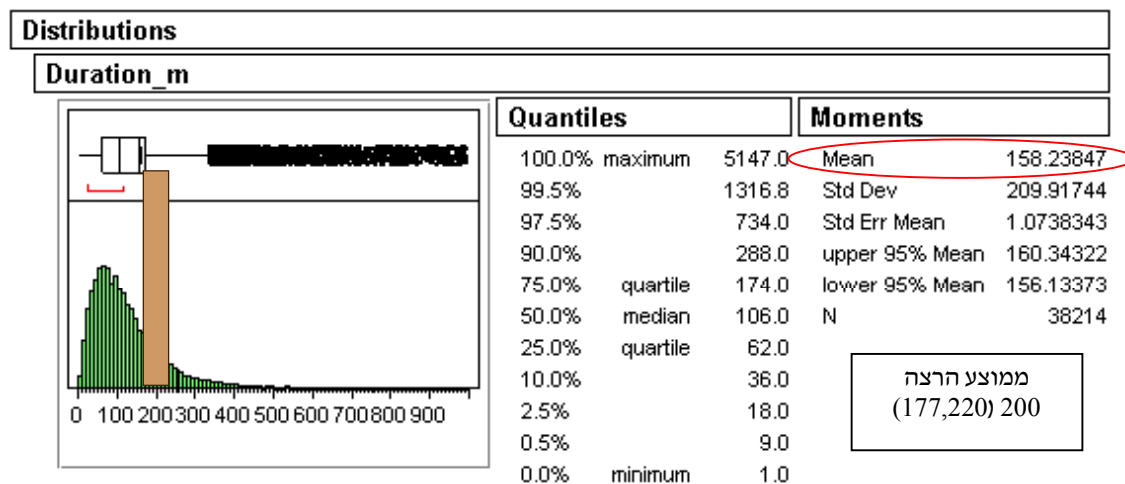
בטבלה 18 מוצגת השוואה בין ממוצע כמות החולים היומית מכל סוג חולה ומכל בית חולים כפי שנצפתה בסימולציה אל מול הכמות היומית הממוצעת כפי שחושבה ממערכות המידע הממוחשבות של כל בית חולים.



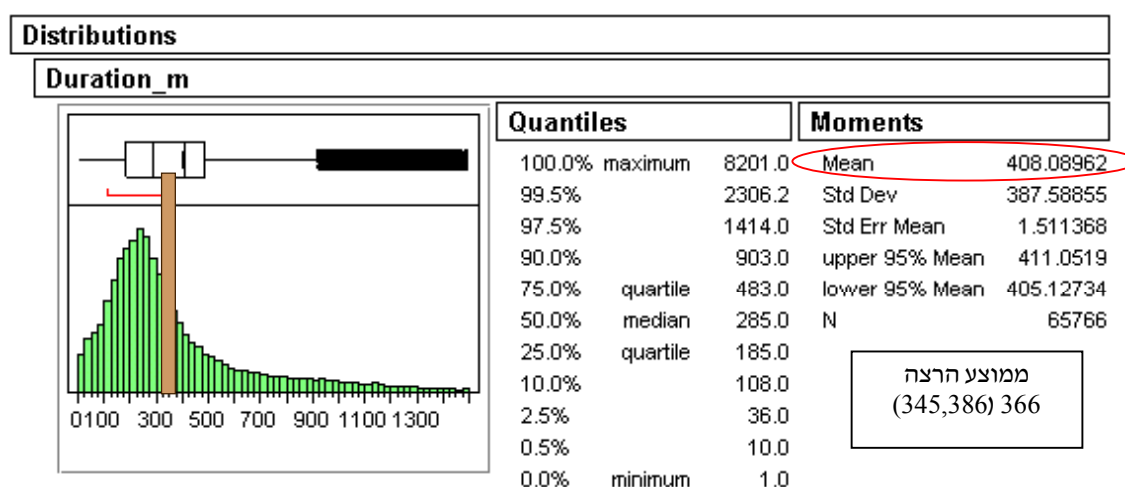
איור 52 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "1"
Figure52 Internal patient length of stay distribution in ED "1"



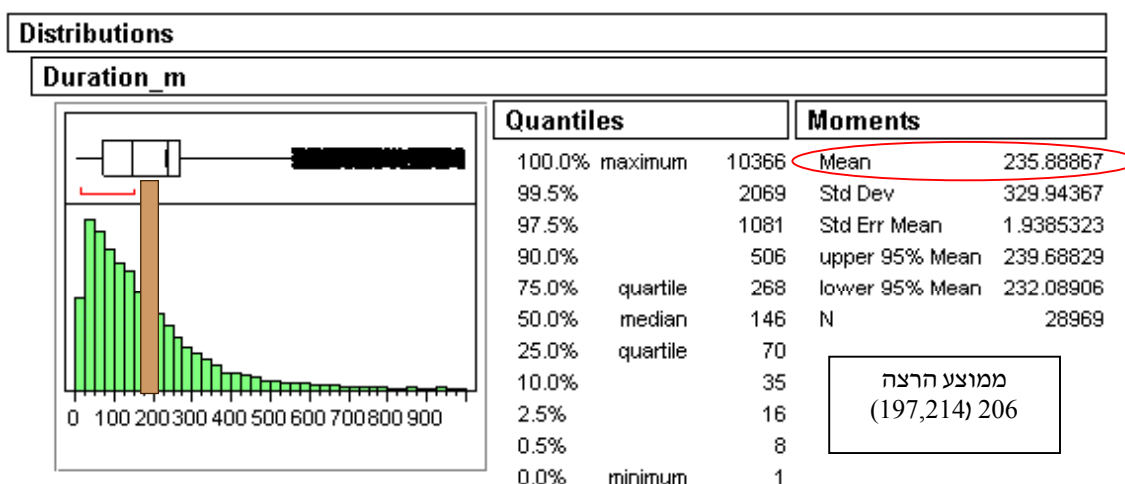
איור 53 – התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "1"
Figure53 Surgical patient length of stay distribution in ED "1"



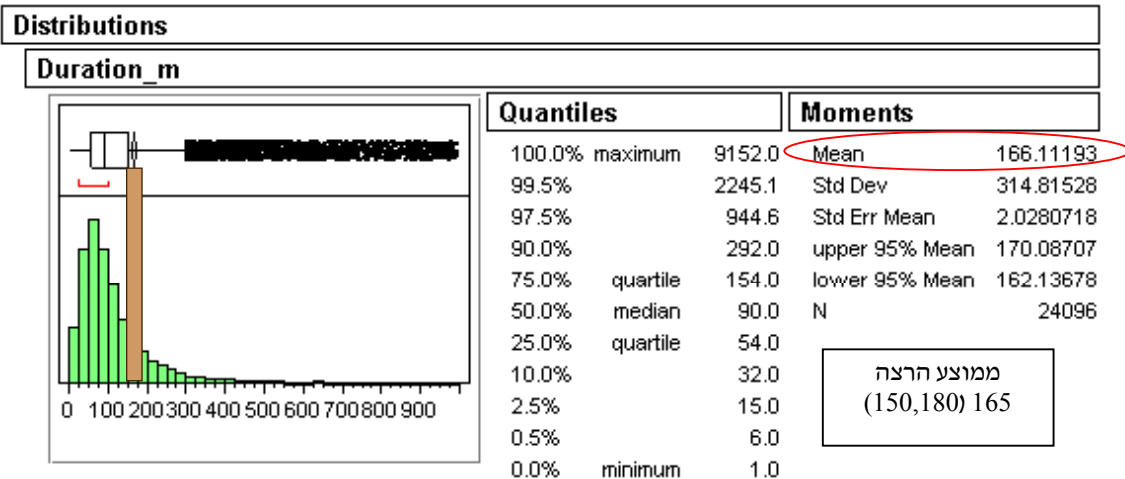
איור 54 התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "1"
Figure54 Orthopedic patient length of stay distribution in ED "1"



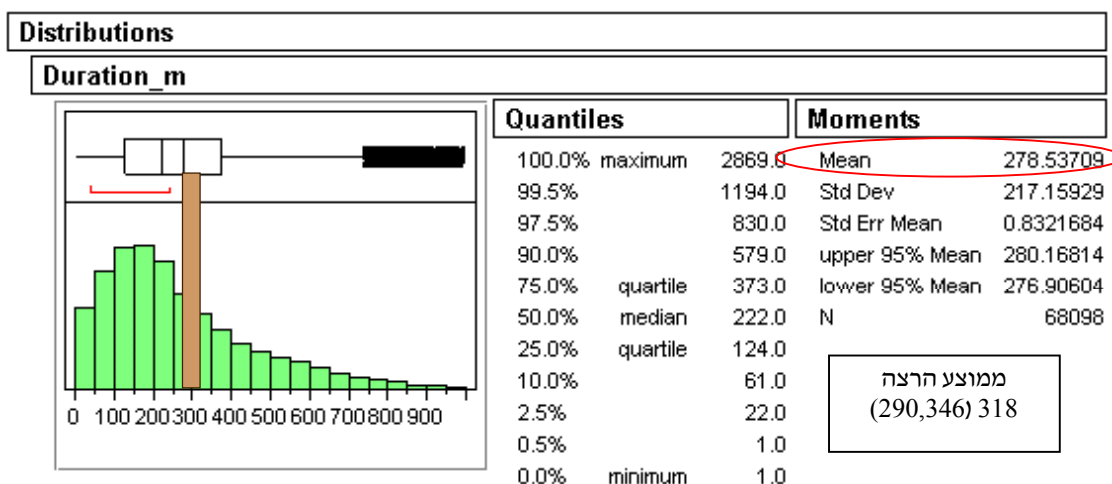
איור 55 התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "2"
Figure55 Internal patient length of stay distribution in ED "2"



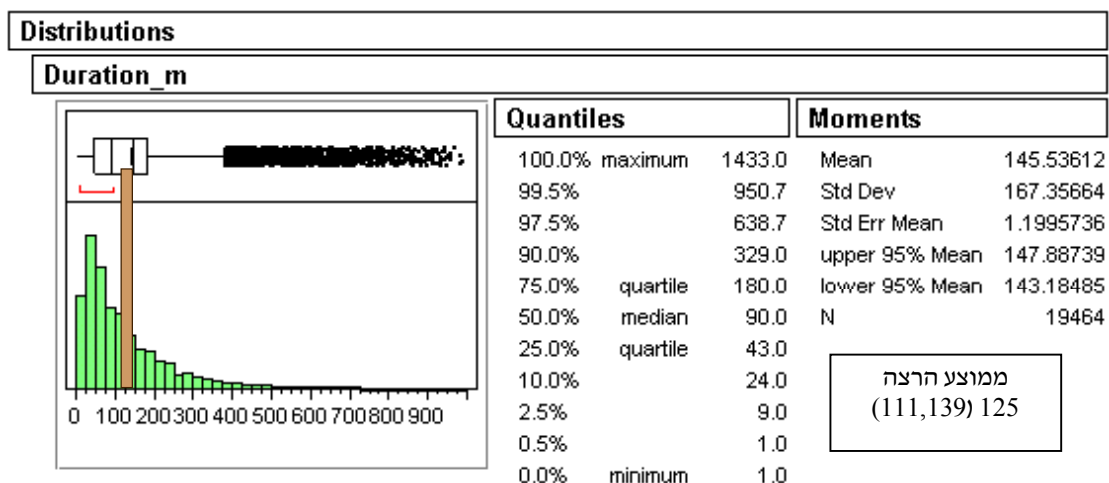
איור 56 התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "2"
Figure56 Surgical patient length of stay distribution in ED "2"



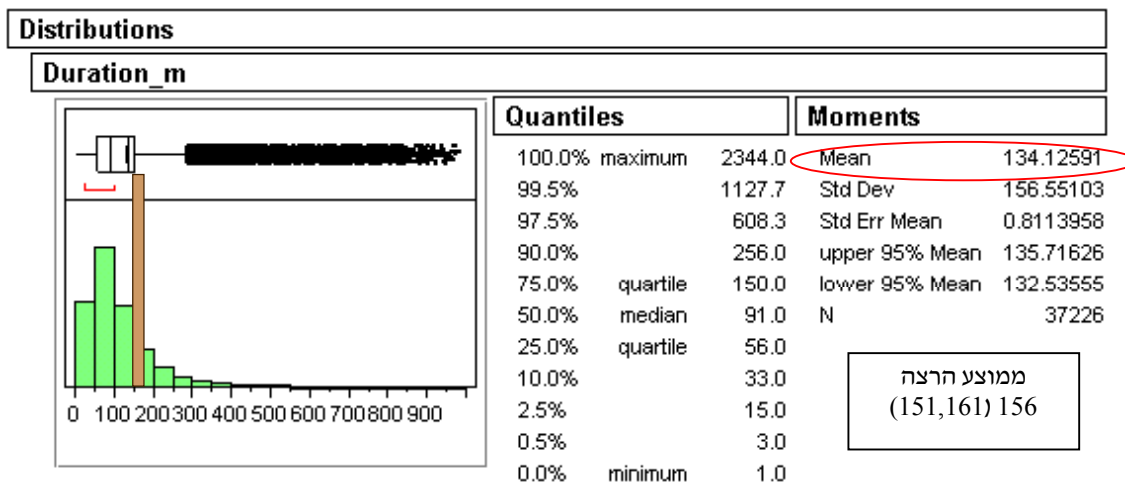
איור 57 התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "2"
Figure57 Orthopedic patient length of stay distribution in ED "2"



איור 58 התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "3"
Figure58 Internal patient length of stay distribution in ED "3"

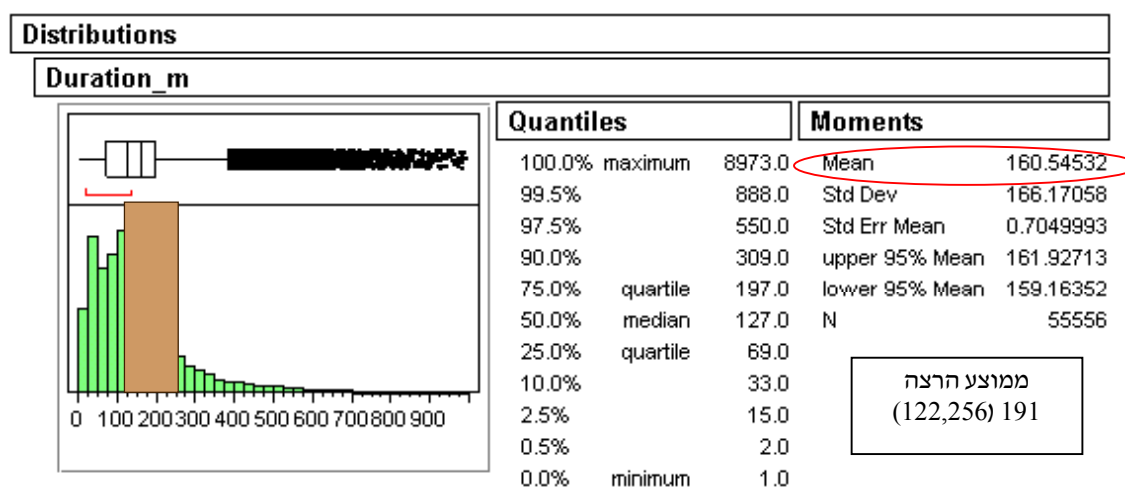


איור 59 התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "3"
Figure59 Surgical patient length of stay distribution in ED "3"



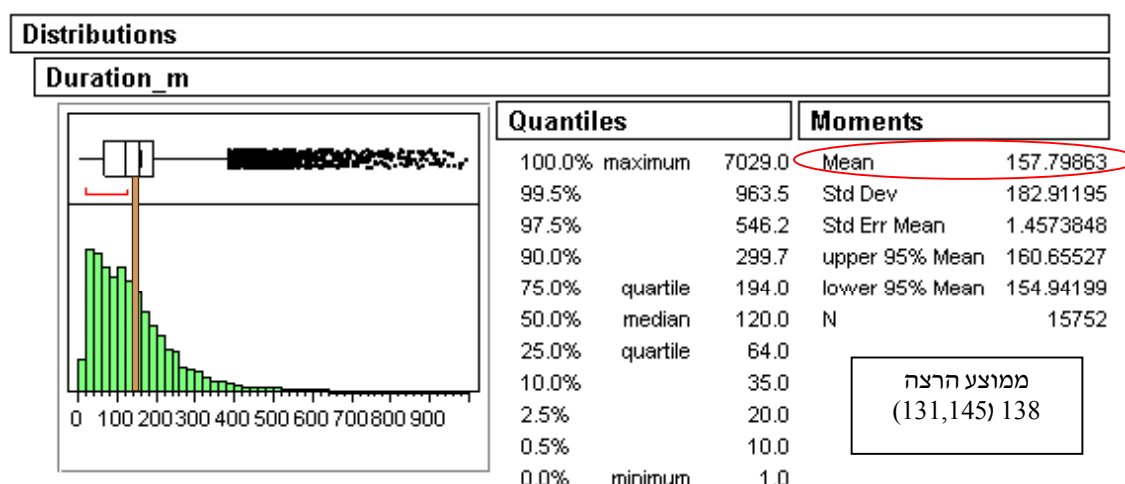
איור 60 התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "3"

Figure60 Orthopedic patient length of stay distribution in ED "3"



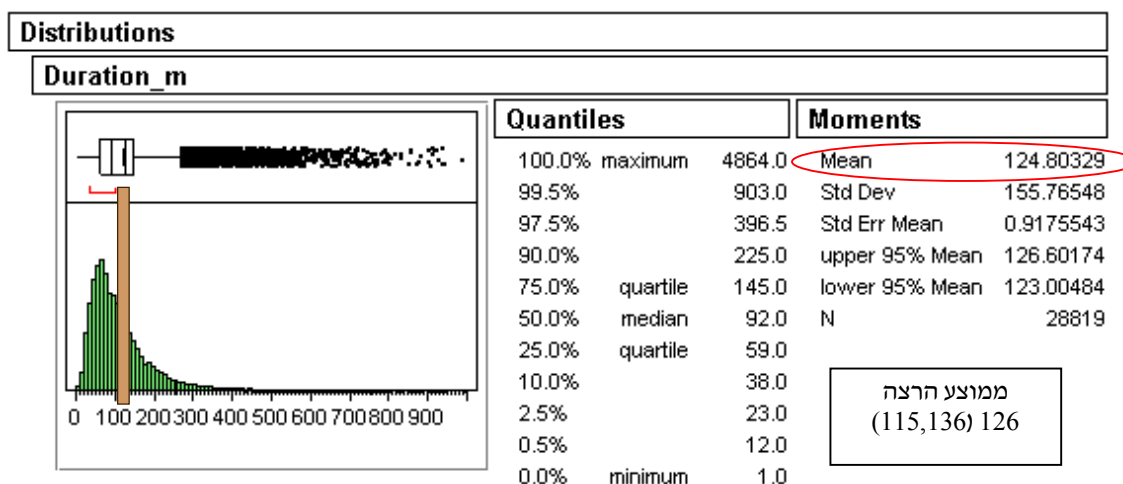
איור 61 התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "4"

Figure61 Internal patient length of stay distribution in ED "4"



איור 62 התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "4"

Figure62 Surgical patient length of stay distribution in ED "4"



איור 63 התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "4"
Figure63 Orthopedic patient length of stay distribution in ED "4"

על פי גרפים אלו נראה כי ממוצע זמן שהייה החזוי של חולים על פי הסימולציה דומה לזמן הממוצע כפי שנמדד בפועל מתוך מערכת המידע. ההבדלים המעטים שנצפו יכולים להיות תוצאה של פעילות אדמיניסטרטיביות כגון הקלדה מאוחרת שנועדה לחסוך בזמן הקלדה של טפסי השחרור, או הקלדה מוקדמת של טפסי האשפוז על מנת להימנע מאיבוד תקבולים על זמן אשפוז בעת שהחולה שמיועד לאשפוז ממתין במלר"ד למיטה במחלקה.

טבלה 18 – כמות חולים יומית ממוצעת לפי סוג חולה (ממוחשב)
Table 18 Average daily patient amount by patient type (database)

	"1"		"2"		"3"		"4"	
סוג חולה	סימולציה	מצב קיים	סימולציה	מצב קיים	סימולציה	מצב קיים	סימולציה	מצב קיים
פנימי	107.19	105.6	72.17	72.0	118.36	119.5	67.19	61.5
כירורגי	47.36	43.1	33.99	31.7	35.06	34.3	18.10	17.4
אורתופדי	41.99	42.1	26.11	26.4	70.54	65.2	32.59	31.8

נראה כי מודל הגעות החולים חולל את כמות החולים המתאימה בכל שעה ולכל ימות השבוע, כך שממוצע כמות החולים היומית שחושבה בסימולציה דומה לכמות החולים הממוצעת במצב הקיים כפי שחושב ממערכת המידע.

9.1.2 עומסים ונפח פעילות

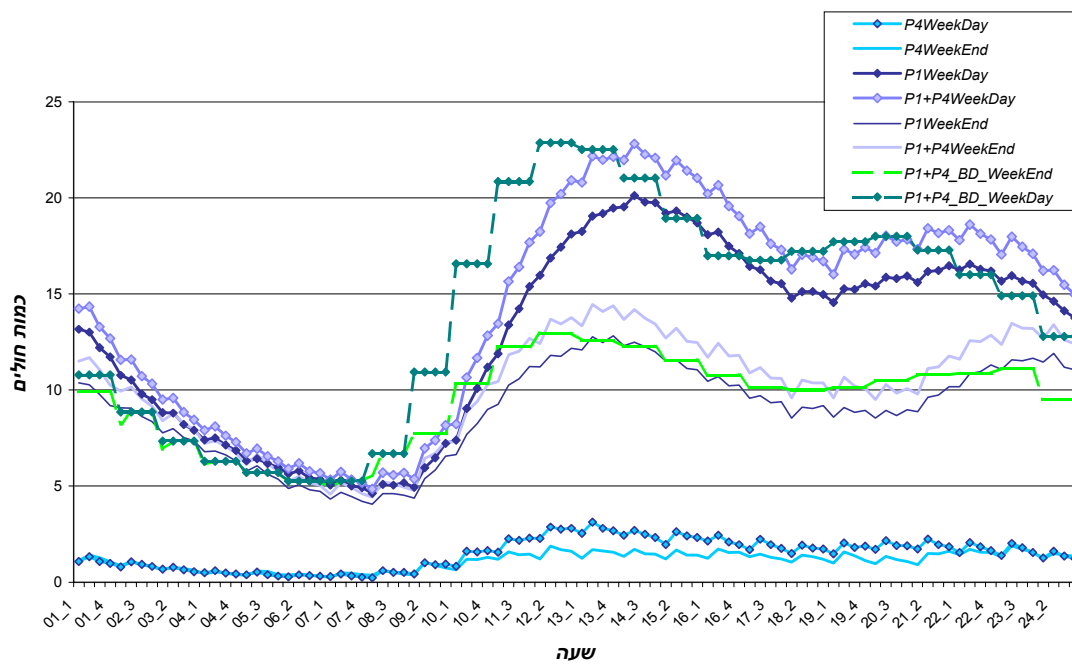
בשונה מהסעיף הקודם בו ניתן היה לבחון את נתוני המצב הקיים אל מול נתוני מערכת המידע, קשה יותר לבחון עומסים ונפח חולים בשעות היום מאחר ואין מערכת בבית החולים שאוספת נתונים אלו. האימות של הגרפים הבאים נעשה על ידי הצגתם בישיבה פתוחה עם מנהלי המלר"ד ומנהל בית החולים וקבלת משובים לגבי אמיתותם. לא התקבלו השגות משמעותיות לגבי החומר שהוצג. בכדי להבין את התרשימים מוצגת בטבלה 19 מקרא עבור כל בית חולים.

טבלה 19 – מקרא לתרשימים ("1" – "4")
Table 19 Chart key ("1" to "4")

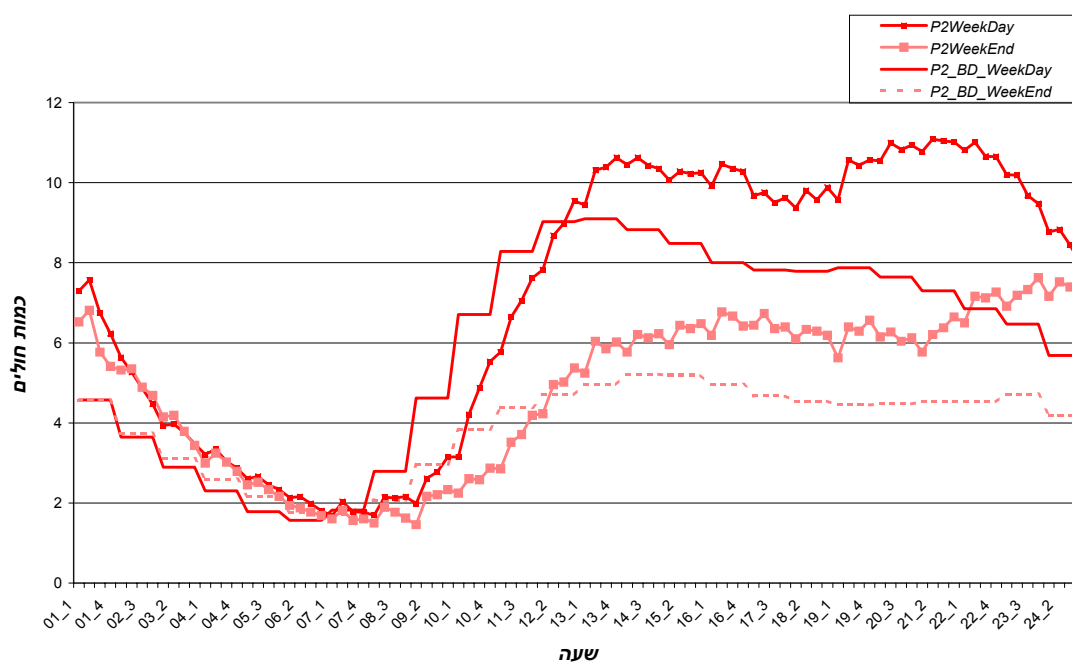
סימון	בית חולים "1"	בית חולים "2"	בית חולים "3"	בית חולים "4"
R1	חדר פנימי	חדר פנימי	חדר פנימי שוכבים	חדר פנימי קשה
R2	חדר כירורגי	חדר כירורגי	חדר כירורגי שוכבים	חדר כירורגי
R3	חדר אורתופדי	חדר אורתופדי	חדר אורתופדי שוכבים	חדר אורתופדי
R4	חדר FT	-	חדר פנימי מתהלכים	חדר פנימי בינוני – קל
R5	-	-	חדר כירורגי מתהלכים	-
R6	-	-	חדר אורתופדי מתהלכים	-
P1	חולה פנימי בינוני-קשה	חולה פנימי	חולה פנימי שוכבים	חולה פנימי קשה
P4	חולה FT	-	חולה פנימי מתהלכים	חולה פנימי בינוני – קל
P2	חולה כירורגי	חולה כירורגי	חולה כירורגי שוכבים	חולה כירורגי
P5	-	-	חולה כירורגי מתהלכים	-
P3	חולה אורתופדי	חולה אורתופדי	חולה אורתופדי שוכבים	חולה אורתופדי
P6	-	-	חולה אורתופדי מתהלכים	-

ובנוסף הסימון BD מציין שהמידע נשאב מתוך מערכת המידע, weekday מציין אמצע שבוע (א-ה) weekend1 מציין סוף שבוע (ו-ש).

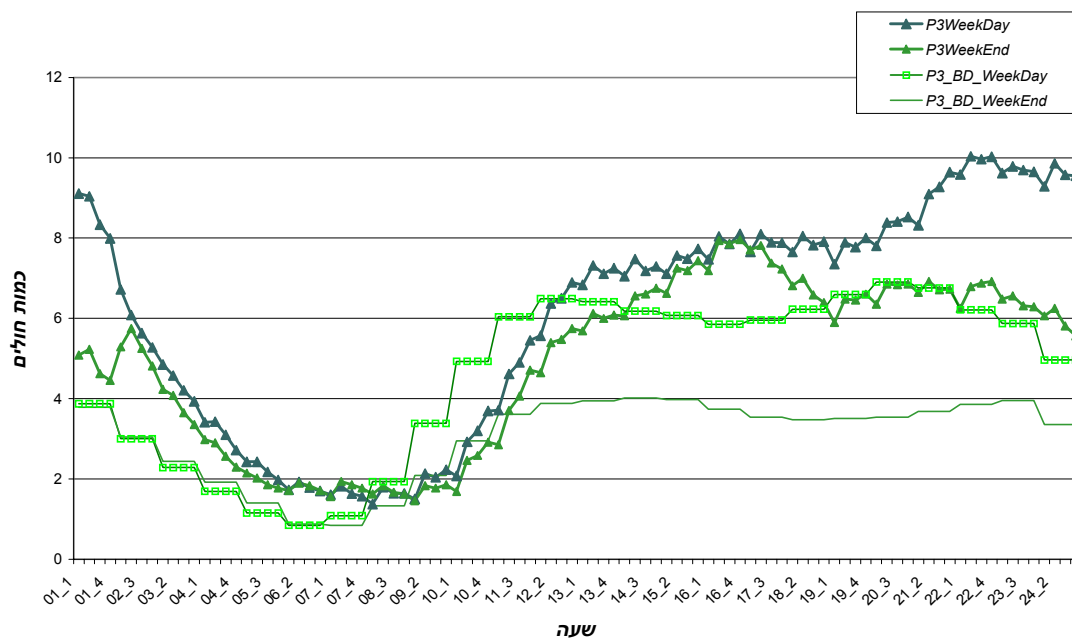
איור 64 עד איור 69 מתארים את העומס במלר"דים השונים כפי שבא לידי ביטוי במספר החולים השוהים בו בממוצע כתלות בשעה וביום (אמצע או סוף שבוע).



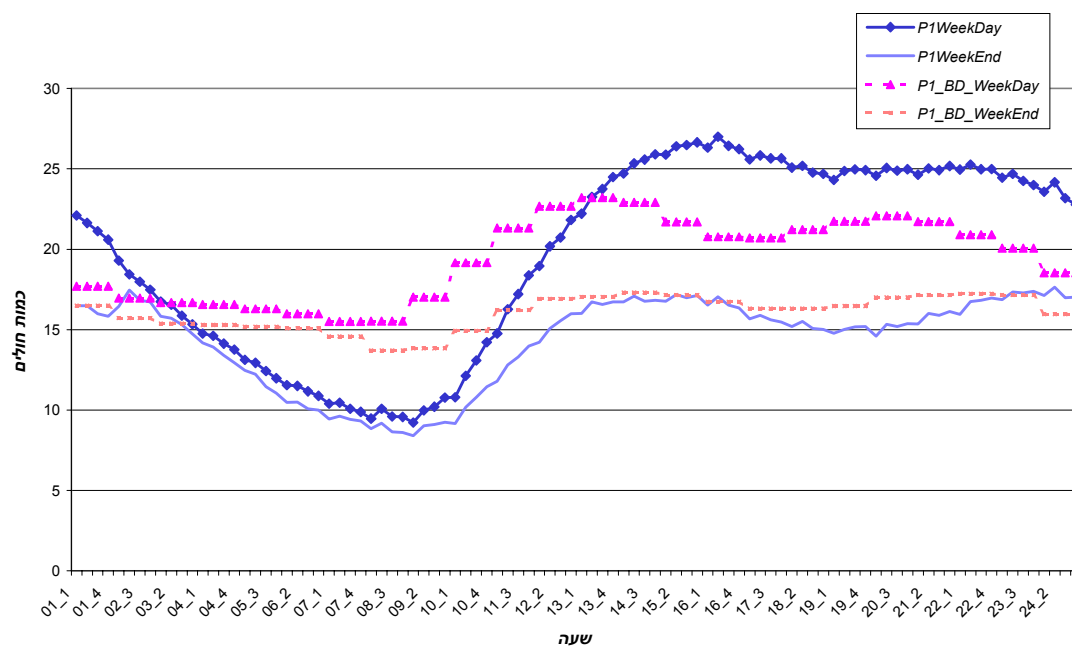
איור 64 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "1"
Figure64 Amount of Internal patient in ED "1"



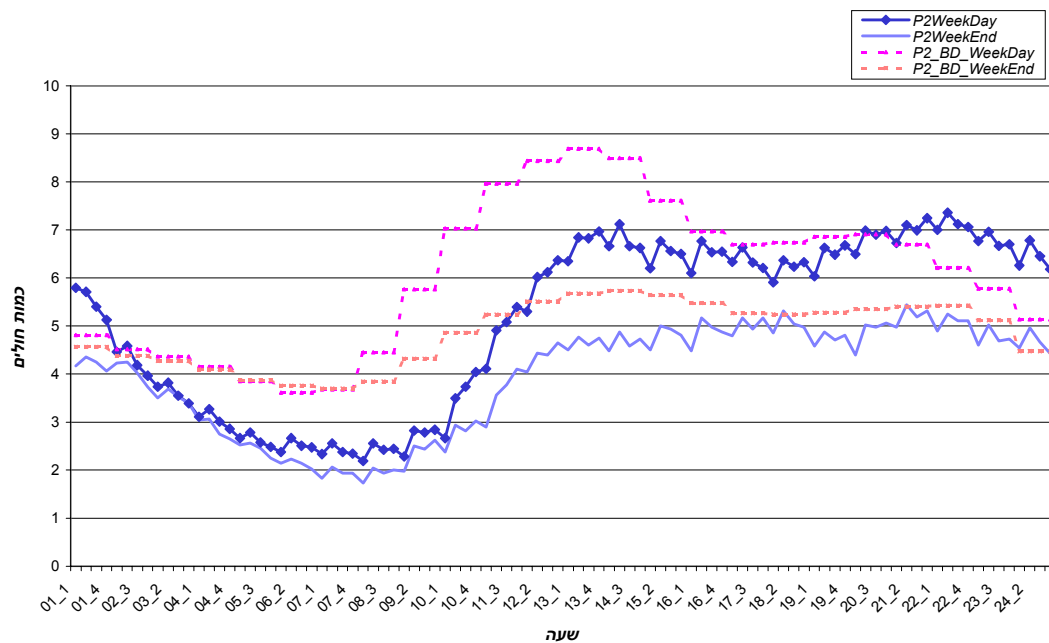
איור 65 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "1"
Figure65 Amount of Surgical patient in ED "1"



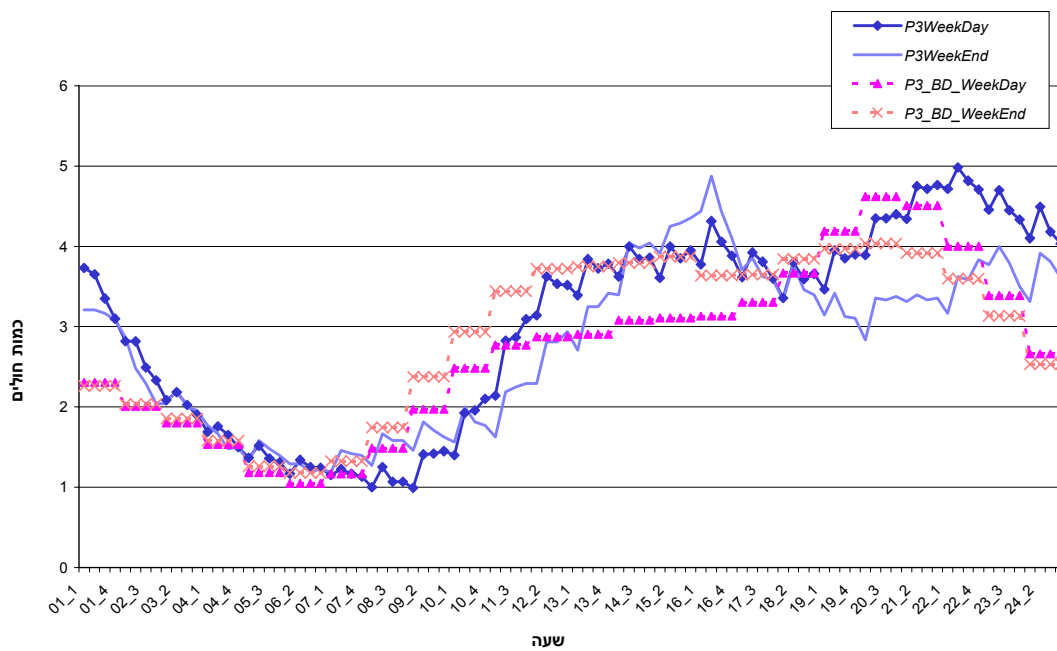
איור 66 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "1"
Figure66 Amount of Orthopedic patient in ED "1"



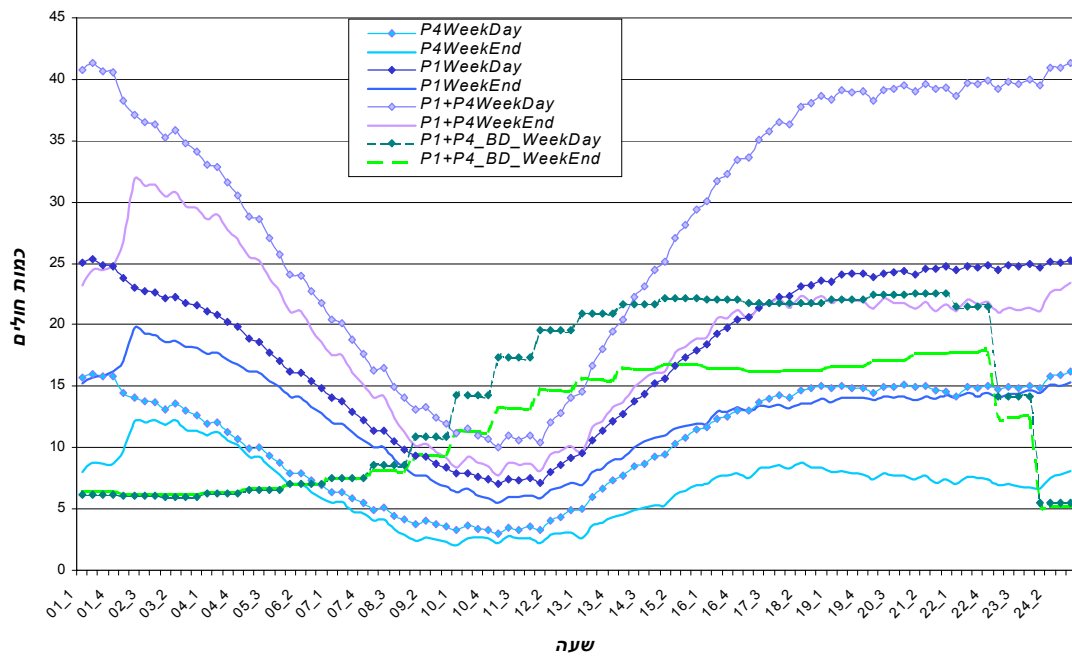
איור 67 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "2"
Figure67 Amount of Internal patient in ED "2"



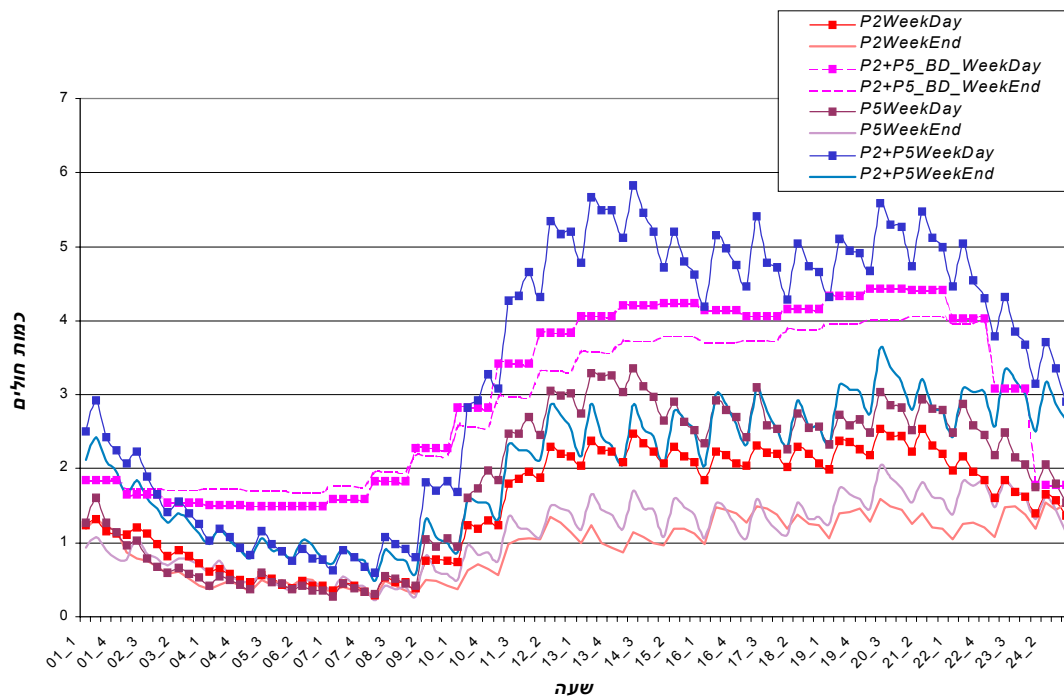
איור 68 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "2"
Figure68 Amount of Surgical patient in ED "2"



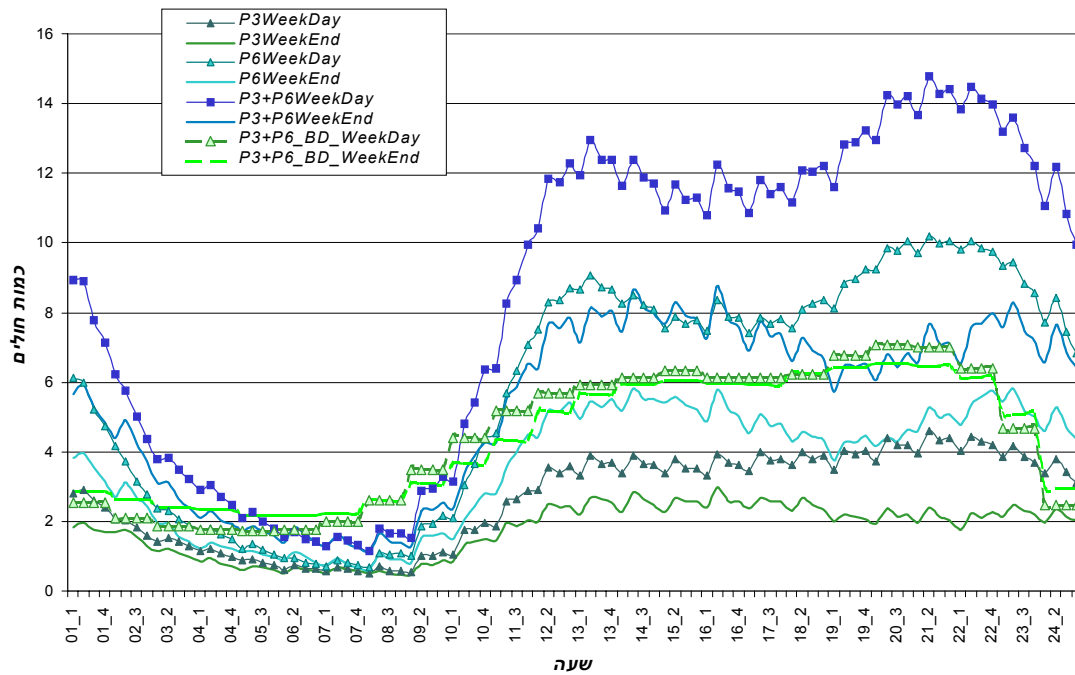
איור 69 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "2"
Figure69 Amount of Orthopedic patient in ED "2"



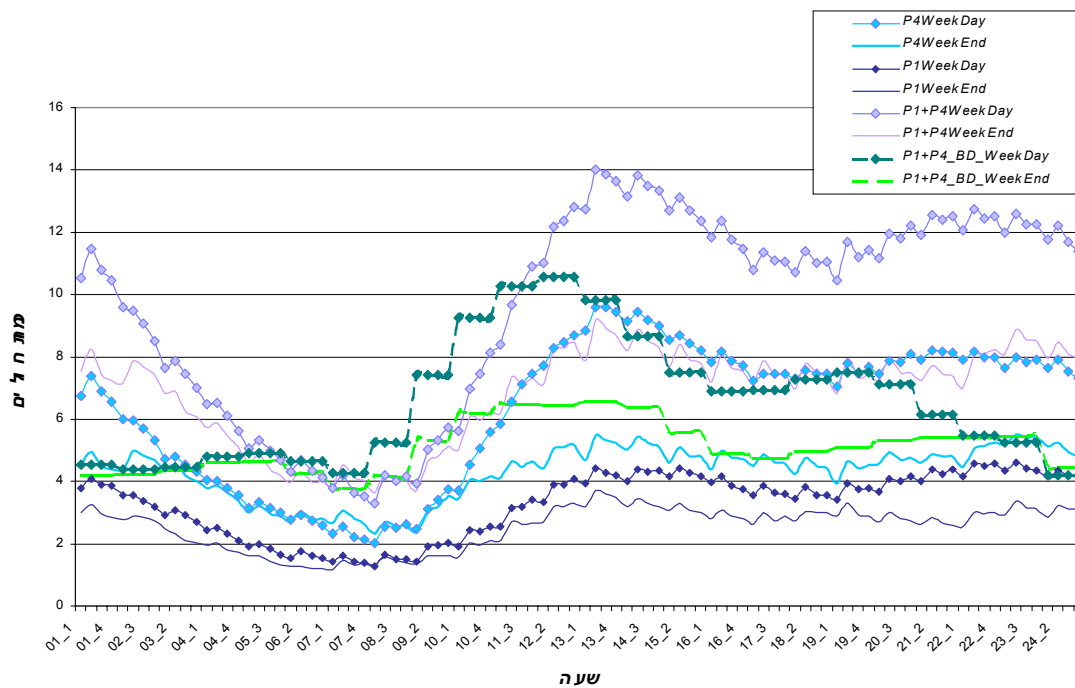
איור 70 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "3"
Figure70 Amount of Internal patient in ED "3"



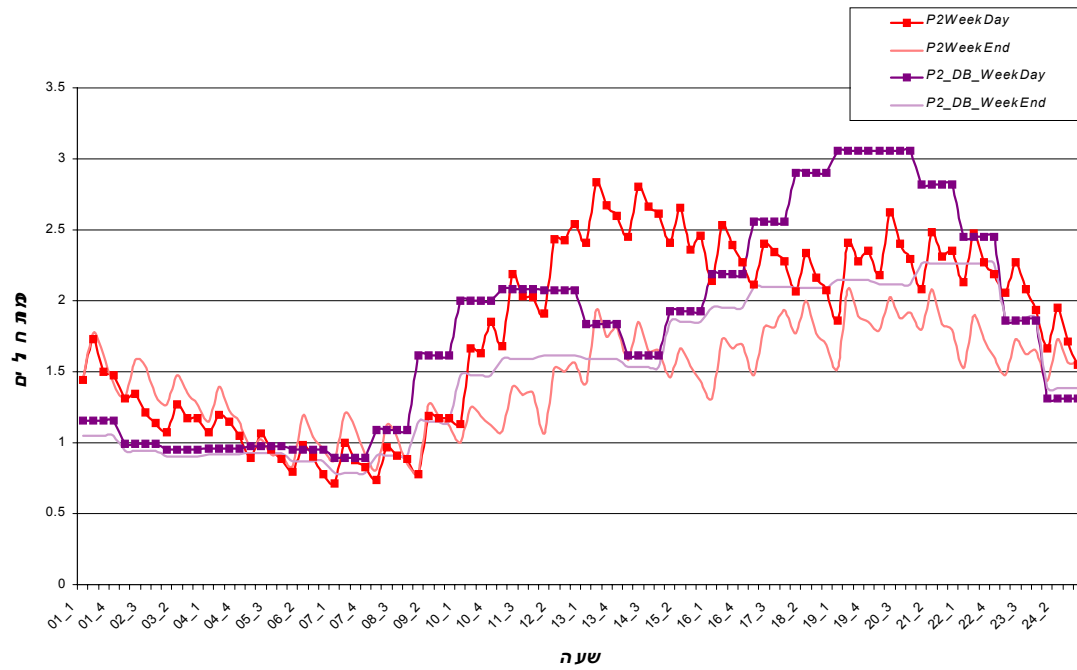
איור 71 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "3"
Figure71 Amount of Surgical patient in ED "3"



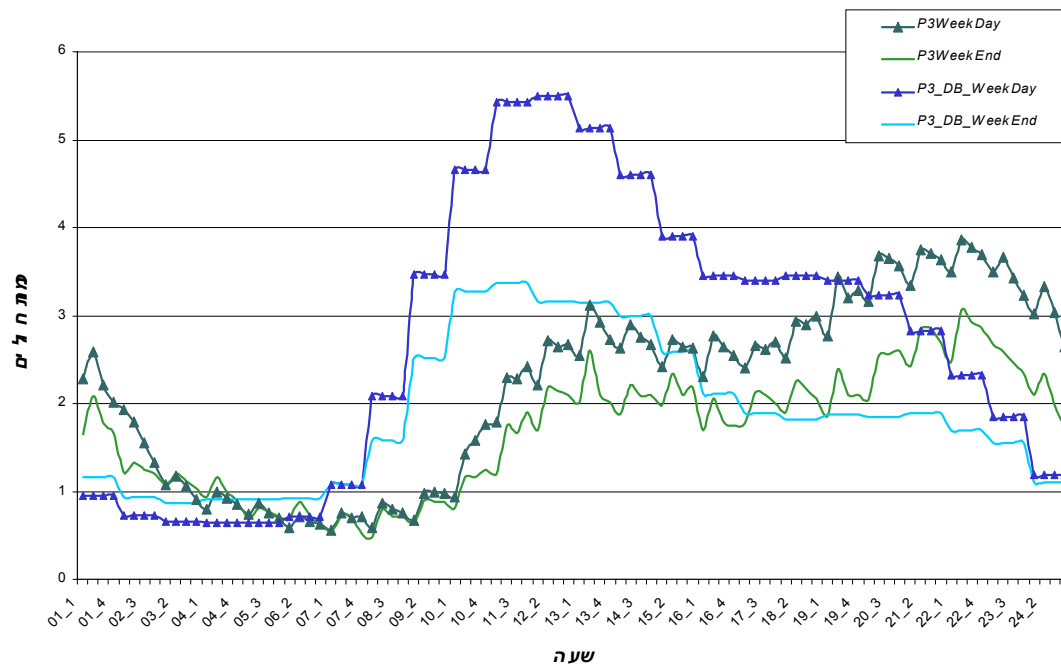
איור 72 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "3"
Figure72 Amount of Orthopedic patient in ED "3"



איור 73 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "4"
Figure73 Amount of Internal patient in ED "4"



איור 74 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "4"
Figure74 Amount of Surgical patient in ED "4"



איור 75 – כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "4"
Figure75 Amount of Orthopedic patient in ED "4"

לגבי כמויות החולים במערכת מתקבלת תמונה של השינויים לאורך היום וההבדלים בין סוף שבוע לאמצע שבוע. ניתן לצפות בגרפים אלו באי דיוק קל של כ-2 חולים, אך ההסבר לכך יכול להיות שוב אדמיניסטרטיבי. ישנם מקרים של חולים שאינם משתחררים מהמערכת הממוחשבת וזאת משום שתיקם לא נמצא (נלקח על ידי החולים או נשכח), ואז הם פשוט מופיעים במערכת כשוהים מספר שבועות עד שהדבר מתגלה.

9.2 תיקוף הכלי באמצעות השוואה עם בית חולים נוסף

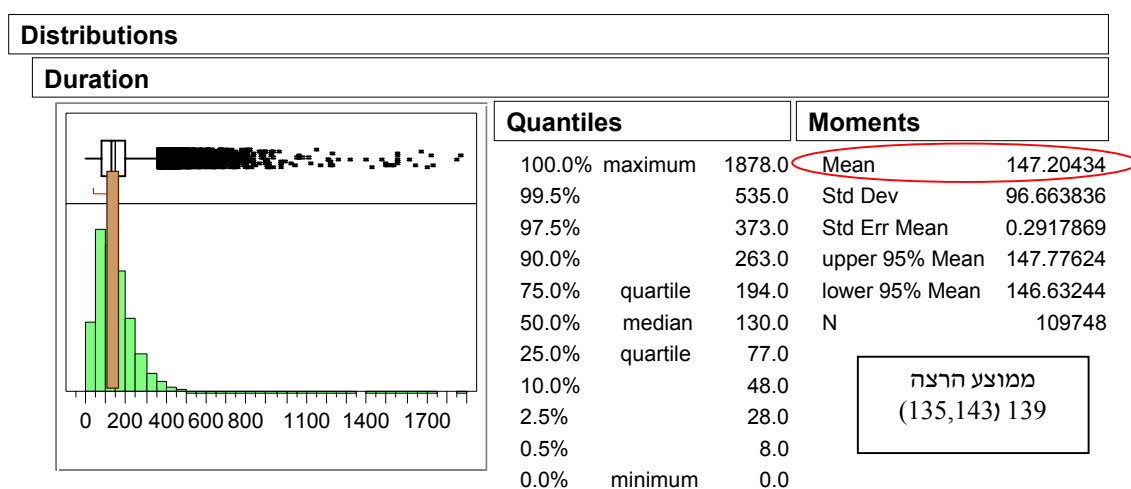
בכדי לבחון את תקפות הכלי באמצעות השוואה עם בית חולים נוסף, נבחר בית חולים אשר נסמנו ב"6". במלר"ד זה בוצעו מספר תצפיות על מנת לאשר שאופן הפעילות בו אינה חריגה. נמצא כי בית החולים מפעיל מודל הפעלה שונה מאשר שאר בתי החולים וכי הוא החל לעבוד במתכונת מעורבת של "רופא מלר"ד" המטפל בכל סוגי החולים השוכבים, ללא קשר למהות הבעיה שלהם, ורופא כירורגי, רופא אורתופד ורופא פנימי המטפלים בחולים המתהלכים הרלוונטיים אליהם.

תהליך סיווג החולים וכניסתם למדורים השונים במלר"ד "6" דומה לזה המתנהל בבית חולים "1" ו-"5". בעיקרון, חולה המגיע באמבולנס מוכנס למלר"ד ומופנה למדור שוכבים בלבד. לגבי חולה מתהלך, המגיע באופן עצמאי למלר"ד, החולה עובר תהליך מיון ראשוני במדור הטריאז, משם האחות מחליטה לאיזה מדור ימשיך החולה בתהליך.

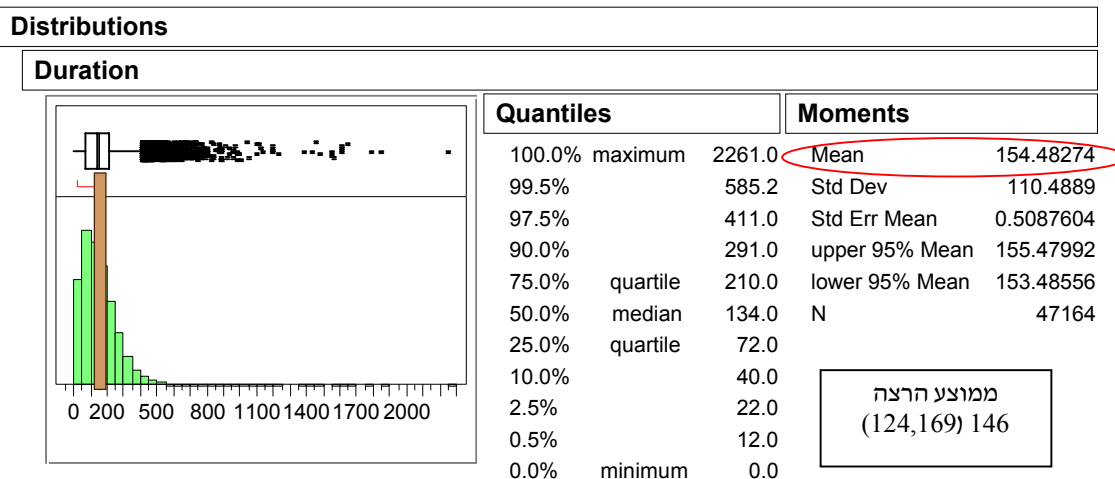
הצלחה של הכלי תלויה ביכולת להתאימו גם למצבים חדשים שלא נצפו בעבר על ידי גילוי גמישות מחשבתית. הפתרון שנמצא למצב שנוצר הוא כדלהלן: כל החולים המתהלכים והחולים הכירורגיים והאורתופדיים השוכבים יעברו דרך אחות ממיינת ראשונית (טריאז) אשר לאחריה החולים שאינם מתהלכים (לפי אחוז ידוע) יועברו לחדר שבו שוהים החולים הפנימיים וכל השאר ימשיכו בתהליך הרגיל שלהם. כך באה הבעיה על פתרונה בלי שיהיה צורך לשנות את כלי הסימולציה עצמו.

במצב זה נוכל לעקוב אחר ממוצע שהייה של 4 סוגי החולים העיקריים בנפרד (FT / פנימי / כירורגי / אורתופדי) וכן נוכל לבחון את הכמויות של סוגי החולים השונים בכל חדר.

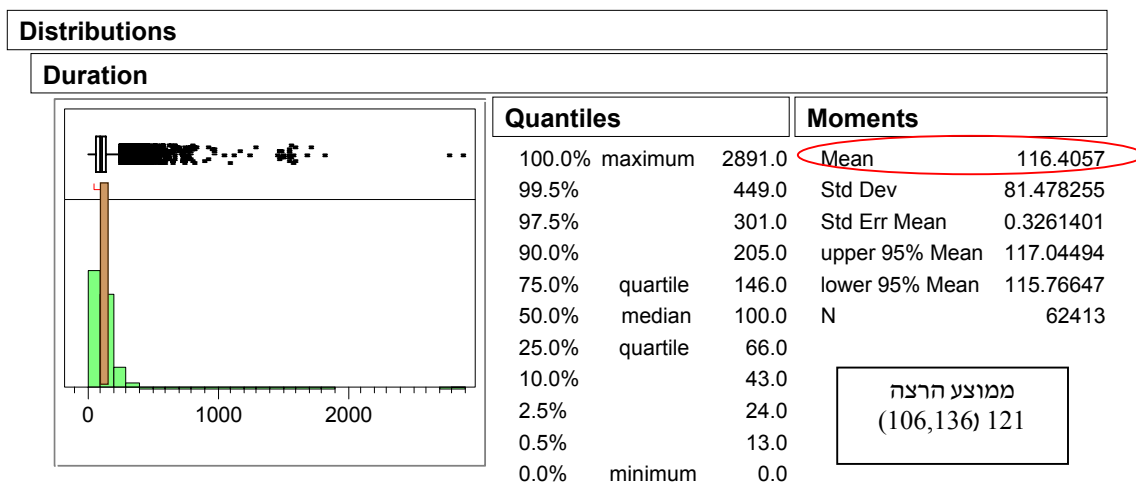
9.2.1 ניתוח ממוצעי זמני שהייה וכמויות חולים



איור 76 – התפלגות משך שהיית חולים פנימיים במלר"ד "6"
Figure76 Internal patient length of stay distribution in ED "6"



איור 77 - התפלגות משך שהיית חולים כירורגיים במלר"ד "6"
Figure77 Surgical patient length of stay distribution in ED "6"



איור 78 - התפלגות משך שהיית חולים אורתופדיים במלר"ד "6"
Figure78 Orthopedic patient length of stay distribution in ED "6"

על פי הגרפים נראה כי ממוצע זמן השהייה החזוי של חולים על פי הסימולציה דומה לזמן הממוצע כפי שחושב בפועל ממערכת המידע של בית החולים. ההבדלים משמעותיים לא נצפו, אך כאמור אלו יכולים לנבוע מסיבות אדמיניסטרטיביות.

בכדי לבחון את הדמיון בממוצע זמן השהייה בצורה סטטיסטית, נאמץ את הפרמטר Half Width המדווח על ידי הסימולציה אשר משמעותו "ב-95% מהחזרות, ממוצע המדגם (הסימולציה) יוכל להיות מדווח באינטרוול של ממוצע המדגם $\pm$ Half Width". על פי

טבלה 20 נראה כי ברמת בטחון 95% ניתן לומר שממוצע זמן השהייה, כפי שנקבע בסימולציה, דומה לממוצע זמן השהייה, כפי שהתקבל מתוצאות מערכת המידע הממוחשבת של בית החולים.

טבלה 20 – השוואת תוצאות הסימולציה למערכת הממוחשבת

Table 20 Comparing simulation result to the database

סוג חולה	ממוצע אוכלוסייה	ממוצע מדגם	Half Width	טווח מדגם
פנימי	147.20	139	10.09	128.75,148.93
כירורגי	154.49	146	22.06	124.64,168.76
אורתופדי	116.41	121	14.53	106.73,135.79

טבלה 21 – כמות חולים יומית ממוצעת לפי סוג חולה (ממוחשב – "6")

Table 21 Average daily patient amount by patient type (database "6")

"6"		
סוג חולה	סימולציה	מצב קיים
פנימי	101	100
כירורגי	49	46
אורתופדי	58	57

נראה כי גם מודל הגעות החולים חולל את כמות החולים לכל שעה משעות היום ולכל ימות השבוע, כך שממוצע כמות החולים היומית המופיעה בסימולציה דומה לכמות במערכת המידע של בית החולים.

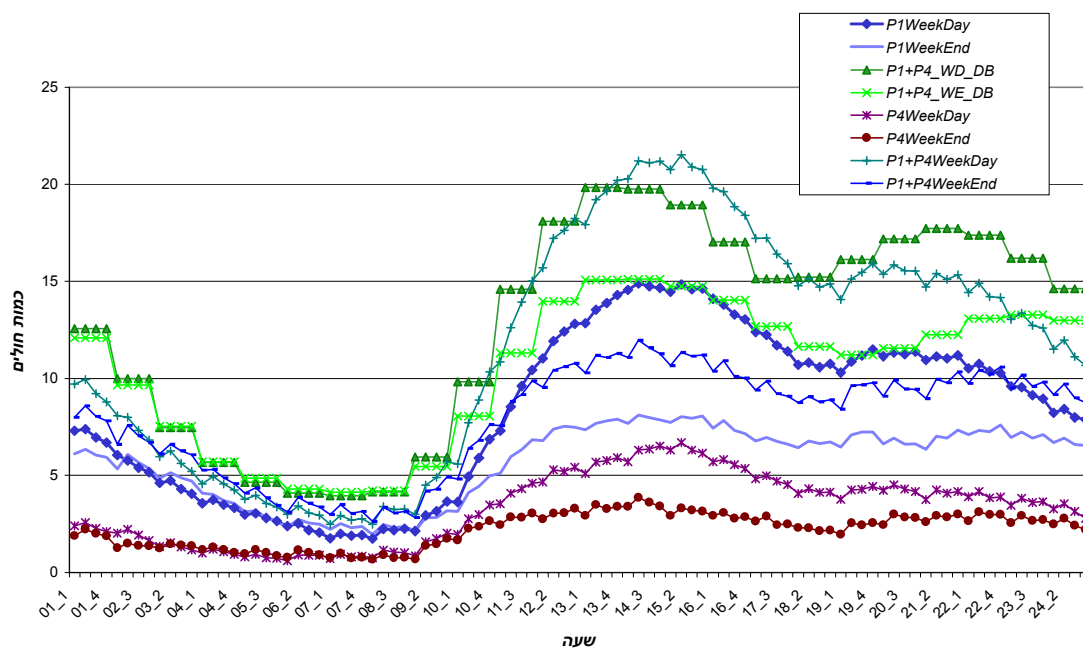
9.2.2 עומסים ונפח פעילות

בכדי להבין את התרשימים מוצגת בטבלה 22 מקרא עבור סוגי החולים בבית חולים "6".

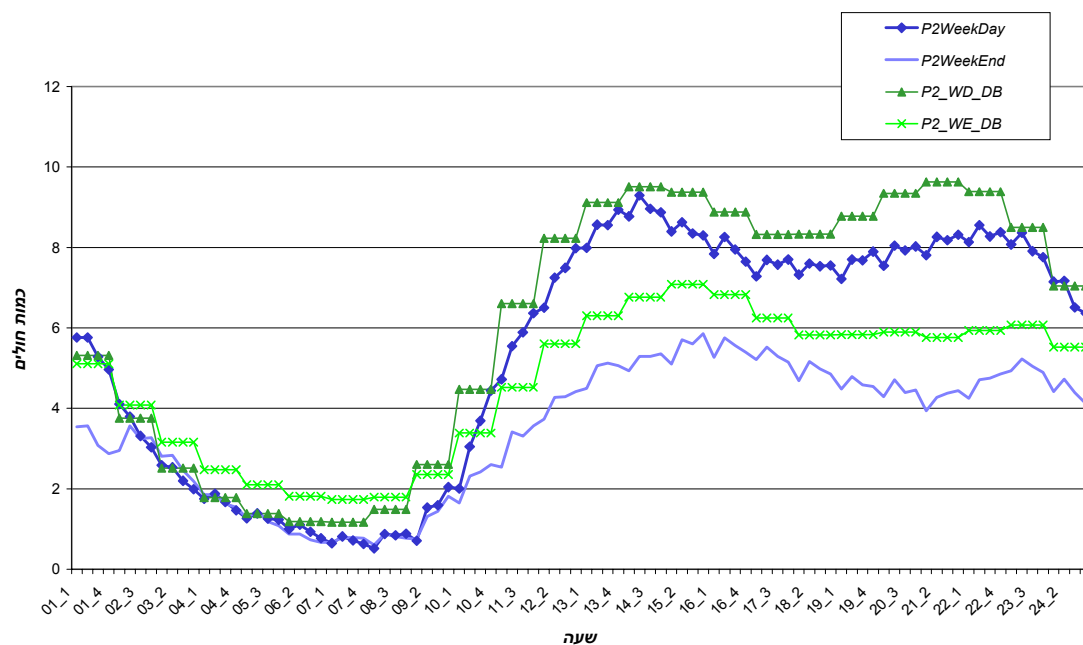
טבלה 22 – מקרא לתרשימים ("6")

Table 22 Chart key ("6")

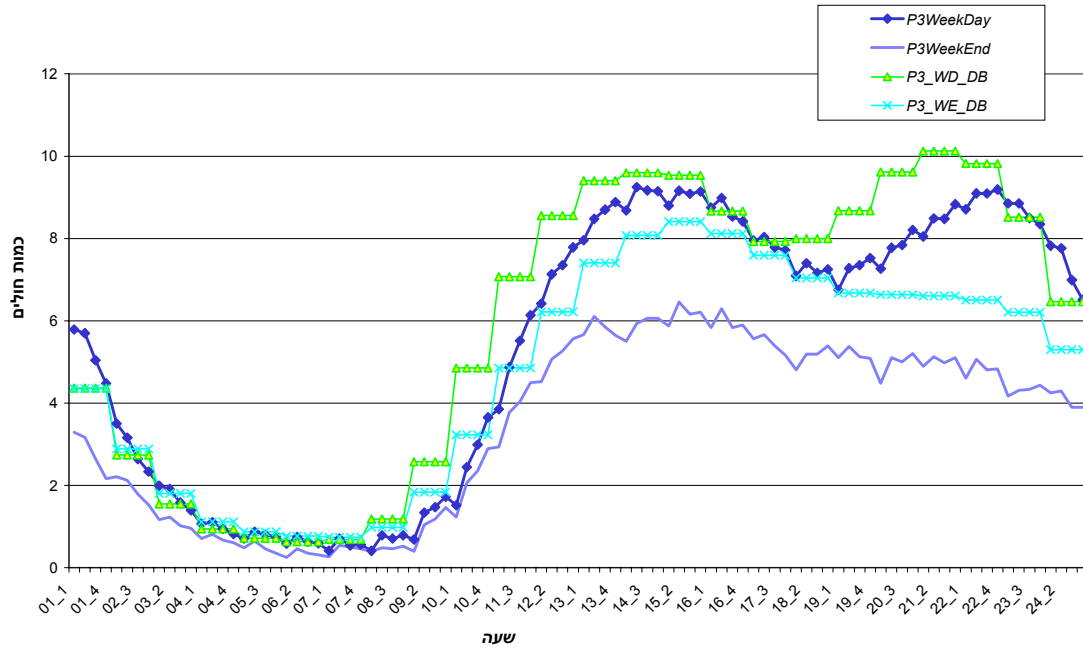
סימון	בית חולים "6"
P1	חולה פנימי שוכב
P4	פנימי מתהלך
P2	חולה כירורגי
P3	חולה אורתופדי



איור 79 – כמות חולים פנימיים במלר"ד "6"
Figure79 Amount of Internal patient in ED "6"



איור 80 – כמות חולים כירורגיים במלר"ד "6"
Figure80 Amount of Surgical patient in ED "6"

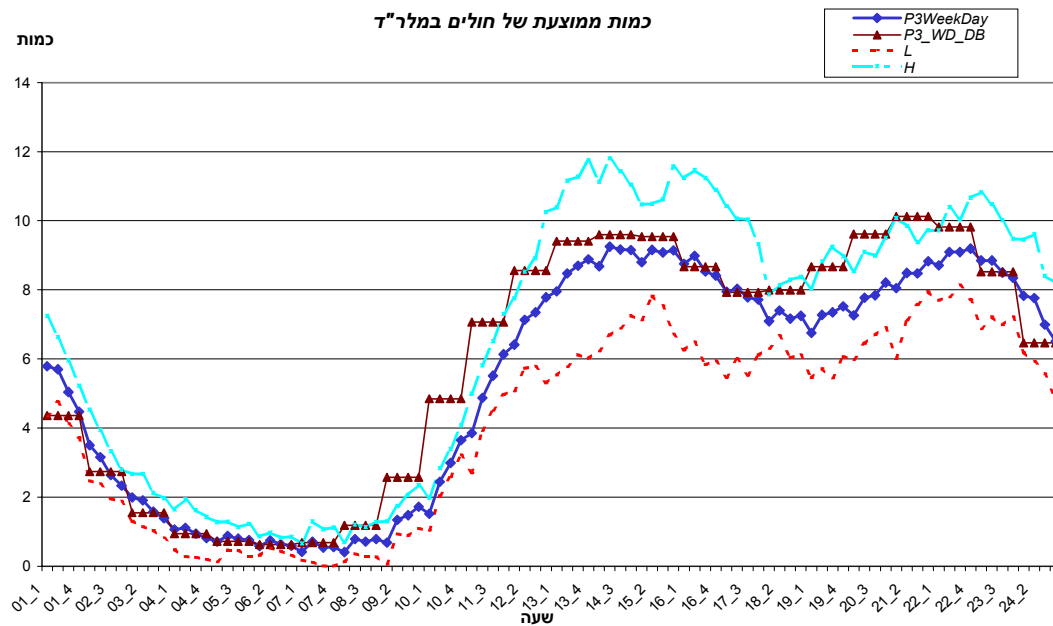


איור 81 - כמות חולים אורתופדיים במלר"ד "6"

Figure81 Amount of Orthopedic patient in ED "6"

לגבי כמויות החולים במערכת מתקבלת תמונה של השינויים לאורך היום וניתן לזהות את ההבדלים בהתנהגות בין סוף שבוע לאמצע שבוע. לא קיימת חריגה משמעותית בין תוצאות הסימולציה למצב הקיים כפי שעולה מתוך נתוני מערכות המידע של בית החולים.

ניתן לבחון את הדמיון בממוצע כמות החולים בצורה סטטיסטית כאשר משתמשים בפרמטר Half Width המדווח על ידי הסימולציה. מאחר ולכל סוג חולה הסימולציה אוספת נתונים כל 15 דקות, מתקבלים 96 (60*24/15) פרמטרים עבור אמצע שבוע ו-96 פרמטרים עבור סוף שבוע, ניתן להציג את נתונים אלו על פני גרף. באיור 82 ניתן לראות דוגמא של גרף עבור חולה כירורגי ובו משורטט החלק התחתון של מרווח השגיאה הסטטיסטי מהממוצע ($L=avg-HalfWidth$) ועבור החלק העליון של מרווח השגיאה הסטטיסטי של הממוצע ($H=avg+HalfWidth$). נראה כי ברמת בטחון 95% ניתן לומר שכמות החולים, כפי שנקבעה בסימולציה, דומה כמות החולים, כפי שהתקבל מתוצאות מערכת המידע הממוחשבת של בית החולים. ההבדלים הקיימים נובעים מפעולות אדמיניסטרטיביות, משום שגם במלר"ד זה, לא תמיד חולים נרשמים מיד עם יציאתם.



איור 82 – השוואה של כמות חולים כירורגיים עם גבולות בקרה (95%) במלר"ד 6
 Figure82 Comparison of amount of Surgical patient with control chart (95%)

10.1 דיון בתוצאות

מטרת המחקר הייתה לבחון האם ניתן לפתח כלי סימולציה כללי לניתוח ביצועים של מלר"ד. המטרה חייבה בשלב הראשון לנתח את סביבת המלר"ד, ולבחון האם קיימים נושאים משותפים למלר"דים שונים שיצדיקו פיתוח כלי כזה, או שכל מלר"ד הוא יחודי בפני עצמו. התשובה לכך נתונה בפרק 5 והצביעה על כך ששילוב המידע שנאסף במלר"דים השונים אכן יכול לסייע בבניית כלי אשר עומד בקריטריונים של כלליות, גמישות, נוחות הפעלה ואינטואיטיביות.

בשלב השני, חייבה המטרה גם בניית כלי סימולציה והעמדתו למבחן המציאות.

התוצאות שהוצגו בפרק 9 מתחלקות לשני חלקים. בחלק הראשון שבו הוצגו נתוני בית החולים אל מול נתוני הסימולציה, נראה כי הסימולציה מתארת את המצב הקיים בכל מלר"ד. התוצאות אינן מפתיעות בשל העובדה שהסימולציה נבנתה כך שהיא תוכל להתמודד עם המצב הקיים. כל הנתונים שהוכנסו למודל הסימולציה היו נתוני התצפיות. המודל וכן התוצאות התקבלו בחיוב בבתי החולים השונים שהשתתפו בחלק של בניית הכלי. בית חולים אחד, אף הגדיל לעשות, והשתמש במחקר כמנוף לשכנוע הצוות לשפר תהליכים. אמצעי השכנוע העיקרי היוו הפלטים מהסימולציה בשילוב ניתוח המצב הקיים מתוך התצפיות.

החלק השני, המיועד לתיקוף הכלי על בית חולים נוסף, היווה אתגר משמעותי יותר עבור המחקר. בשלב זה הוכנסו רוב נתונים הממוצעים ולא הנתונים מהתצפיות בבית החולים והתקבלו תוצאות דומות לנתונים שהתקבלו מהמערכת הממוחשבת. התוצאה משמעותית כאשר זוכרים כי בית החולים עליו בוצע תיקוף הכלי עובד בצורה שונה משאר בתי החולים על ידי כך שהוא מגדיר תפקיד שונה לרופא המלר"ד. לפיכך נראה כי המלר"ד שנבחר מאושש את מטרת המחקר ומחזק את הביטחון שכלי הסימולציה אכן מסוגל לנתח ביצועים של מלר"ד כלשהו.

10.2 מידת תיקוף הכלי

הבעיה שנותרה היא לבחון עד כמה (רמת בטחון) כלי הסימולציה שפותח אכן עומד במטרות שהוצבו בפניו, או לחלופין נשאלת השאלה האם בית חולים אחד נוסף שנבחן מספיק לחזק את מטרת מחקר שהיא בבניית כלי אשר עומד בקריטריונים של כלליות, גמישות, נוחות הפעלה ואינטואיטיביות?

(Badri & Hollingsworth 1993) קבעו, על סמך סימולציה בודדת בבית החולים מסויים, כי ניתן בקלות להשתמש בסימולציה שבנו לכל בית חולים. מצד שני לא ניתנה שום הוכחה קונקרטית ולא נמצאו מחקרים שהוכיחו את טענתם.

(Bregman 1990) פיתח מערכת סימולציה לבית חולים כללי, אך בגלל בעיות מחשוב לא הצליח להוכיח את יכולת המערכת באופן מלא אף לא על בית חולים אחד.

שני המחקרים שצוינו היו היחידים בתחום שניסו לטעון לפיתוח כלי שאינו מוגבל לשימוש בבית חולים בודד, ונדמה ששניהם לא הוכיחו את טענתם זו במידה מספקת.

בכדי להסביר מדוע אין תיקוף רחב ומדוע לא נעשו מחקרים נוספים המבקשים לחקור את המלר"ד באמצעות סימולציה רחבה יותר, צריך להבין את התמונה הכוללת:

✓ בתי חולים לא מאפשרים בצורה חופשית כניסה לביצוע תצפיות. ישנם 2 בתי חולים שסירבו להכנסת צוות סטודנטים לתצפיות במלר"ד מטעמים של סודיות רפואית (בשאר המקומות הוחתמו כל הנוגעים בדבר בהצהרות סודיות).

✓ התהליך עד לתחילת ביצוע התצפיות הראשוניות בבית חולים אורך בממוצע 3 חודשים (הגשת בקשה, פגישה עם הנהלה, קבלת אישור וראיונות עם הצוות הרפואי מלר"ד).

✓ תהליך קבלת נתונים ממערכת המידע בכל מלר"ד רצוף קשיים. המידע מסווג ולעיתים קשה מאוד למשיכה ממערכת המידע. בית חולים "5" סירב לחלוטין למסור מידע זה, אף שצורפו לבקשה השאילתות (נספח 6) הדרושות לשם כך.

כמובן שבמסגרת הזמן הקיימת מלר"ד אחד יכול להוות תיקוף ראשוני הולם.

10 3 המשך פיתוח/מחקר עתידי

מאחר והתוצאות במחקר זה כוללת, בנוסף למידע תיאורטי, גם תוכניות הניתנות להרצה, מגוון האפשרויות למחקר עתידי הנו רחב ביותר:

✓ בהמשך לסעיף הקודם, ניתן כמובן לקחת את הכלי ולבחון אותו על מספר מלר"דים נוספים. ניתן בצורה זו לבחון גם את חוזקו או את נקודות התורפה שלו בצורה מהימנה.

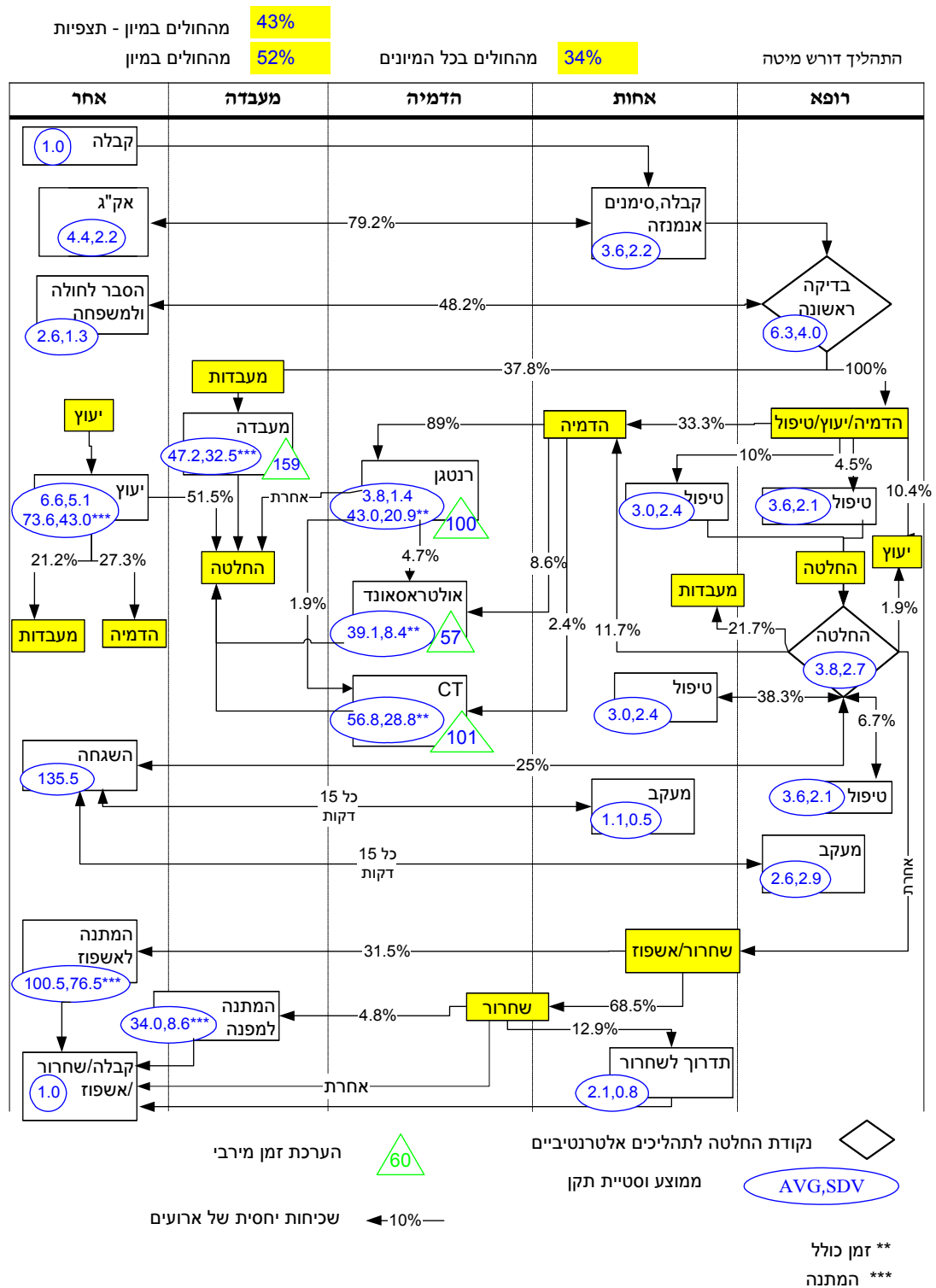
✓ ניתן להשתמש בכלי על מנת לבחון עבור בתי חולים מודלי הפעלה שונים, כפי שביצעו מחקרים קודמים, בעיקר כדאי לבחון מודלים שנמצאים במאגר הנתונים של הכלי. באמצעות שימוש בכלי הסימולציה, ניתן יהיה לקצר את העלויות הקשורות בפיתוח סימולציה ובכך להפוך אותה לכלי נפוץ.

✓ כדאי לבחון את הכלי על בתי חולים אשר פועלים על פי מודלי הפעלה שונים מהמודלים שנבחנו עבור פיתוח כלי זה. חשוב לבחון בתי חולים בהם יש הכשרה מלאה של רופא מלר"ד והחולים מסווגים לפי חומרה ולא לפי הסיווג הנפוץ בארץ. במידה והמצב הוא כזה, צריך לבחון גם את מודל הגעות החולים בכדי להתאימו לכלי וגם את מידת שימוש של בסיס המידע של כלי הסימולציה. במידה ואין התאמה, ניתן להרחיבו על ידי ניתוח הנתונים בחלוקה לפי חומרת טיפול ובלי חלוקה לסוג חולה (אם יש צידוק סטטיסטי לכך).

✓ ניתן להוסיף למודל המלר"ד אגף "הלם" / "טראומה מורכב". האפשרות הזו חשובה בעיקר בבתי חולים שמגיעים אליו נפגעי תאונות דרכים רבים, או כאלו שמקבלים אליהם חולים בעת אירוע רב נפגעים. במצב כזה, חלק נכבד מהצוות עוזב את העבודה השגרתית במלר"ד ומגיע לטפל באירוע עד שהכוננים מבית החולים יבואו להחליפם. התמודדות עם אירועים כאלו, ברמת המלר"ד, לא נבחנו עד היום בפירוט. שילוב אופציה זו יכול לתת מידע רב לצוות מלר"ד שמעוניין לקבל נפגעים מסוג זה באופן שגרתי או שצפוי, עקב שינוי אקלים בטחוני, לשנות את הרכב האירועים הללו.

- ✓ מאחר וכלי הסימולציה פשוט להפעלה, אך בכדי להפעילו צריך לרכוש את תוכנת ARENA היקרה, קיימת מוטיבציה להתאימו לעבודה דרך שרת ברשת האינטרנט. הכלי ניתן להתאמה בקלות יחסית בשל העובדה שמערכת הממשק כתובה בשפת Visual Basic שניתן להתאימה לעבודה ברשת.
- ✓ ניתן לבחון שילוב בין מודל הסימולציה של המלר"ד למודלים מורכבים אחרים שנעשו על מחלקות בבתי חולים ובכך ליצור מידול של פעילות בית חולים שלם.
- ✓ פרוייקט המעניין גופים רבים בתחום הרפואי, הוא האפשרות לשלב מערכת מידע בזמן אמת על מיקום והפעולות שעובר כל חולה במלר"ד (הנמצאת כרגע בתכנון ברמה כלשהי) עם מערכת סימולציה שתוכל לחזות את המצב בעוד מספר שעות, כך שניתן יהיה לזמן כוננים עוד לפני שהמערכת מגיעה לעומס יתר.
- ✓ מחקר חשוב שניתן לבצע בעקבות המחקר הנוכחי, הוא שילוב מערכת מומחה עם מודל הסימולציה. מערכת המומחה יכולה לזהות את המרכיבים הבעייתיים ולהציע רעיונות לשיפור ואף לבחון אותם באופן אוטומטי. רמז ליכולת המחקר להתפתח בכיוון זה ניתן לראות בנספח 5 כאשר מחושבות המשקולות עבור כל פעולה. משקל גבוה יכול לאותת על פעולה שבמידה ותקוצר, תגרום לזמן השהייה הממוצע של החולים להתקצר באופן המשמעותי ביותר.
- ✓ שילוב מרכיב של עלויות בכלי הסימולציה יכול לתרום באופן משמעותי לקידום השימוש בכלי, מאחר ויוכל לתת מדד בעל חשיבות שבדרך כלל נעדר ממערכות הסימולציה המיועדות למלר"דים.
- הוצגו אפשרויות הרחבה רבות, אך ניתן בעזרת הסימולציה גם לבחון דברים אחרים, כגון כיצד למקם מלר"דים, כך שהעומס על המלר"דים יחולק במידה שווה. או לנסות לבחון את הפקטורים של מודלי הגעות חולים לפי מרקם האוכלוסייה הקיימת מסביב למלר"ד וכדומה.

בשל העובדה שישנם נתונים רבים שלא הוכנסו לעבודה, או שלא נמצאו כתורמים באופן ישיר למטרת המחקר, אך יש בהם עניין לחוקרים אחרים, מובאים בנספחים שרטוטים של תהליכי החולים השונים בכל בית חולים וכן של התהליך הממוצע, תרשים המבנה הפיסי של המלר"ד בכל בית חולים שנבחר בקנה מידה, טפסי איסוף הנתונים והקודים שבהם קודדו, תיאור של תהליך חישוב אי הדיוק בתצפיות על פני כל בתי החולים, השאילתות שבהם השתמשו בתי החולים על מנת להוציא את הנתונים ממערכת המידע שלהם ועוד רבים אחרים.



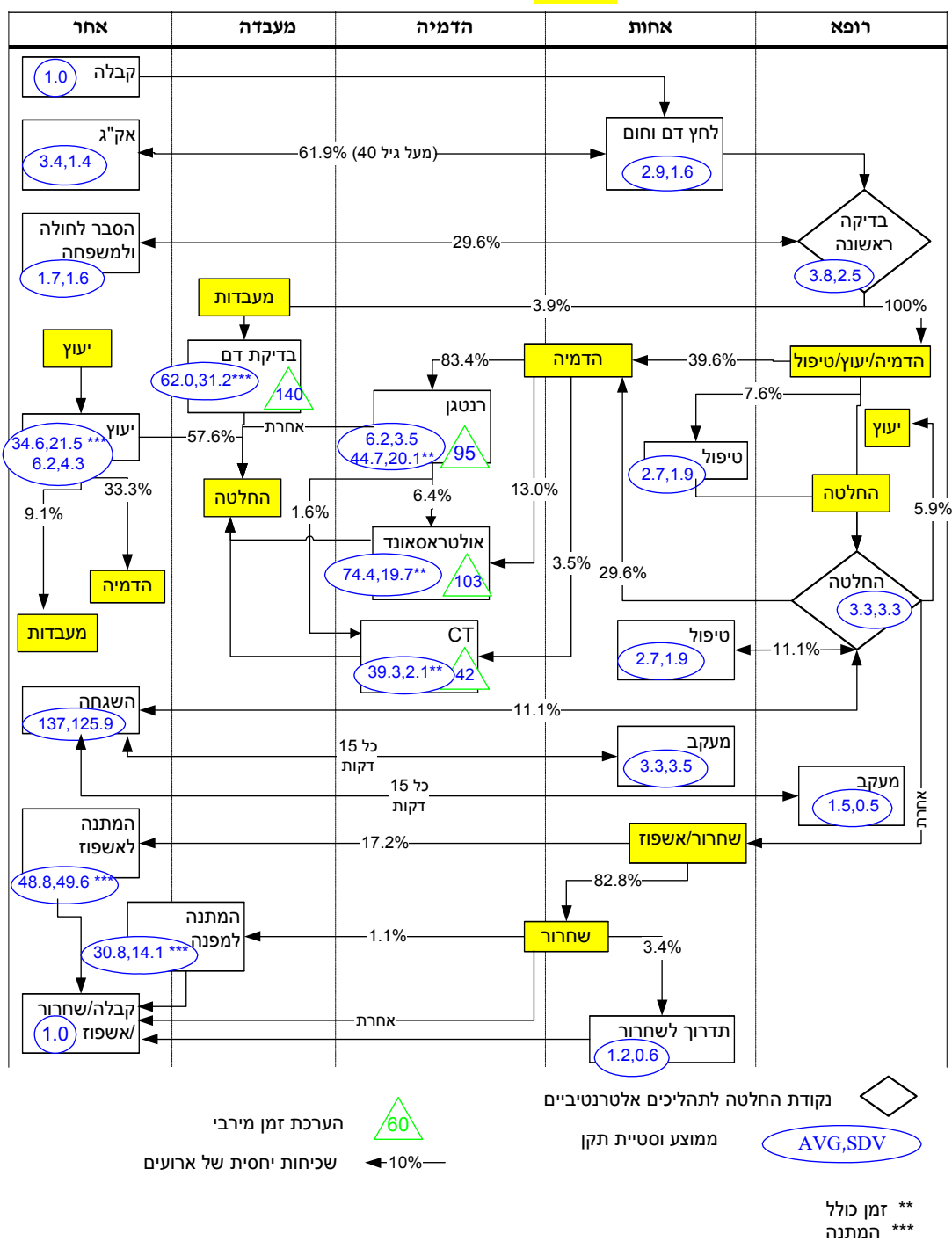
איור 83 – תרשימי תהליך חולה פנימי (Int) בבי"ח "2"
Figure83 "Int" Patient process chart in hospital "2"

מהחולים במיין - תצפיות 34%

מהחולים במיין 23%

מהחולים בכל המינים 15%

התהליך אינו דורש מיטה



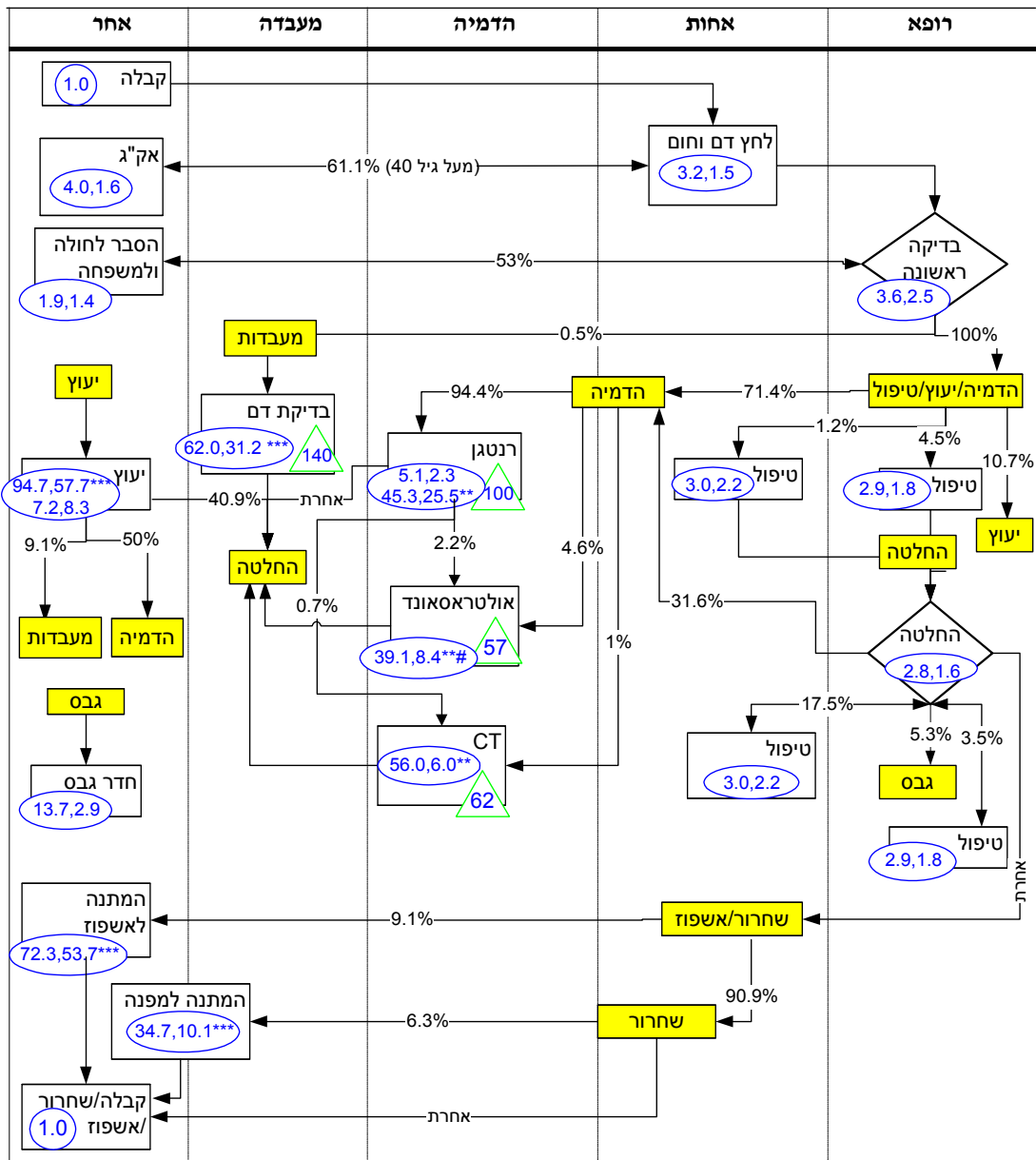
איור 84 – תרשים תהליך חולה כירורגי (S) בבייח "2"
Figure84 "S" Patient process chart in hospital "2"

מהחולים במיון - תצפיות 22%

מהחולים במיון 19%

מהחולים בכל המיונים 12%

התהליך לא דורש מיטה



נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים
 ממוצע וסטיית תקן
 AVG,SDV

הערכת זמן מירבי
 שכיחות יחסית של אירועים
 ← 10% →

- נלקח מסוג חולה אחר

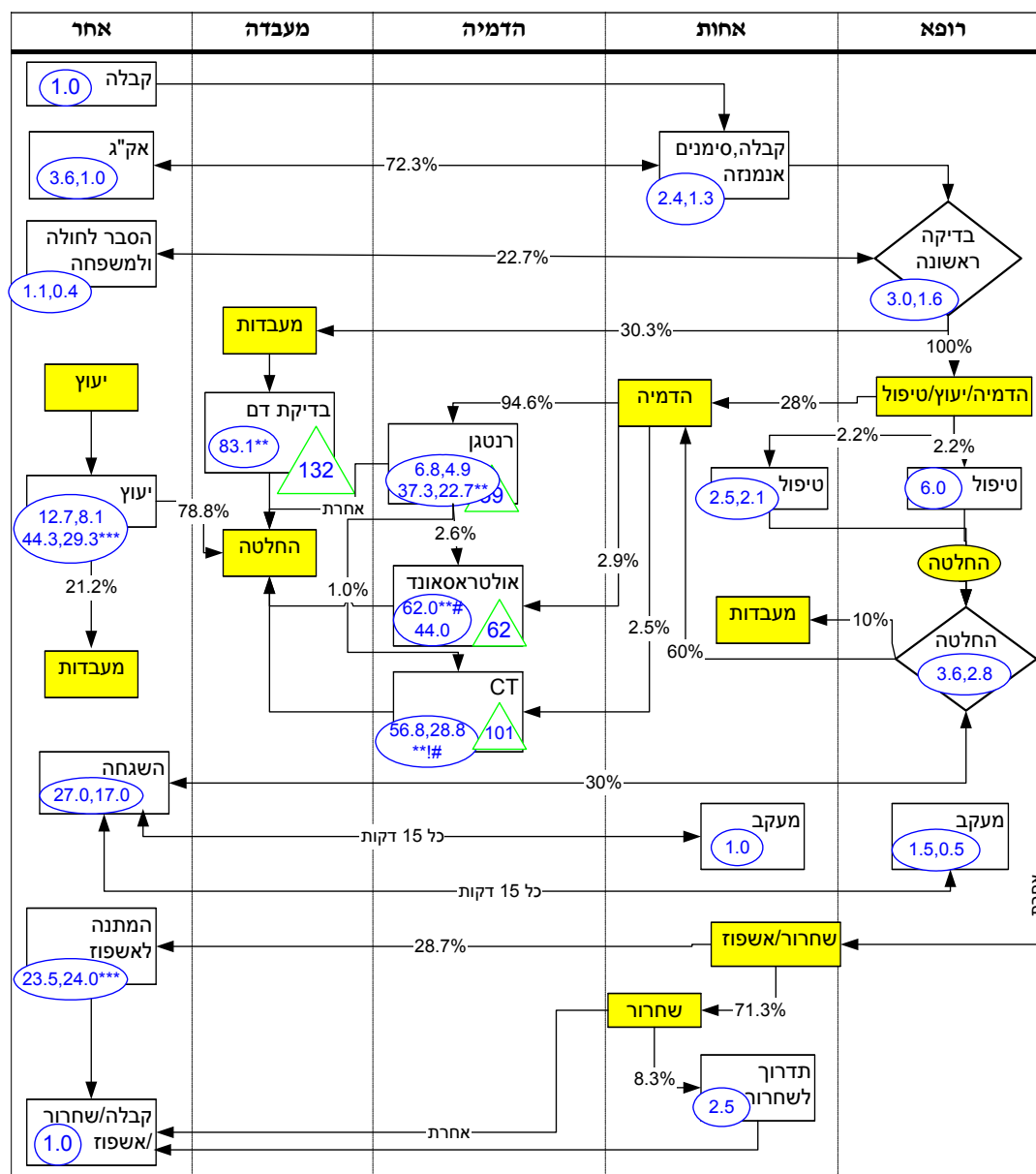
** זמן כולל
 *** המתנה

אזור 85 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "2"
 Figure85 "O" Patient process chart in hospital "2"

16% מהחולים במיון - תצפיות

32% מהחולים הפנימיים-תצפיות

התהליך דורש מיטה רק מהבדיקה הראשונה של הרופא



הערכת זמן מירבי



נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים



ממוצע וסטיית תקן

AVG,SDV

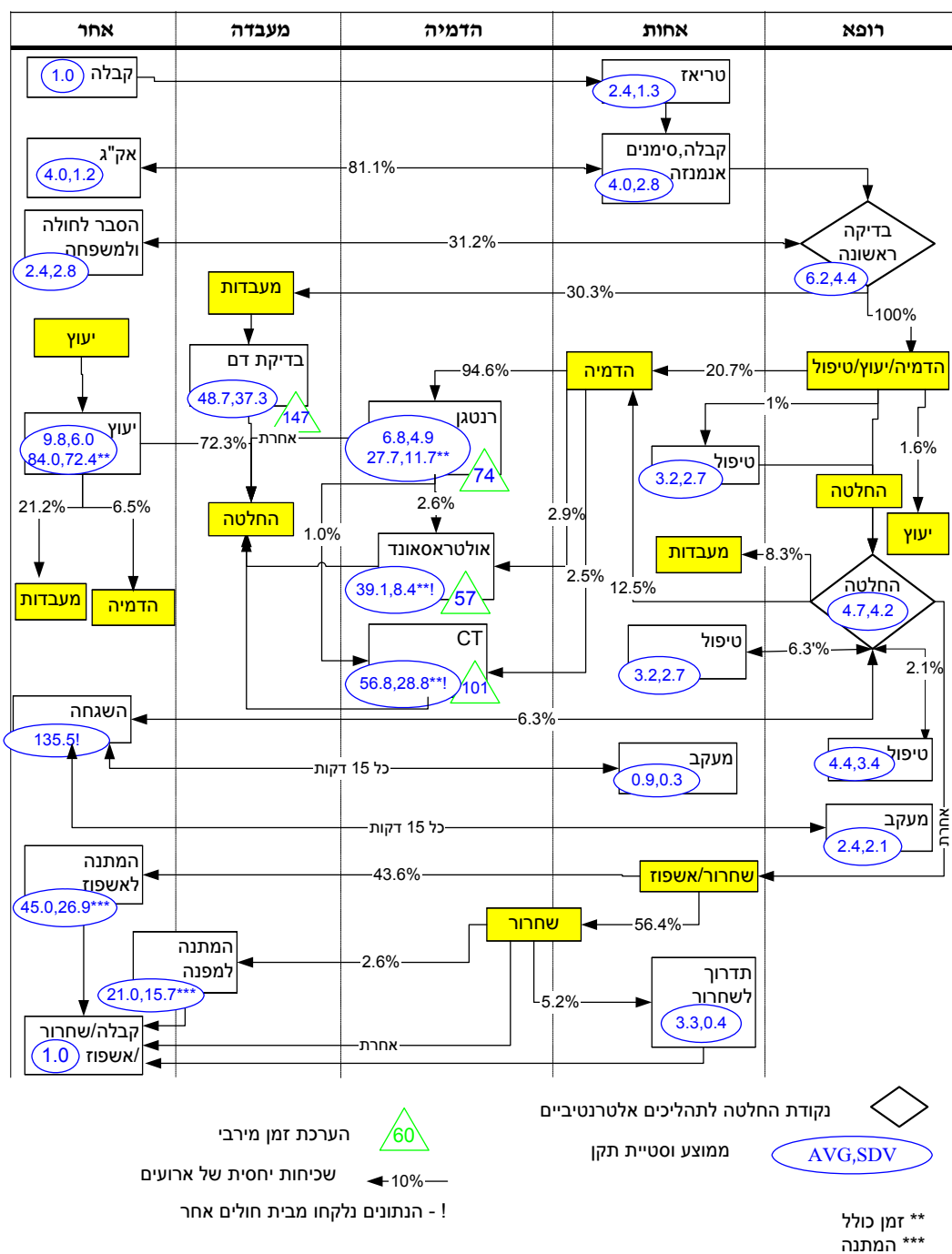
10% ← שכיחות יחסית של ארועים

!-נלקח מבית חולים אחר
#-נלקח מסוג אחר של חולה

** זמן כולל
*** המתנה

איור 86 – תרשים תהליך חולה טריאז ומסלול מהיר (Tri/FT) בבי"ח "1"
Figure86 "Triage/FT" Patient process chart in hospital "1"

מהחולים הפנימיים-תצפיות **68%**
 מהחולים במיון - תצפיות **35%**
 מהחולים במיון **55%**
 מהחולים במיון- כל המיונים **36%**
 התהליך דורש מיטה



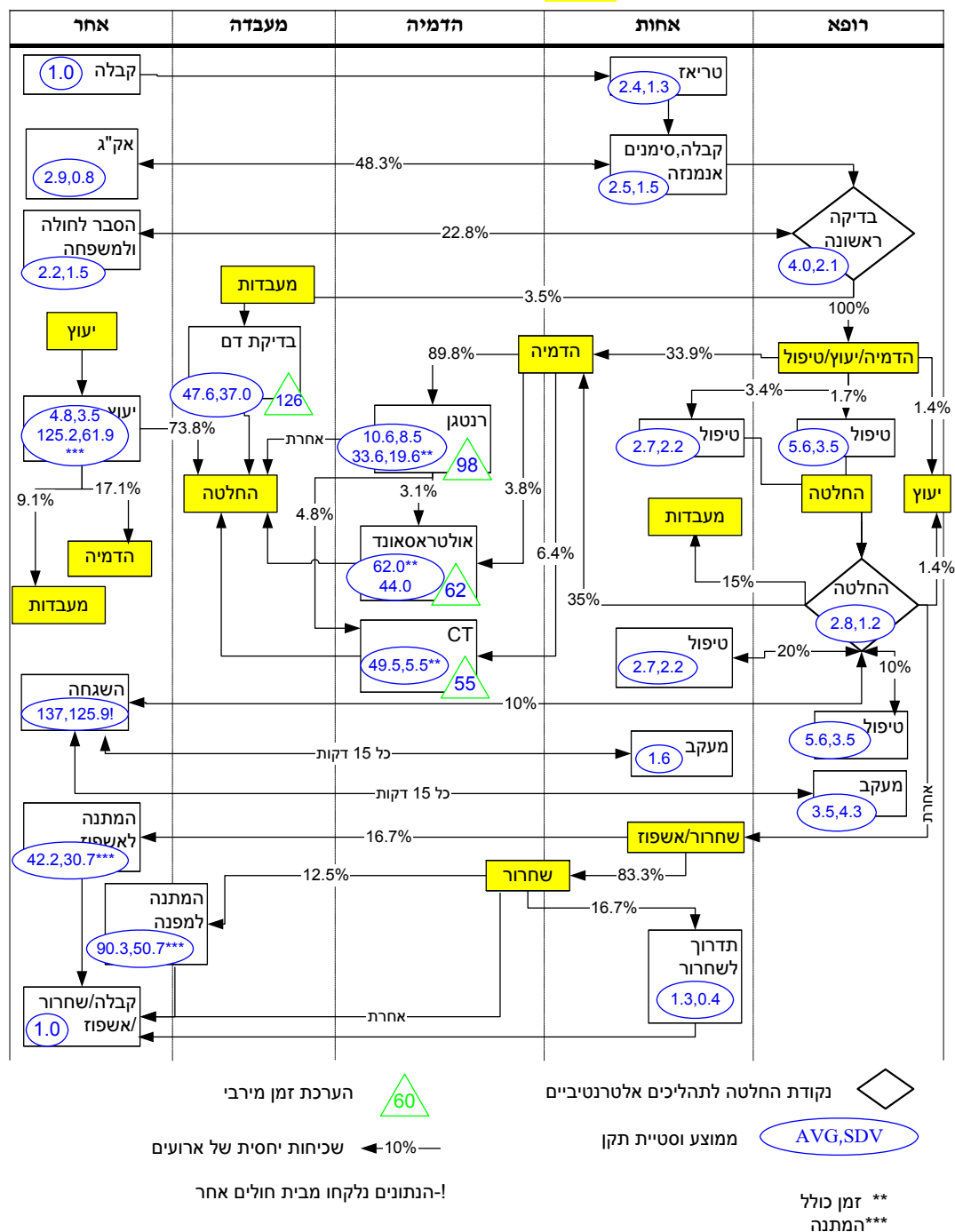
איור 87 – תרשים תהליך חולה פנימי בינוני (Int) בבי"ח "1"
 Figure 87 "Int" Patient process chart in hospital "1"

מהחולים במיין - תצפיות 28%

מהחולים במיין 23%

מהחולים בכל המינים 15%

התהליך דורש מיטה



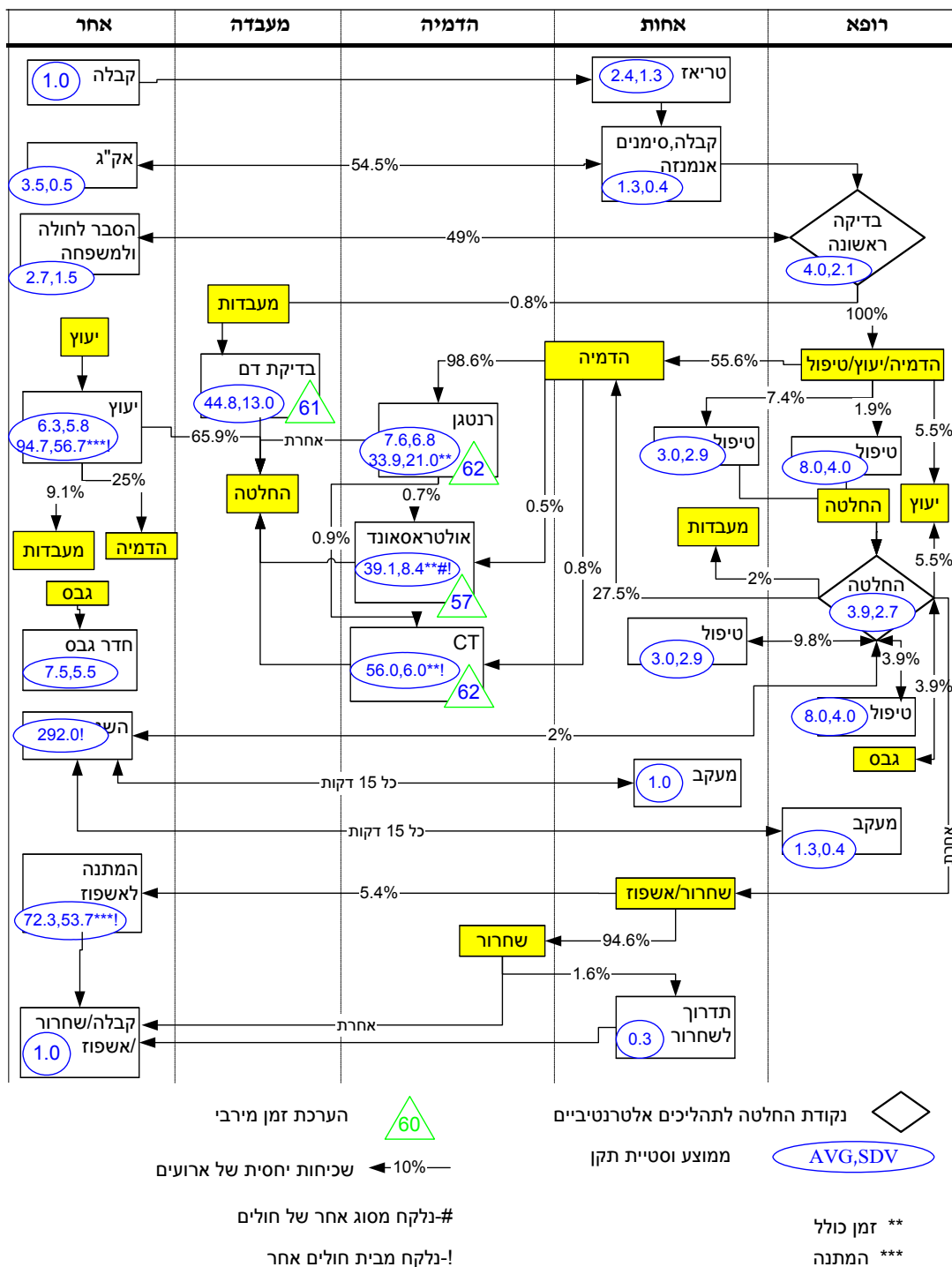
איור 88 – תרשים תהליך חולה כירורגי (S) בבי"ח 1
Figure88 "S" Patient process chart in hospital "1"

21% מהחולים במיון - תצפיות

22% מהחולים במיון

14% מהחולים בכל המיונים

התהליך אינו דורש מיטה



איור 89 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "1"
Figure89 "O" Patient process chart in hospital "1"

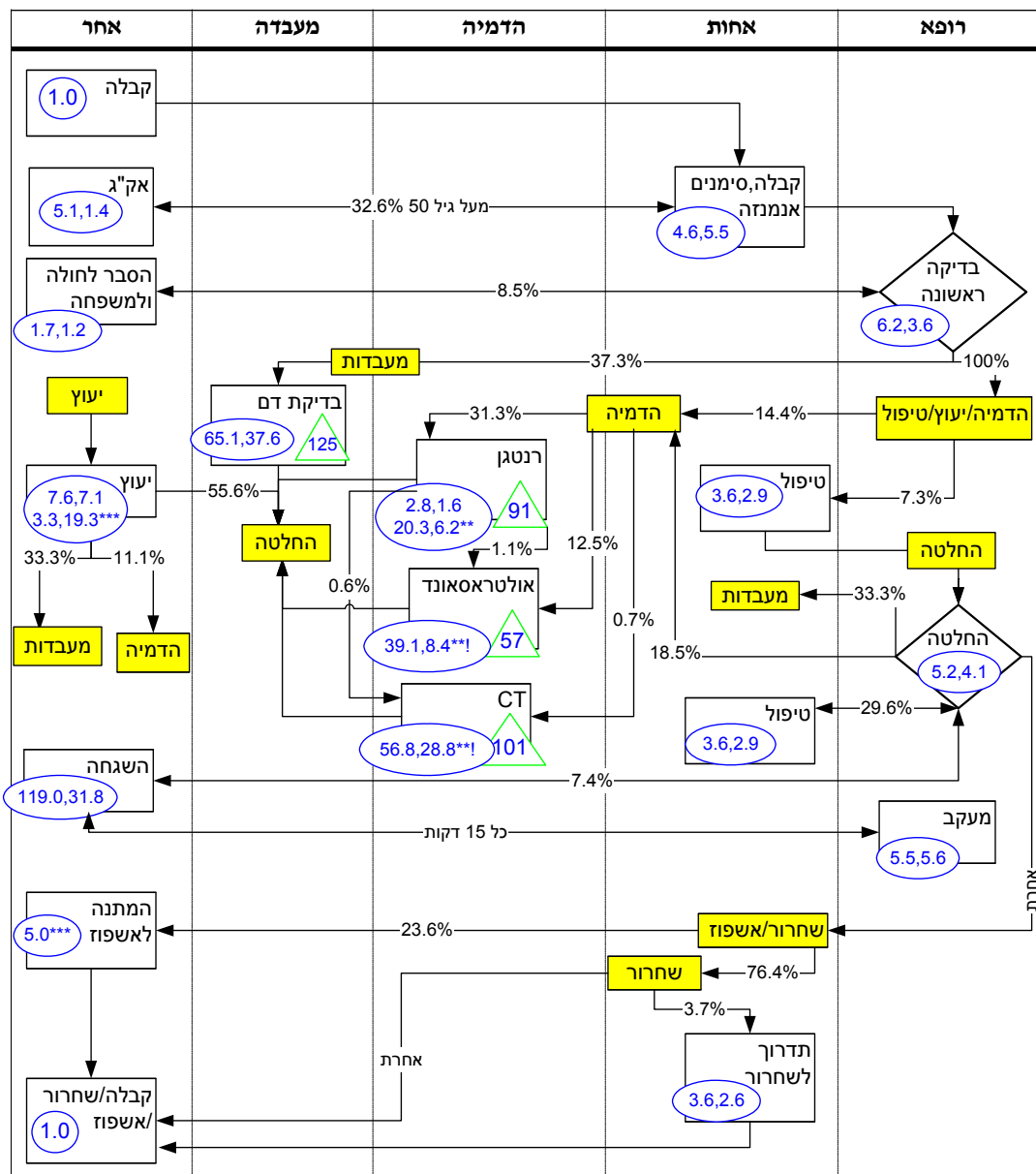
48% מהחולים הפנימיים-תצפיות

24% מהחולים במיון-תצפיות

25% נחולים במיון

19% מהחולים בכל המיונים

התהליך על כיסא



הערכת זמן מירבי
שכיחות יחסית של ארועים
! - נלקח מבית חולים אחר

נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים
ממוצע וסטיית תקן
AVG,SDV
** זמן כולל
*** המתנה

איור 90 – תרשים תהליך חולה פנימי מתהלך (Int_W) בבי"ח "3"
Figure 90 "Int_W" Patient process chart in hospital "3"

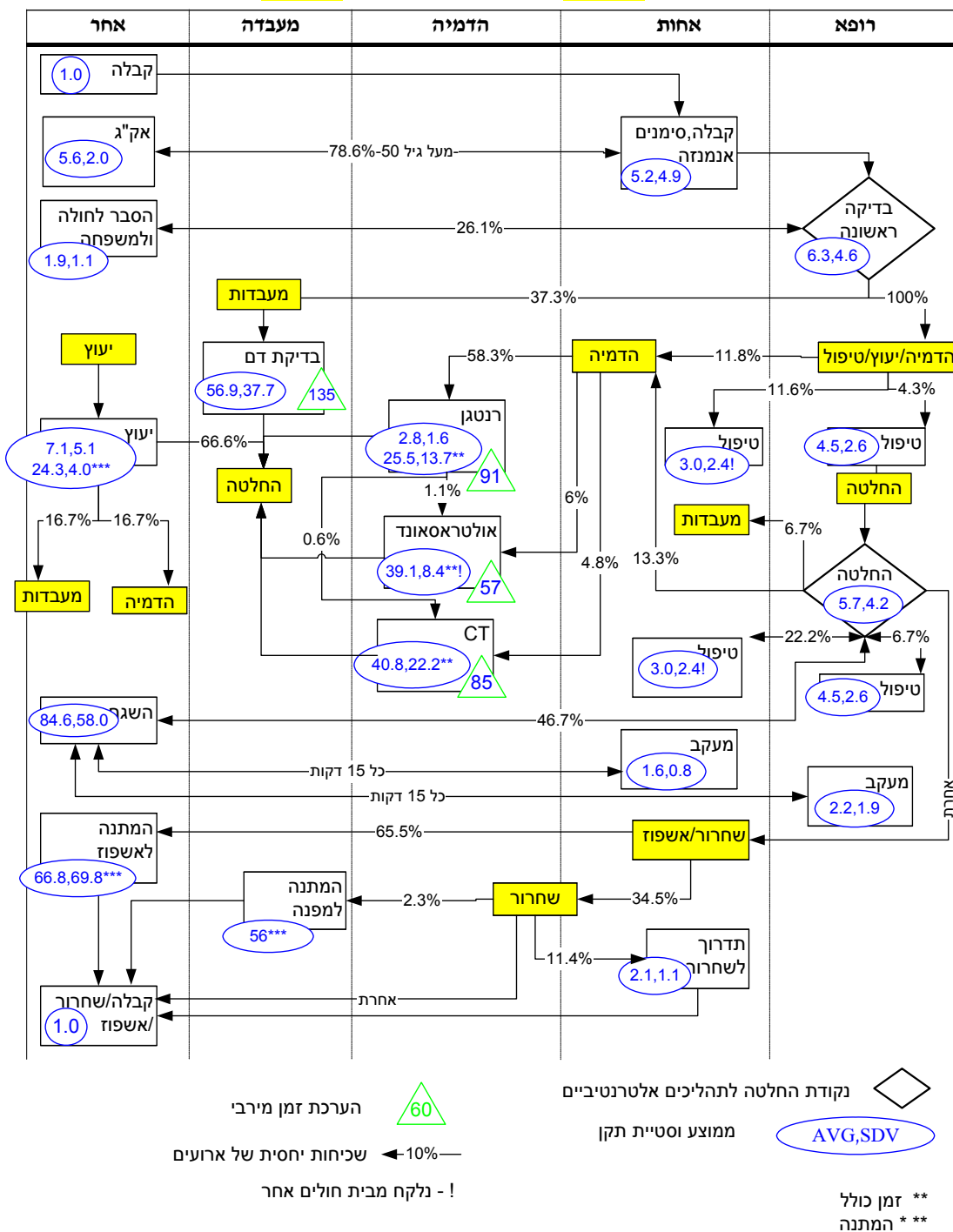
מהחוליית הפנימיים-תצפיות 52%

מהחולים במיון-תצפיות 24%

מהחולים במיון 28%

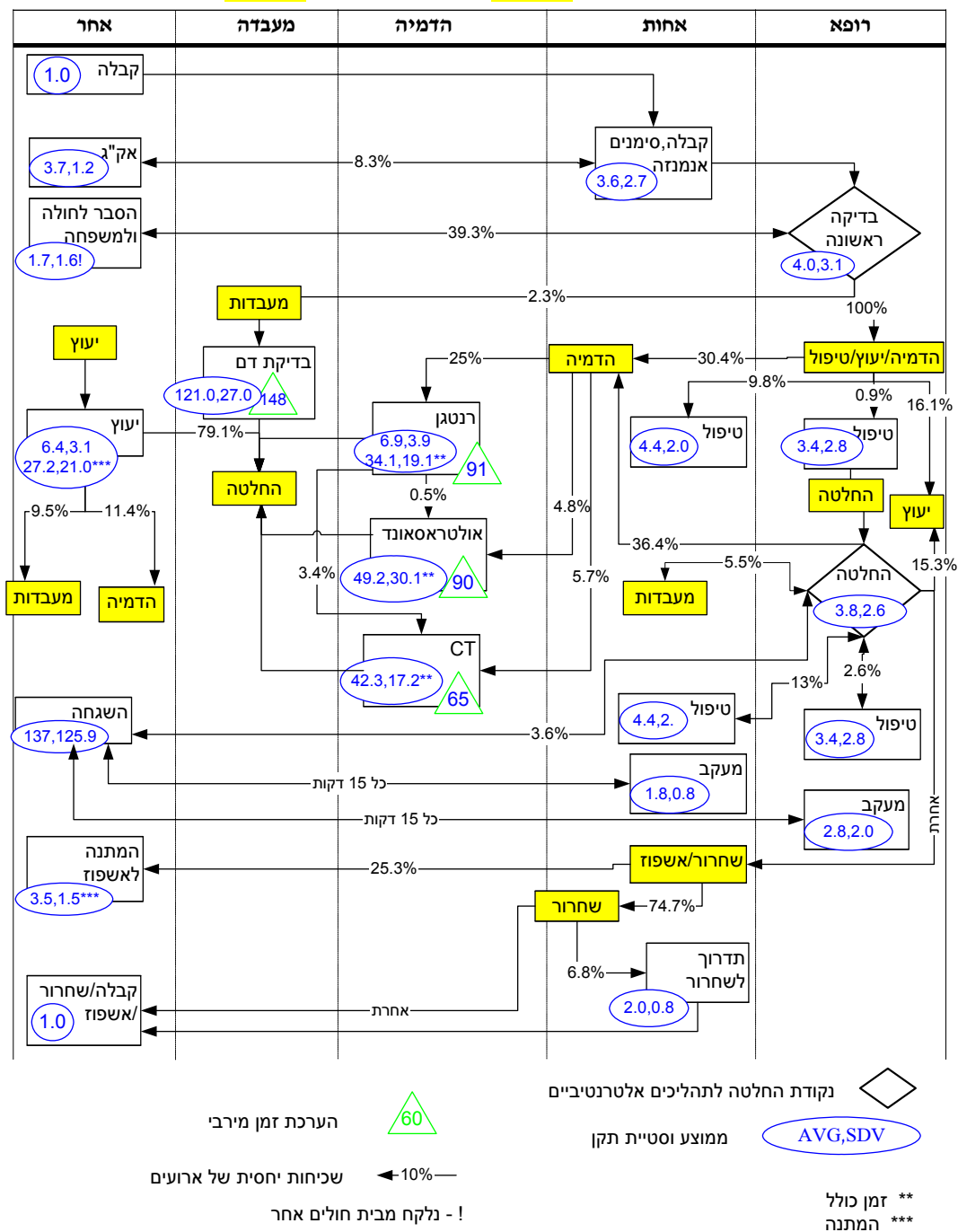
מהחולים בכל המיונים 20%

התהליך דורש מיטה



איור 91 – תרשים תהליך חולה פנימי שוכב (Int_A) בבי"ח "3"
Figure 91 "Int_A" Patient process chart in hospital "3"

התהליך אינו דורש מיטה 7% מהחולים בכל המיונים 10% מהחולים במיון 2% מהחולים במיון-תצפיות 65% מהחולים הכירורגיים-תצפיות



איור 92 – תרשים תהליך חולה כירורגי מתהלך (S_W) בבי"ח "3"
Figure92 "S_W" Patient process chart in hospital "3"

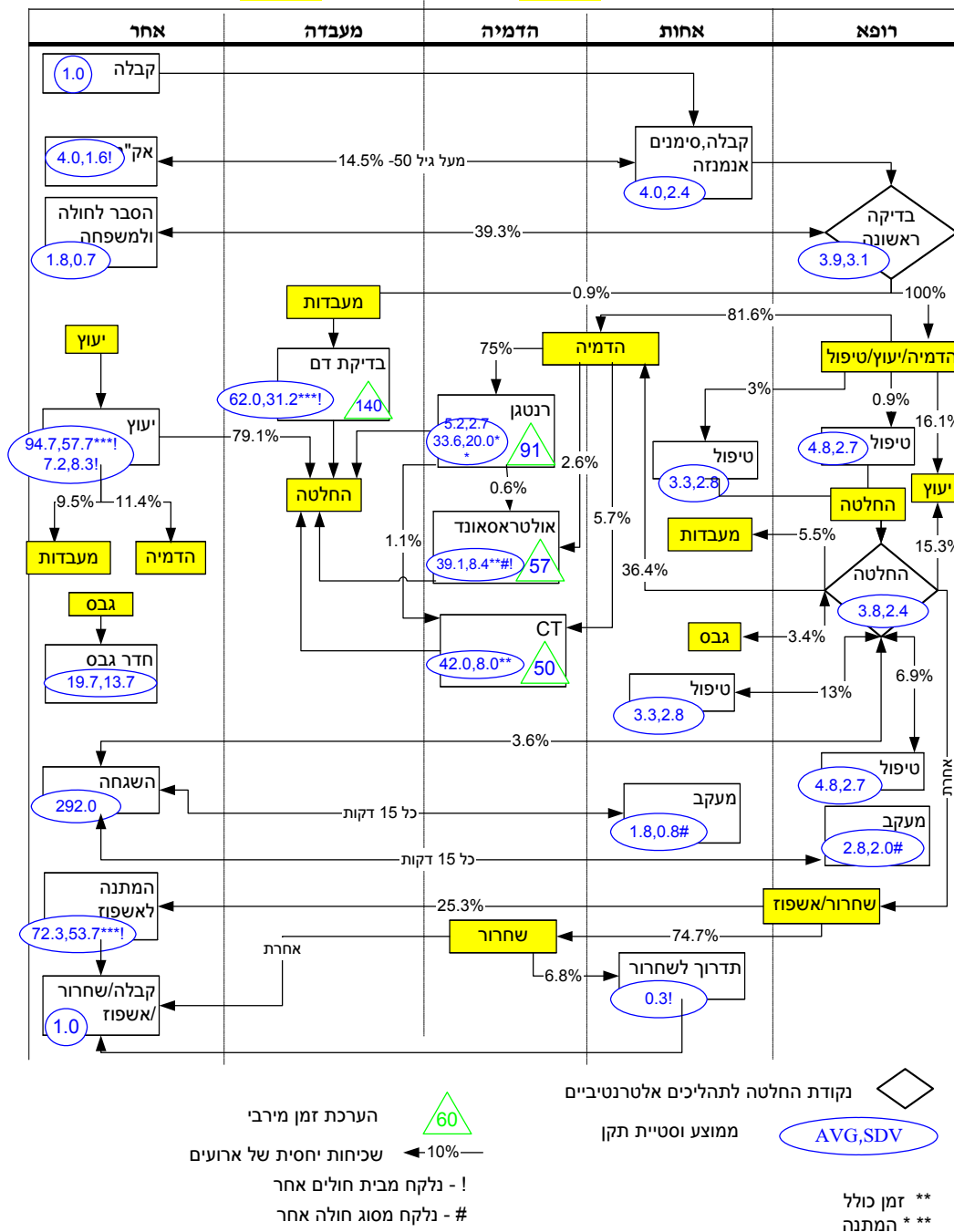
מהחולים אורטופדיים-תצפיות 74%

מהחולים במיין-תצפיות 12%

מהחולים במיין 22%

מהחולים בכל המינים 16%

התהליך אינו דורש מיטה



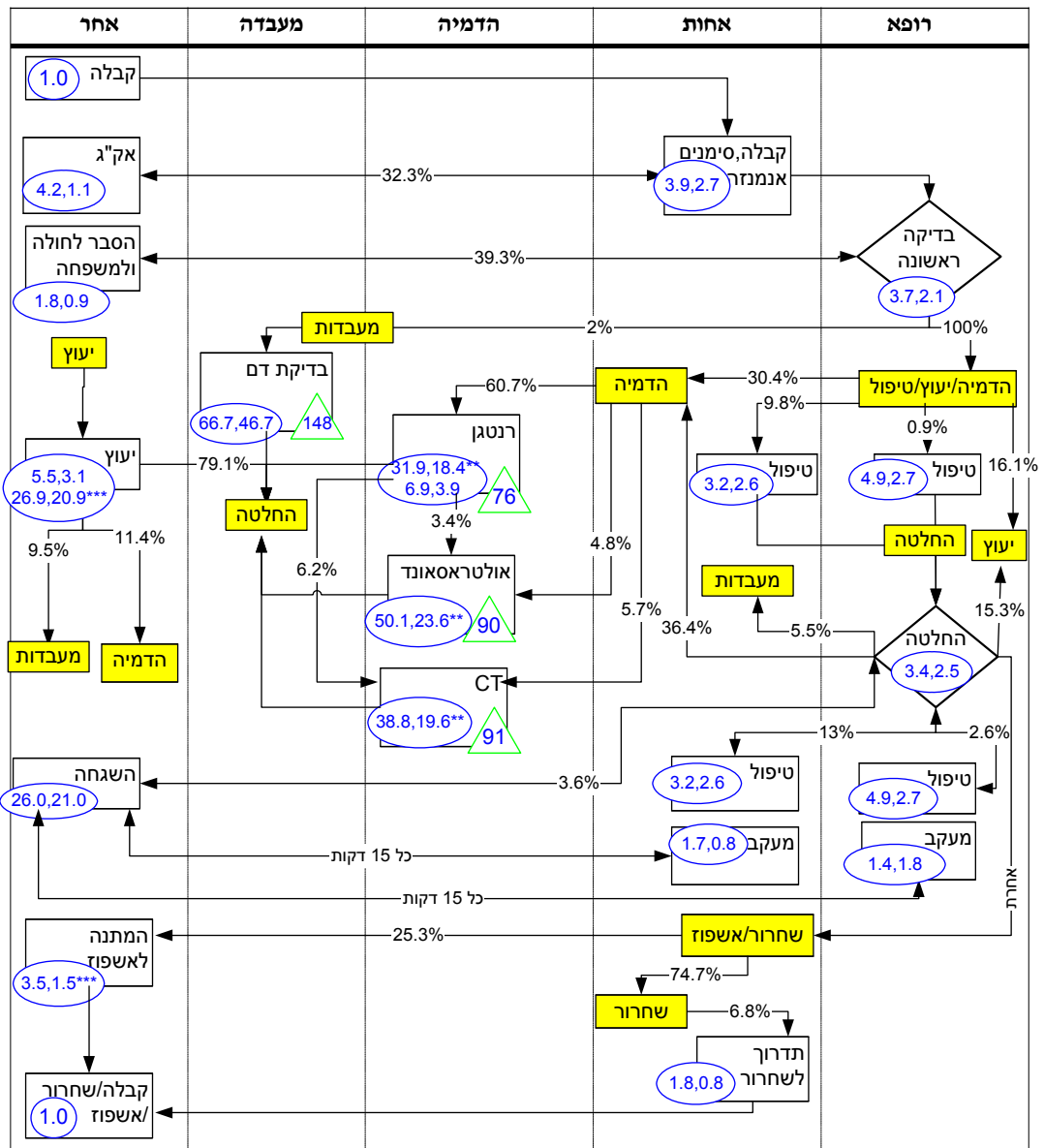
איור 93 – תרשים תהליך חולה אורטופדי מתהלך (O_W) בבי"ח "3"
Figure 93 "O_W" Patient process chart in hospital "3"

מהחולים במיון-תצפיות 38%

מהחולים במיון 15%

מהחולים בכל המיונים 11%

התהליך דורש מיטה



הערכת זמן מירבי



נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים



שכיחות יחסית של ארועים 10% ←

ממוצע וסטיית תקן

AVG,SDV

! - נלקח מבית חולים אחר

** זמן כולל
*** המתנה

איור 94 – תרשים תהליך חולה טראומה (T) שוכב בבי"ח "3"
Figure 94 "T" Patient process chart in hospital "3"

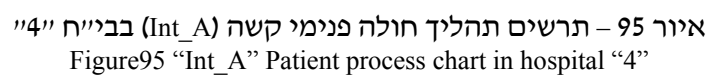
43%

16%

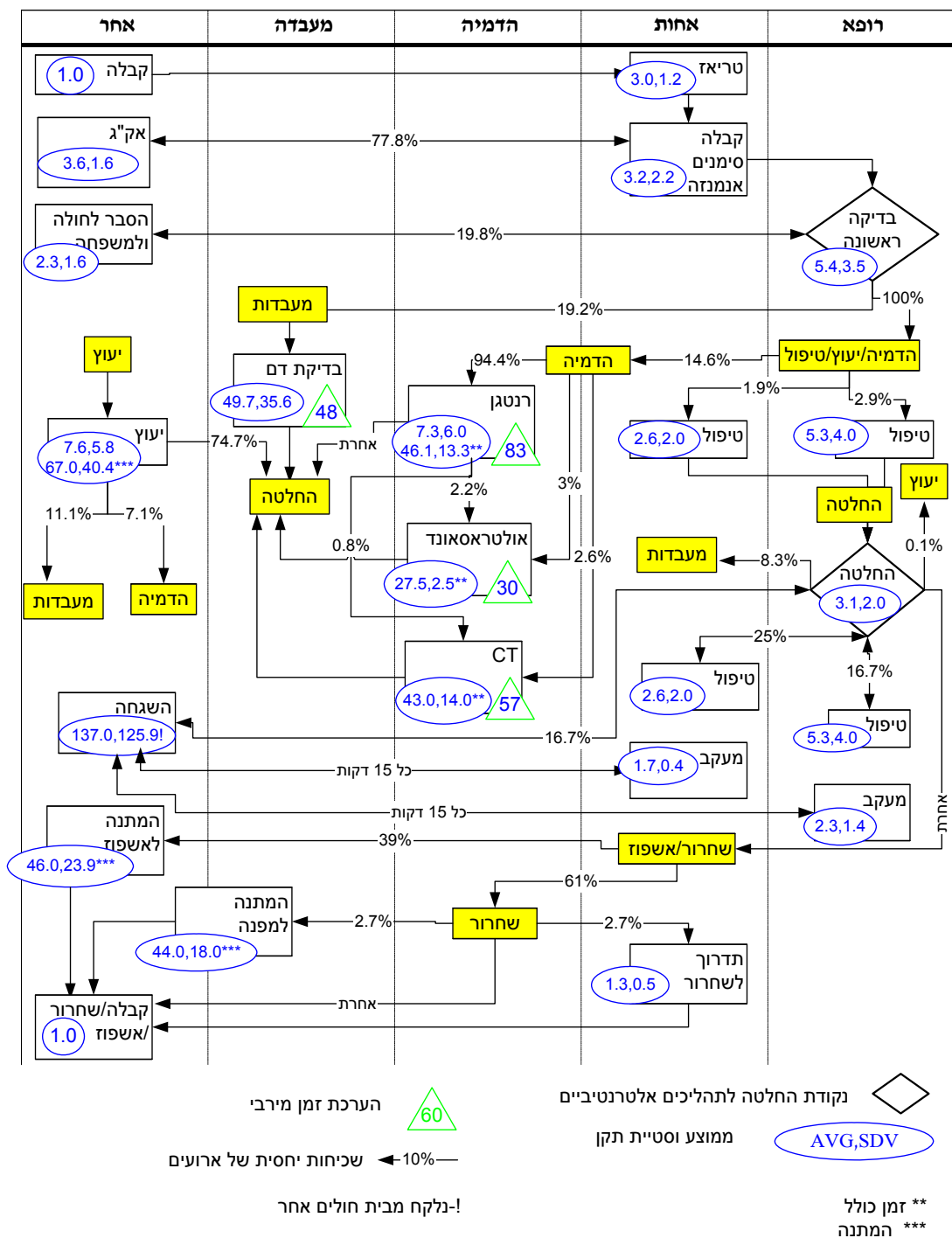
23%

20%

התהליך דורש מיטה מיציאה מהטריאז

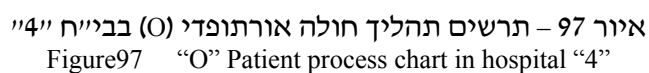


57% מהחולים הפנימיים - תצפיות
 64% מהחולים במיין - תצפיות
 46% מהחולים במיין
 40% מהחולים בכל המינים
 התהליך דורש מיטה מיציאה מהטריאז



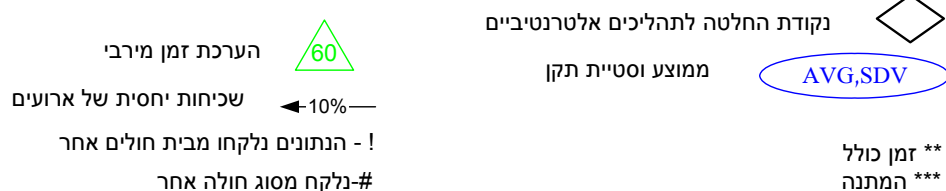
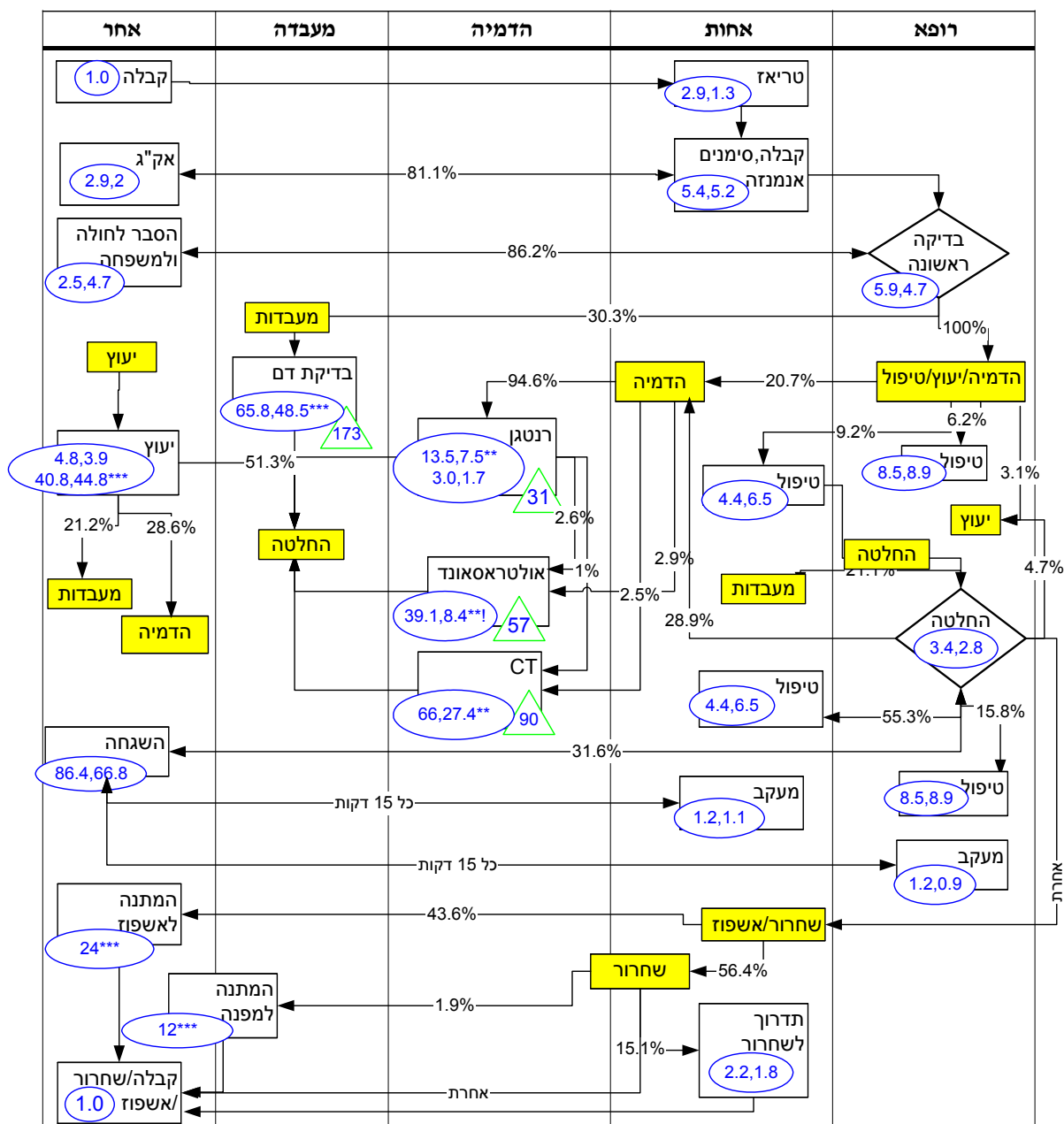
איור 96 – תרשים תהליך חולה פנימי כירורגי (Int-S) בבי"ח "4"
 Figure 96 "Int_S" Patient process chart in hospital "4"

התהליך דורש מיטה משלב היציאה מהטריאז 24% מהחולים בכל המיונים



תרשים תהליך

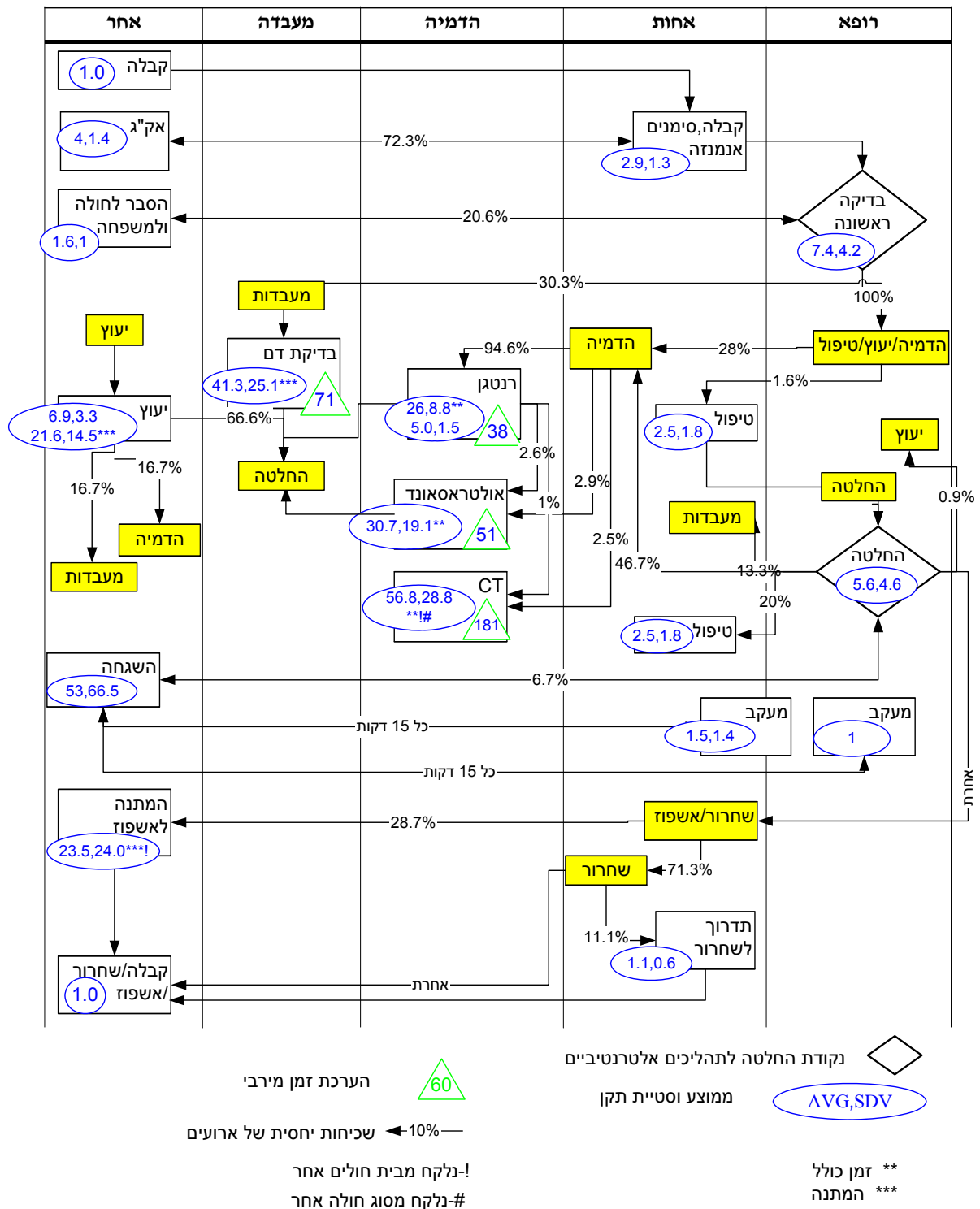
התהליך דורש מיטה



איור 98 – תרשים תהליך חולה פנימי (Int) בבי"ח "5"
Figure 98 "Int" Patient process chart in hospital "5"

תרשים תהליך

התהליך דורש מיטה רק מהבדיקה הראשונה של הרופא

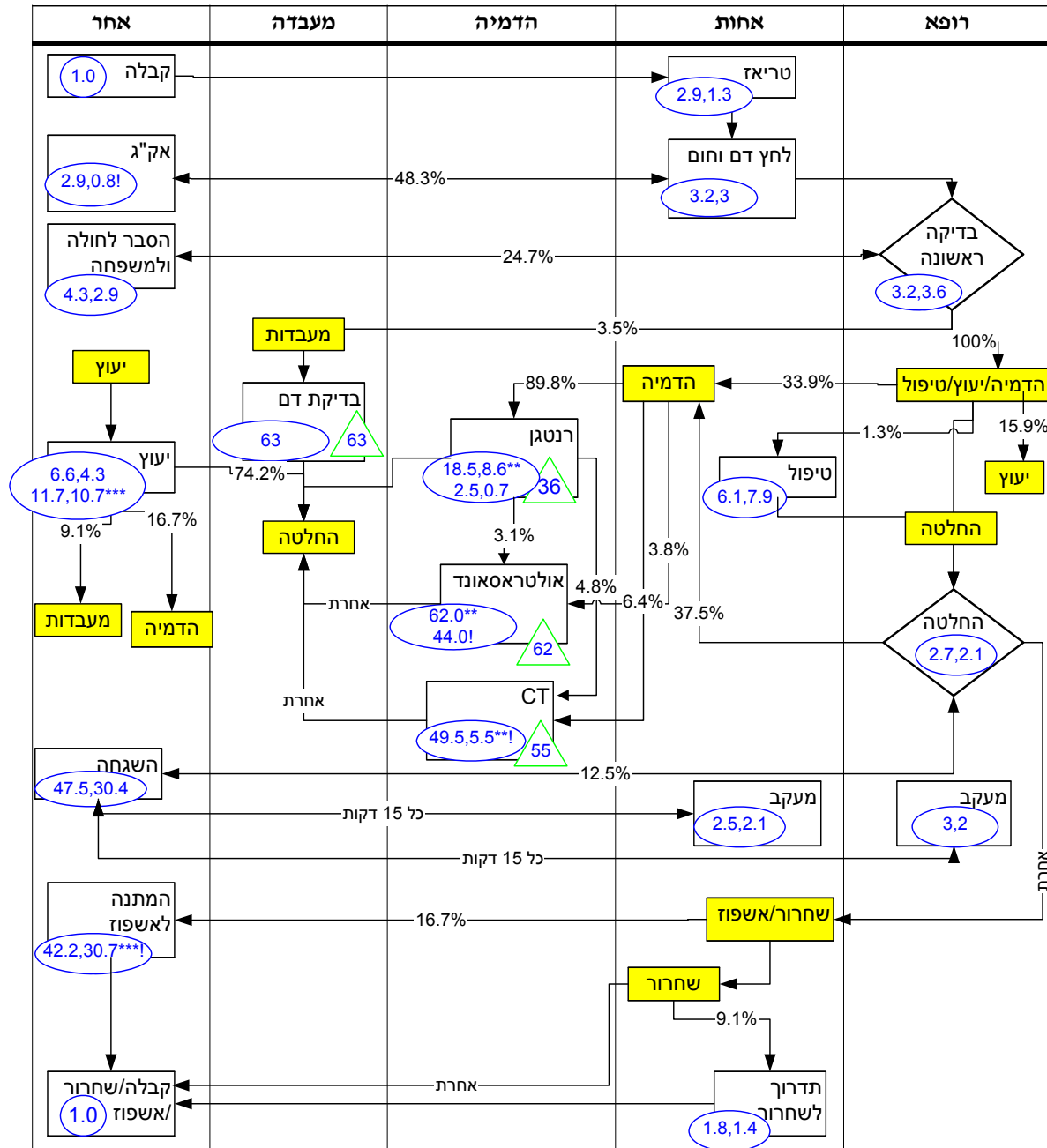


איור 99 – תרשים תהליך חולה טריאז/מסלול מהיר (Tri/FT) בבי"ח "5"
Figure 99 "Tri/FT" Patient process chart in hospital "5"

תרשים תהליך

21% מהחולים במיון - תצפיות

התהליך דורש מיטה

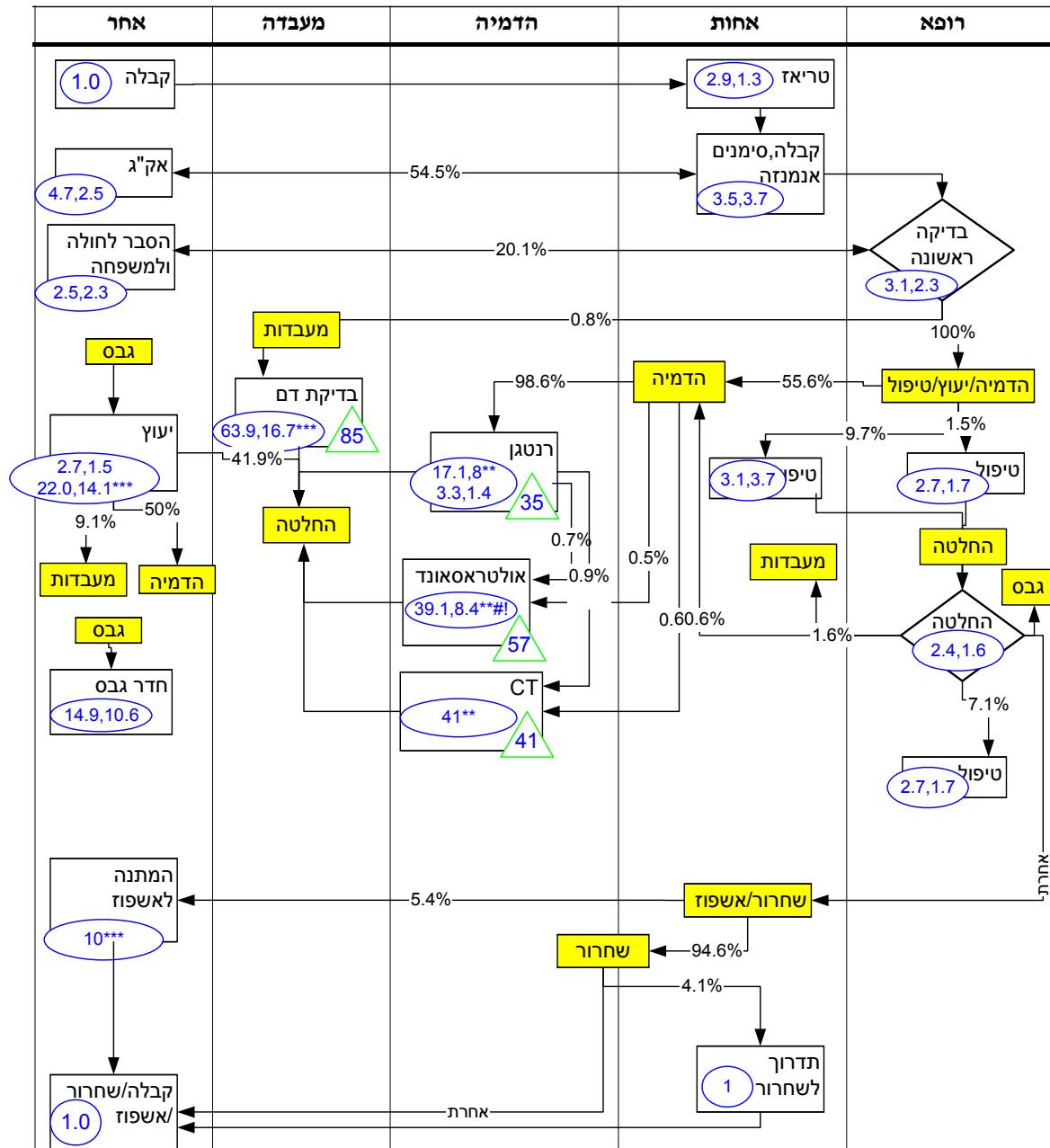


הערכת זמן מירבי  60
 שכיחות יחסית של ארועים $\leftarrow 10\%$
 הנדונים נלקחו מבית חולים אחר
 #נלקח מסוג חולה אחר
 נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים 
 ממוצע וסטיית תקן  AVG,SDV
 ** זמן כולל
 *** המתנה

איור 100 – תרשים תהליך חולה כיורוגי (S) בבי"ח "5"
 Figure 100 "S" Patient process chart in hospital "5"

33% מהחולים במיון - תצפיות

התהליך דורש מיטה



הערכת זמן מירבי

נקודת החלטה לתהליכים אלטרנטיביים

שכיחות יחסית של ארועים ←10%—

ממוצע וסטיות תקן

AVG,SDV

#-נלקח מסוג אחר של חולים

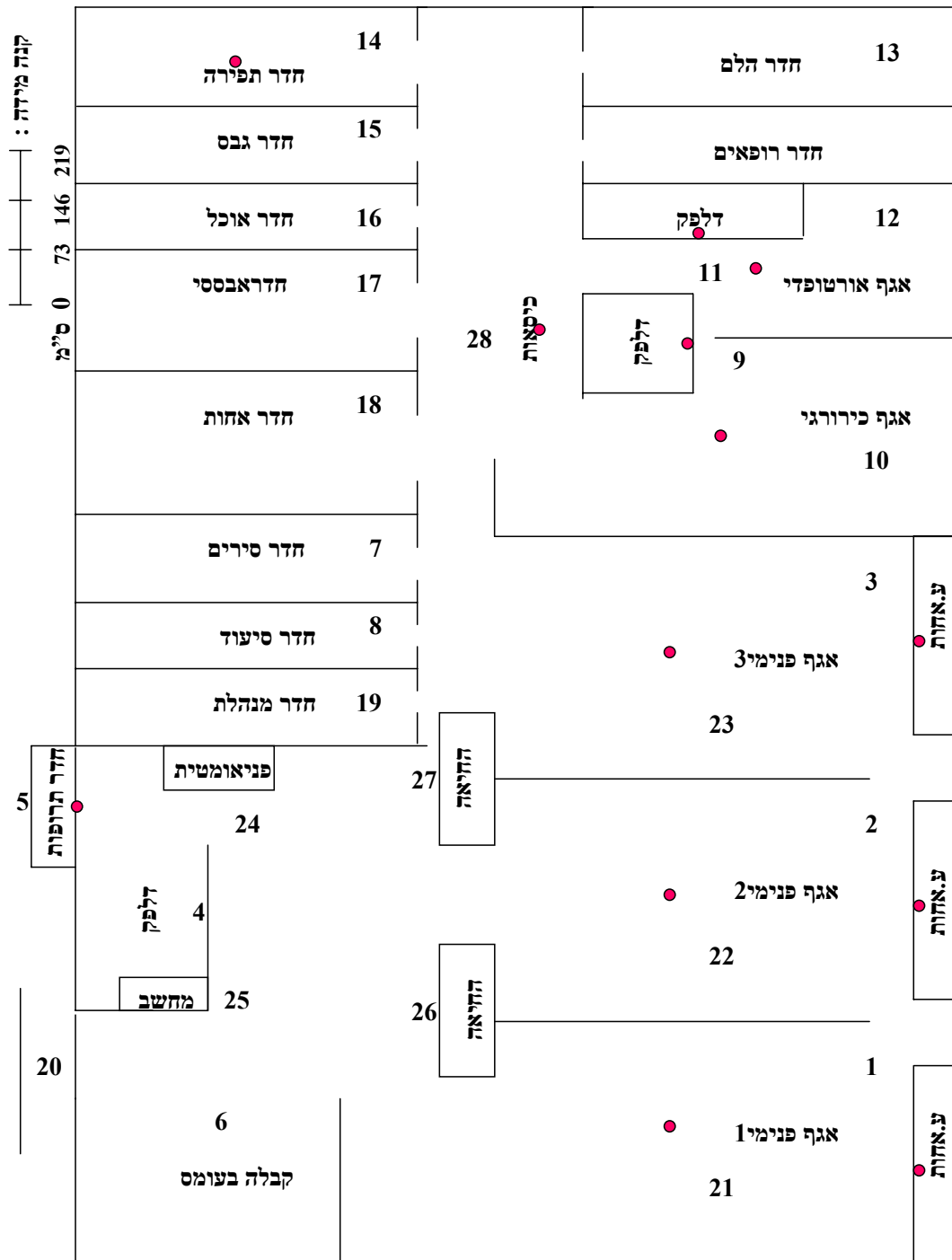
זמן כולל **

!-נלקח מבית חולים אחר

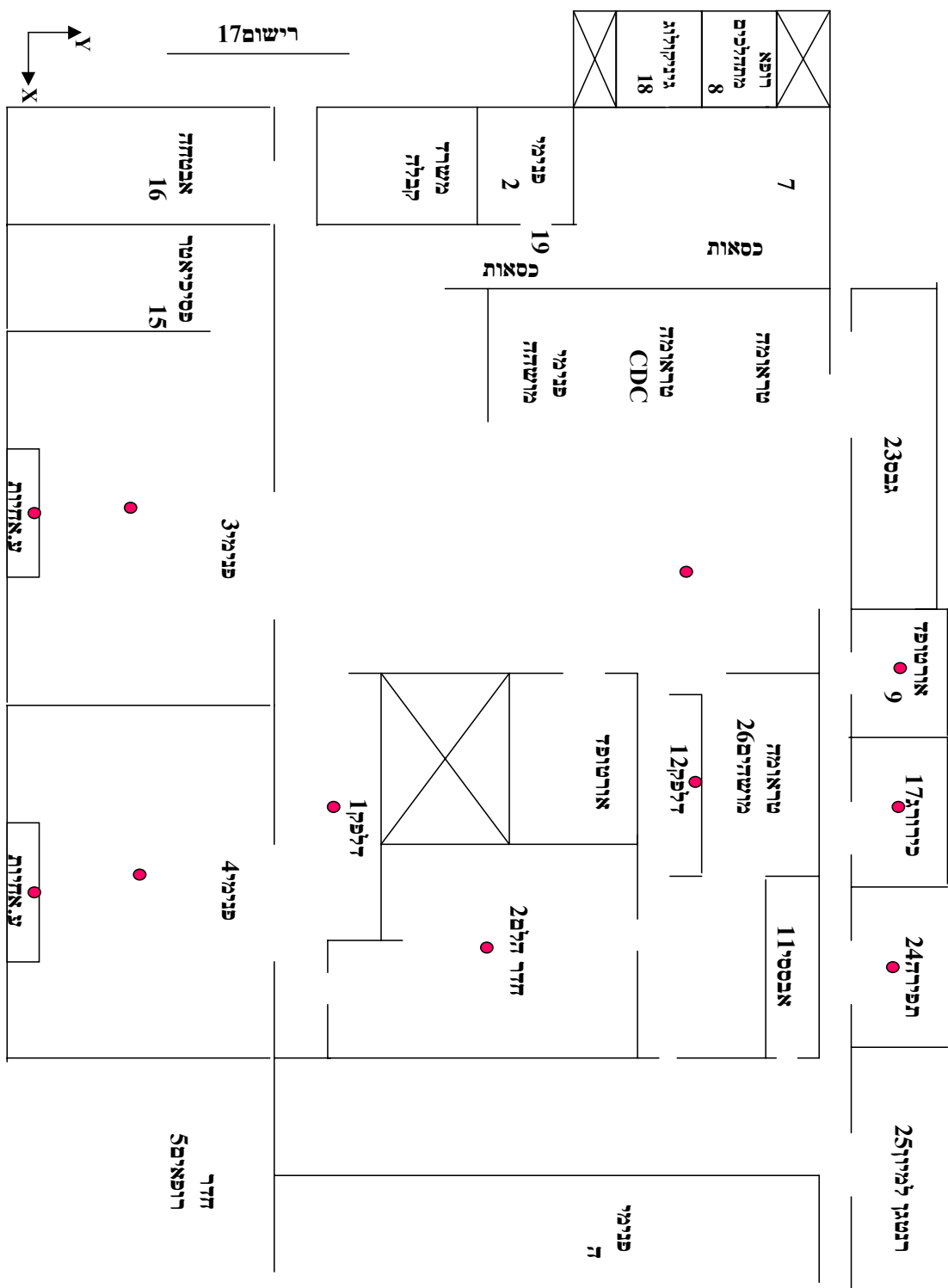
*** המתנה

איור 101 – תרשים תהליך חולה אורתופדי (O) בבי"ח "5"

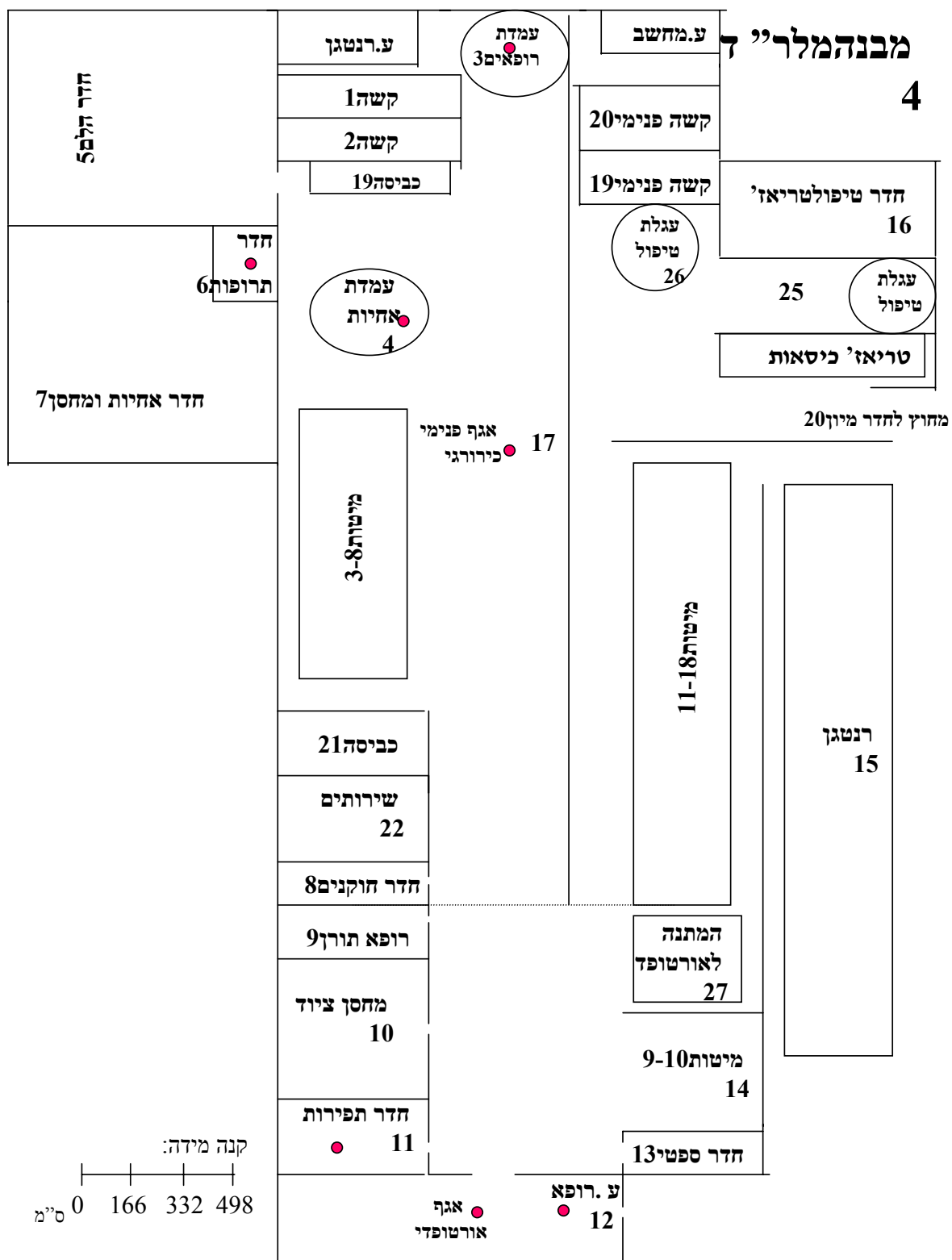
Figure101 “O” Patient process chart in hospital “5”



איור 102 – תרשים פיסי של בי"ח "2"
Figure 102 Physical chart of ED in hospital "2"



איור 104 – תרשים פיסי של בי"ח "3"
Figure 104 Physical chart of ED in hospital "3"



איור 105 – תרשים פיסי של בי"ח "4"
Figure 105 Physical chart of ED in hospital "4"

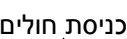


Figure106 Physical chart of ED in hospital “5”

בִּי"ח: _____ תאריך: _____ חדר: _____ שם תצפיתן: _____

-155-

מס' מיטה (תאור החולה*)	שעה	מדבקה

תאור חולה יושב (תאור שיכול לעזור לך לעקוב אחריו לאורך התצפית) – לדוגמא: אדמונית / משקפיים
כחולים ...

איור 108 – טופס מעקב מיטות בתצפיות על חולים
Figure 108 Bed supervision while observing patients (form)

טופס איסוף נתונים – תצפית רופא / אחות (מחר מיותר)

בית"ח _____ תאריך: _____ שם הנבדק _____

[illegible]

דף מס' _____ מתוך _____ שם התצפית/ית _____

* קוד ניתן למלא לאחר התצפית בתנאי שההערות מולאו בצורה שאינה משתמעת לשתי פנים.
* במידה ולא נרשמה פעילות המתנה יש לרשום בהערות.

איור 109 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על הצוות הרפואי
Figure 109 Collecting observation data on medical staff (form)

בִּיה"ח _____ תאריך: _____ חדר _____ מס' חדרים: _____

מס' חולה	יציאה ממיון	הגעה לרנטגן	כניסה לצילום	יציאה מצילום	יציאה מרנטגן	קבלת תוצאות	הגעה למיון	סוג מיון	תנועה
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									

דף מס' _____ מתוך _____ שם התצפיתן/ית _____

* תנועה=כ(כיסא), ר(רגל) ו-מ (מיטה).

* סוג מיון=החדר ממנו הגיע החולה.

איור 110 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על החולים במחלקת הרנטגן

Figure 110 Collecting observation data on patients in the X-Ray (form)

המתנה ליועצים/אשפוז

[illegible]

איור 111 – טופס איסוף נתונים בתצפיות על החולים הממתינים ליועץ
Figure111 Collecting observation data on patients waiting for consulting (form)

קודים לתצפיות מעקב אחרי רופא

קוד	שלב בטיפול	קוד	שלב בטיפול
1	פנוי	24	הליכה לעגלת ציוד
2(ח)	טיפול בחולה URGENCY (טפ"נ)	25(ח)	בדיקת חולה סבב רופאים
3(ח)	טיפול בחולה EMERGENCY (מיטה)	26(ח)	שחרור חולה
4(ח)	טיפול בחולה FAST TRACK (מתהלך)	27	המתנה לטלפון
5	שיחת טלפון	28	הפסקה
6	הליכה	29	אבחון (בחדרו- החולה מגיע אל הרופא).
7	טיפול בבדיקות בדלפק	40	עדכון תיק חולה
8	טיפול בבדיקות (חולה)	41(ח)	טיפול רופא פנימי
9	מחשב	42	ישיבה ליד הדלפק
10	שיחה עם רופא	43	שטיפת ידיים
11	שיחה עם אחות	44	הליכה לדלפק (קבלה בחוץ או כלל)
12	כתיבת דו"ח	45	בדיקה בספר תרופות
13	לא נמצא	46	עיון בתיק חולה
14	הדפסת תוצאות בדיקה	47(ח)	מעקב חולה
15	תדרוך סטאג'ר	48	בדיקת צלום רנטגן ואבחון בעקבותיו
16	עלה לטיפול ב-C.t.	49	הכנה לבדיקה (לבישת כפפות ...)
17	הליכה לרנטגן	50(ח)	בדיקת חולה (מגיע אל החולה) – 1
18(ח)	תפירה בחדר תפירה	51	שיחה עם רופא בכיר
19(ח)	שיחה עם חולה	52	רישום הפנייה
20(ח)	טיפול בטראומה	53	שליחת בדיקות (דם ...)
21(ח)	שיחה עם בן משפחה	54	קריאה לסניטר/אחר באינטרקום
22	הליכה בין חדרי המיון	55(ח)	בדיקת חולה 2-3 ...
23	שיחה עם מנהל	56	שיחה עם כוח עזר

הערות:

יש לשים לב שכל האמור לעיל הוא עבור טיפול בחולים. במידה והרופא מבצע עבודה כללית שאינה קשורה לחולה יש לציין זאת מפורשות.
(ח) - קוד לטיפול מול החולה. (במידה ומטלות אחרות בוצעו מול החולה יש לציין זאת).

איור 112 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר רופא במלר"ד
Figure 112 Coding for observation on physician

קודים לתצפיות מעקב אחרי אחיות

קוד	שלב בטיפול	קוד	שלב בטיפול
1(ח)	עריכת בדיקה	22	עזרה לאחיות-מול חולה
2**	עדכון תיק חולה	23	הליכה לטראומה
3(ח)	שיחה עם חולה	40	קבלת חולה - כולל מלוי תיק
4	שיחה עם רופא	41	תדרוך (מעבר משמרות)
5	שיחה עם אחות (בנושא עבודה)	42	סדור עזרים
6	שיחת טלפון	43	שליחת בדיקות/טיפול בבדיקות
7	הלבשת/הסרת כפפות ונטילת ידיים	44	שיחה עם כוח עזר
8	ניקוי/חיטוי עמדה וטיפול בכביסה	45(ח)	סידור מיטה
9	קיפול עמדה	46(ח)	שיחה עם משפחת החולה
10	שינוע מיטה/כיסא	47	שהייה בדלפק
11	שינוע מכשור (עגלות)	48	קריאה לסניטר/אחר באינטרקום
12	הבאת חומרים (תרופות, אינפוזיה)	49	סידור דלפק/לוח אחיות
13	הליכה	50	עיון בקלסר משמרות
14	טיפול/הכנה מכשור וציוד	51	סיבוב במחלקה
15	הליכה לעמדת אחיות	52	נעדרת
16(ח)	טיפול בחולה	53(ח)	בדיקה/קריאה של תיק חולה
17	הליכה לחדר אורטופדיה	54	חיפוש רופא
18	הליכה לרנטגן	55	מעקב חולה
19	הפסקה (כולל שיחת טלפון אישית)	56	שיחה עם סטז'ר
20	הליכה למעבדת דם	57	קבלת בדיקות
21	הוצאת בדיקות מהמחשב	58	פנויה

הערות:

יש לשים לב שכל האמור לעיל הוא עבור טיפול בחולים. במידה והאחות מבצעת עבודה כללית שאינה קשורה לחולה יש לציין זאת מפורשות.

(ח) - משימות הנעשות מול החולה.

** פעילות זו מתבצעת מול חולה או בלעדיו לפי החלטת ביה"ח.

איור 113 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר אחות במלר"ד

Figure 113 Coding for observation on nurse

קודים לתצפיות מעקב אחרי חולים (1/2)

טיפול רופא

קוד	שלב בטיפול
30	המתנה לבדיקה 1 (רופא מיון)
31	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
33	המתנה לבדיקה 2 או 3 (רופא מיון)
34	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
36	מעקב חולה – מיטה (רופא)
38	המתנה להחלטה שחרור (/ אשפוז...)
39	החלטת שחרור רופא (בכיר) 9 לפני =ללא זמן
40	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
41	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
42	התייעצות עם רופא בכיר
43	המתנה לשליחה להדמיה (טופס מרופא)
44	המתנה לטיפול רופא
45	המתנה להפניית רופא
46	הפנייה ע"י רופא

ייעוץ

קוד	שלב בטיפול
50	המתנה לייעוץ – רופא מקצועי
51	ייעוץ – בדיקת רופא מקצועי
52	ייעוץ – בדיקת רופא מקצועי פעם נוספת
53	המתנה לייעוץ – רופא מאגף אחר במיון
54	ייעוץ – בדיקת רופא מאגף אחר במיון
55	ייעוץ – בדיקת נוספת מאגף אחר במיון
56	המתנה לעובדת סוציאלית
57	פגישה עם עובדת סוציאלית
58	בדיקת צילום רנטגן (כולל מילוי התיק- אורתופד בלבד)
59	המתנה לבדיקת צילום רנטגן

כניסה/יציאה

קוד	שלב בטיפול
0	מיטה ריקה – מחכה לחולה
1	המתנה לקבלה אדמיניסטרטיבי
2	קבלה אדמיניסטרטיבית
3	המתנה לאחות ממיינת
4	פגישה עם אחות ממיינת
5	המתנה למיטה
6	עיכוב לאחר שחרור
7	שחרור אדמיניסטרטיבי
8	המתנה של חולה על אלונקת אמבולנס
9	העברת חולה

טיפול אחות

קוד	שלב בטיפול
10	הכנת מיטה (אחות)-אין חולה במיטה
11	המתנה לבדיקת אחות (לחץ-דם, שתן...)
12	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
14	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
15	המתנה לטיפול אחות
16	טיפול אחות – מיטה (קטטר/סידור חולה ...)
18	סידור מיטה (אחות)-יש חולה במיטה
20	הסבר למשפחה ולחולה (אחות)
21	מעקב חולה – מיטה (אחות)
23	המתנה להדרכה לשחרור (אחות)
24	הדרכה לקראת שחרור – מיטה (אחות)
25	המתנה לבדיקת אק"ג

המשך בדף הבא

איור 114 – פירוט הקידוד עבור תצפיות אחר חולים במלר"ד (2 עמודים)

Figure 114 Coding for observation on patient

טבלה 23 – אי דיוק של סוגי החולים העיקריים

Table 23 Accuracy for main patient type

סיכום כולל	O						S					Int						בית חולים
	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	
2	9		12	18	15	37	6	17	11	6	17	4	39	5	11	8	13	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
3	16		9	50	47	23	11		70	17	14	4	14	6	10	8	5	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
4	11		23	13	21	19	13	44	29	20	22	6	29	9	14	9	18	טיפול אחות
8	43		47	94	0		47		99	55		10		13	37	13	20	מעקב חולה - מיטה (אחות)
12	29		0	41			31		45	62	33	16		39	63	22	13	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
3	4	14	7	8	13	12	6	14	13	10	11	5	22	8	13	8	10	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
4	8		11	15	17	27	11	18	25	21	16	7	33	11	21	10	14	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
5	26					33	28		66	46	8	6		9	21	9	17	מעקב חולה – מיטה (רופא)
7	19	46		16	132	20	13	32	18	26	0	11		33	15	28	18	החלטת שחרור רופא (בכיר)
5	9	25	21	21	12	19	16	37	28	30	28	6	28	18	13	10	16	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
7	15	22	11	34	38	18	13	29		20	20	11	32	32	38	19	19	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
3	8	18	11	14	18	17	9	19	20	15	16	5	26	8	15	9	12	סה"כ למחזור

טבלה 24 – ממוצע זמן לפי סוגי החולים העיקריים

Table 24 Average for main patient type

סיכום	O						S					Int						
כולל	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	בית חולים
0:02	0:02	0:02	0:03	0:02	0:03	0:01	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:03	0:02	0:03	0:02	0:03	0:03	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
0:03	0:03		0:04	0:04	0:04	0:03	0:03	0:03	0:03	0:03	0:02	0:04	0:02	0:05	0:03	0:03	0:04	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
0:02	0:02	0:02	0:03	0:01	0:02	0:02	0:02	0:01	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:03	0:02	0:02	0:02	טיפול אחות
0:01	0:01		0:02	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:02	0:01	0:01	0:01		0:01	0:01	0:01	0:00	מעקב חולה - מיטה (אחות)
0:01	0:01		0:02	0:01		0:00	0:01		0:01	0:01	0:01	0:02		0:02	0:03	0:02	0:03	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
0:04	0:04	0:03	0:03	0:02	0:03	0:03	0:03	0:04	0:02	0:02	0:03	0:05	0:05	0:05	0:04	0:05	0:05	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
0:03	0:03		0:03	0:02	0:02	0:03	0:03	0:04	0:02	0:02	0:02	0:03	0:02	0:04	0:03	0:03	0:03	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
0:01	0:01		0:01		0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:00	0:01	0:01	מעקב חולה – מיטה (רופא)
0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:05	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01		0:01	0:01	0:01	0:01	החלטת שחרור רופא (בכיר)
0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:02	0:01	0:01	0:02	0:01	0:02	0:01	0:02	0:01	0:01	0:02	0:01	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
0:04	0:04	0:06	0:02	0:03	0:02	0:07	0:05	0:06	0:06	0:04	0:04	0:03	0:03	0:04	0:04	0:03	0:04	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
0:09	0:09	0:08	0:13	0:06	0:09	0:07	0:10	0:14	0:05	0:11	0:10	0:10	0:09	0:11	0:08	0:10	0:09	סה"כ למחזור

טבלה 25 – סטיית תקן זמן לפי סוגי החולים העיקריים

Table 25 Standard deviation for main patient type

סיכום	O						S					Int						
כולל	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	בית חולים
0:01	0:01		0:01	0:01	0:01	0:00	0:01	0:01	0:01	0:00	0:01	0:01	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
0:01	0:01		0:00	0:02	0:02	0:00	0:01		0:02	0:01	0:00	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
0:01	0:01		0:02	0:00	0:02	0:01	0:01	0:01	0:02	0:01	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:02	טיפול אחות
0:00	0:01		0:01	0:02	0:00		0:01		0:02	0:00		0:00		0:00	0:01	0:00	0:00	מעקב חולה - מיטה (אחות)
0:01	0:00		0:00	0:00			0:01		0:01	0:00	0:00	0:01		0:01	0:02	0:00	0:00	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
0:02	0:01	0:01	0:02	0:01	0:02	0:02	0:01	0:02	0:01	0:01	0:02	0:03	0:03	0:03	0:02	0:02	0:03	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
0:02	0:01		0:02	0:01	0:01	0:02	0:02	0:02	0:01	0:01	0:01	0:02	0:01	0:02	0:02	0:01	0:02	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
0:00	0:00					0:00	0:00		0:01	0:00	0:00	0:00		0:00	0:00	0:00	0:00	מעקב חולה – מיטה (רופא)
0:00	0:01	0:00		0:00	0:05	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00		0:00	0:00	0:00	0:00	החלטת שחרור רופא (בכיר)
0:01	0:01	0:00	0:00	0:01	0:00	0:01	0:01	0:00	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:00	0:01	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
0:02	0:03	0:02	0:00	0:01	0:01	0:03	0:02	0:02		0:01	0:01	0:02	0:02	0:02	0:03	0:02	0:02	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
0:21	0:14	0:10	0:19	0:10	0:14	0:10	0:37	0:21	0:10	0:56	0:18	0:19	0:18	0:21	0:19	0:19	0:15	סה"כ למחזור

טבלה 26 – חישוב "אורך מחזור נטו" לפי סוגי החולים העיקריים

Table 26 Calculating the "Net cycle time" for main patient type

סיכום	O						S					Int						
כולל	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	בית חולים
0:02	0:02	0:00	0:03	0:02	0:01	0:00	0:02	0:02	0:02	0:02	0:02	0:03	0:01	0:03	0:02	0:03	0:01	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
0:01	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:02	0:02	0:01	0:01	0:02	0:04	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
0:01	0:02	0:00	0:02	0:01	0:01	0:02	0:01	0:00	0:01	0:01	0:02	0:01	0:01	0:01	0:01	0:03	0:01	טיפול אחות
0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	מעקב חולה - מיטה (אחות)
0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
0:03	0:12	0:07	0:13	0:09	0:04	0:07	0:03	0:04	0:03	0:02	0:07	0:04	0:05	0:02	0:02	0:04	0:07	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
0:01	0:04	0:00	0:07	0:01	0:02	0:02	0:01	0:03	0:00	0:00	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	0:01	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	מעקב חולה – מיטה (רופא)
0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	החלטת שחרור רופא (בכיר)
0:00	0:01	0:01	0:00	0:00	0:01	0:02	0:00	0:00	0:00	0:00	0:01	0:00	0:01	0:00	0:01	0:00	0:00	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
0:00	0:01	0:02	0:00	0:00	0:00	0:05	0:00	0:01	0:00	0:00	0:01	0:00	0:03	0:00	0:00	0:00	0:01	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
0:12	0:27	0:12	0:28	0:17	0:13	0:21	0:11	0:13	0:09	0:09	0:17	0:15	0:17	0:10	0:13	0:17	0:20	סה"כ למחזור

טבלה 27 – משקל כל פעולה מסך "במחזור נטו" לפי סוגי החולים העיקריים (באחוזים)

Table 27 Weight of every operation from "net cycle time" for main patient type (percent)

סיכום	O						S					Int						
כולל	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	בית חולים
23.9	10.2	1.2	11.5	14.7	13.6	0.7	21.0	19.7	25.9	24.6	14.0	22.5	8.0	34.1	22.7	18.8	9.4	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
8.6	1.7	0.0	1.9	2.0	2.0	1.2	4.3	0.7	1.4	7.7	4.9	13.6	16.4	10.2	14.5	12.3	20.1	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
12.0	9.9	1.2	9.1	7.4	15.0	11.9	11.1	4.2	11.2	11.7	15.0	12.9	10.2	12.5	11.7	18.4	7.4	טיפול אחות
1.1	0.5	0.0	0.5	0.9	0.3	0.2	0.4	0.2	1.0	0.4	0.2	1.4	0.0	2.1	1.7	1.4	0.4	מעקב חולה - מיטה (אחות)
0.6	0.3	0.0	0.5	0.5	0.0	0.1	1.0	0.0	3.0	0.5	0.8	0.6	0.0	0.4	0.7	0.8	0.8	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
31.4	45.1	59.6	48.4	52.3	35.4	35.2	34.7	35.8	32.6	29.6	41.3	27.1	31.0	23.6	22.4	26.3	37.2	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
9.7	15.9	0.0	25.1	10.1	15.6	9.9	12.3	27.8	7.5	10.0	8.2	8.6	7.2	10.0	7.9	7.4	8.8	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
1.7	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.8	0.7	0.2	1.0	1.1	0.5	3.2	0.3	3.6	1.4	5.1	1.8	מעקב חולה – מיטה (רופא)
1.4	2.3	4.6	0.1	4.1	1.6	4.1	3.0	1.4	7.1	3.2	0.6	0.8	0.0	0.2	1.9	0.6	1.8	החלטת שחרור רופא (בכיר)
4.6	6.7	12.7	1.0	5.5	12.4	12.2	5.8	2.1	8.1	6.3	5.8	4.4	8.7	1.8	10.0	4.7	3.7	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
5.0	7.2	20.6	1.8	2.4	3.8	23.9	5.8	7.8	1.2	5.1	8.7	4.9	18.3	1.5	5.3	4.3	8.7	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	סה"כ למחזור

טבלה 28 – מספר פעמים שכל פעולה נצפתה לפי סוגי החולים העיקריים
 Table 28 Amount of time where operation have been seen for main patient type

סיכום	O						S					Int						
כולל	סיכום	4	3	5	2	1	סיכום	3	5	2	1	סיכום	4	3	5	2	1	בית חולים
1603	115	1	41	44	26	3	204	32	52	83	37	583	10	282	98	139	54	בדיקת אחות – במיטה (לחץ-דם, שתן...)
431	14		5	4	3	2	31	1	2	17	11	292	19	62	51	74	86	בדיקת אק"ג (ע"י אחות)
902	140	1	35	43	33	28	104	10	23	35	36	416	16	125	72	160	43	טיפול אחות
147	9		3	3	2	1	6	1	2	2	1	92		40	16	29	7	מעקב חולה - מיטה (אחות)
62	7		3	3		1	15		8	3	4	22		6	3	9	4	הדרכה לקראת שחרור - מיטה (אחות)
1493	452	26	158	146	68	54	248	34	70	76	68	439	20	132	61	113	113	בדיקה 1 + דמים – מיטה (רופא מיון)
580	175		89	35	34	17	88	26	16	27	19	213	9	71	33	57	43	בדיקה 2 או 3 – מיטה (רופא מיון)
221	6		1		1	4	14	1	3	7	3	178	1	68	18	70	21	מעקב חולה – מיטה (רופא)
168	40	5	1	20	2	12	49	4	25	16	4	45		4	17	8	16	החלטת שחרור רופא (בכיר)
482	122	13	8	27	47	27	68	7	17	27	17	196	13	29	67	54	33	הסבר למשפחה ולחולה (רופא)
230	47	5	8	6	8	20	26	5	1	8	12	112	19	10	17	29	37	טיפול רופא (תרופות / קטטר ...)
14194	2700	151	810	841	552	346	2052	322	471	760	499	5573	229	1761	935	1629	1019	סה"כ למחזור
1603	122	13	41	44	47	27	204	32	52	83	37	583	19	282	98	139	86	פעולת עוגן*

* פעולת עוגן הנה פעולה שכל החולים אמורים לעבור דרכה פעם אחת בלבד.

נתונים ממחלקת ההדמיה :

```

SELECT DISTINCT dbo_lv2RntPatientVisit.IDCard,
dbo_lv2RntPatientVisit.VisitNumber, dbo_lv2RntPatientVisit.VisitDate,
dbo_lv2RntPatientVisit.VisitTime, dbo_lv2RntPatientVisit.UnitID,
dbo_lv2ZinUnits.UnitName, dbo_lv2RntPatientVisit.InstituteSend,
dbo_lv2RntLuInstitutes.InstitutesDesc, dbo_lv2RntExams.LimbExam,
dbo_lv2RntLuLimbExam.LimbExamDesc, dbo_lv2RntExams.ExamCode,
dbo_lv2RntLuExams.ExamDesc
FROM (((dbo_lv2RntPatientVisit LEFT JOIN dbo_lv2ZinUnits ON
dbo_lv2RntPatientVisit.UnitID = dbo_lv2ZinUnits.UnitID) LEFT JOIN
dbo_lv2RntLuInstitutes ON dbo_lv2RntPatientVisit.InstituteSend =
dbo_lv2RntLuInstitutes.InstitutesNo) LEFT JOIN dbo_lv2RntExams ON
dbo_lv2RntPatientVisit.ExamYearNumber = dbo_lv2RntExams.ExamYearNumber)
LEFT JOIN dbo_lv2RntLuExams ON (dbo_lv2RntExams.LimbExam =
dbo_lv2RntLuExams.LimbCode) AND (dbo_lv2RntExams.ExamCode =
dbo_lv2RntLuExams.ExamCode)) LEFT JOIN dbo_lv2RntLuLimbExam ON
dbo_lv2RntLuExams.LimbCode = dbo_lv2RntLuLimbExam.LimbExamNo
WHERE (((dbo_lv2RntPatientVisit.VisitDate)>=#4/1/1999# And
(dbo_lv2RntPatientVisit.VisitDate)<#10/1/2001#))
ORDER BY dbo_lv2RntPatientVisit.VisitDate;

```

נתונים ממחלקת המלר"ד :

```

SELECT dbo_lv2AtdEmgAdmission.IDCard, dbo_lv2AtdEmgAdmission.AdmissionNo,
dbo_lv2AtdEmgAdmission.AdmissionDate, dbo_lv2AtdEmgAdmission.Discharge,
dbo_lv2AtdEmgAdmission.SubUnitID, dbo_lv2ZinUnits.UnitName,
dbo_lv2AtdDmgDetails.Sex, dbo_lv2AtdDmgDetails.BirthDate,
dbo_lv2AtdEmgAdmission.AdmissionCode,
dbo_lv2AtdTblEmgAdmissRsn.AdmissionDesc, dbo_lv2AtdEmgAdmission.SendByCode,
dbo_lv2AtdTblEmgSendBy.SendByDesc, dbo_lv2AtdEmgAdmission.SendLetter,
dbo_lv2AtdEmgAdmission.ComplainRsnCode,
dbo_lv2AtdTblComplainRsn.ComplainRsnDesc, dbo_lv2AtdEmgAdmission.BodyPartCode,
dbo_lv2AtdTblBodyParts.BodyPartDesc, dbo_lv2AtdEmgAdmission.ArrivalStateCode,
dbo_lv2AtdTblArrivalStatus.ArrivalStatusDesc, dbo_lv2AtdEmgProcedure.ProcedureCode,
dbo_lv2AtdTblProcedures.ProcedureDesc, dbo_lv2AtdEmgAdmission.ReleaseStatCode,
dbo_lv2AtdTblEmgRelease.ReleaseStatDesc, dbo_lv2ZinUnits_1.UnitName AS Mahlaka,
dbo_lv2AtdTransfer.TransferOrder
FROM (((((((((((dbo_lv2AtdEmgAdmission LEFT JOIN dbo_lv2AtdDmgDetails ON
dbo_lv2AtdEmgAdmission.IDCard = dbo_lv2AtdDmgDetails.IDCard) LEFT JOIN
dbo_lv2AtdTblEmgSendBy ON dbo_lv2AtdEmgAdmission.SendByCode =
dbo_lv2AtdTblEmgSendBy.SendByCode) LEFT JOIN dbo_lv2AtdTblEmgAdmissRsn
ON dbo_lv2AtdEmgAdmission.AdmissionCode =
dbo_lv2AtdTblEmgAdmissRsn.AdmissionCode) LEFT JOIN
dbo_lv2AtdTblComplainRsn ON dbo_lv2AtdEmgAdmission.ComplainRsnCode =
dbo_lv2AtdTblComplainRsn.ComplainRsnCode) LEFT JOIN
dbo_lv2AtdTblBodyParts ON dbo_lv2AtdEmgAdmission.BodyPartCode =
dbo_lv2AtdTblBodyParts.BodyPartCode) LEFT JOIN dbo_lv2AtdTblArrivalStatus ON
dbo_lv2AtdEmgAdmission.ArrivalStateCode =
dbo_lv2AtdTblArrivalStatus.ArrivalStatusCode) LEFT JOIN dbo_lv2ZinUnits ON

```

```

dbo_Iv2AtdEmgAdmission.SubUnitID = dbo_Iv2ZinUnits.UnitID) LEFT JOIN
dbo_Iv2AtdEmgProcedure ON dbo_Iv2AtdEmgAdmission.AdmissionNo =
dbo_Iv2AtdEmgProcedure.AdmissionNo) LEFT JOIN dbo_Iv2AtdTblProcedures ON
dbo_Iv2AtdEmgProcedure.ProcedureCode =
dbo_Iv2AtdTblProcedures.ProcedureCode) LEFT JOIN dbo_Iv2AtdTblEmgRelease
ON dbo_Iv2AtdEmgAdmission.ReleaseStatCode =
dbo_Iv2AtdTblEmgRelease.ReleaseStatCode) LEFT JOIN dbo_Iv2AtdAdmission ON
dbo_Iv2AtdEmgAdmission.ReleaseSend = dbo_Iv2AtdAdmission.AdmissionNo)
LEFT JOIN dbo_Iv2AtdTransfer ON dbo_Iv2AtdAdmission.AdmissionNo =
dbo_Iv2AtdTransfer.AdmissionNo) LEFT JOIN dbo_Iv2ZinUnits AS
dbo_Iv2ZinUnits_1 ON dbo_Iv2AtdTransfer.UnitID = dbo_Iv2ZinUnits_1.UnitID
WHERE (((dbo_Iv2AtdEmgAdmission.AdmissionDate)>=#4/1/1999# And
(dbo_Iv2AtdEmgAdmission.AdmissionDate)<#10/1/2001#))
ORDER BY dbo_Iv2AtdEmgAdmission.AdmissionNo;

```

טבלה 29 – ריכוז זמני תצפיות במחלקת הרנטגן לפי סוג חולה בכל מלר"ד (דקות)

Table 29 Summary time observed in the X-Ray by patient type and hospital

מלר"ד	סוג חולה	המתנה לצילום		משך צילום		המתנה לתוצאות		משך כולל	
		ממוצע	ס"ת	ממוצע	ס"ת	ממוצע	ס"ת	ממוצע	ס"ת
"2"	Int	8	6	4	1	23	11	37	16
"2"	S	8	6	6	4	17	11	45	20
"2"	O	8	5	5	2	20	14	45	26
"2"	All	8	6	5	3	20	13	42	20
"1"	Int	6	5	6	4	8	5	27	11
"1"	S	9	8	10	8	9	8	33	19
"1"	O	6	6	7	6	10	8	33	20
"1"	All	7	6	8	8	9	7	33	19
"3"	Int	11	9	6	4	4	3	25	13
"3"	S_W	16	12	8	1	8	-	33	13
"3"	O_W	25	11	5	2	4	2	42	18
"3"	T	14	10	7	4	4	1	32	18
"3"	Int_W	13	4	2	1	2	0	20	6
"3"	All	17	12	6	4	5	3	34	19
"4"	Int_S	9	4	7	5	22	10	43	9
"4"	O	7	2	8	5	17	9	36	15
"4"	All	8	3	6	4	19	10	36	14

המודל הראשון נועד להערכת מופע החולים הצפוי במהלך שעות היום בימות השבוע, ראשון עד חמישי כולל, משעה 06:00 ועד השעה 24:00. מודל זה מתאים לבית חולים "1" רק בין השעות 06:00 עד 12:00. בשעה זו זרם החולים החיצוניים המגיע ממרפאות החוץ יורד בצורה משמעותית וזאת בניגוד לתופעה של התגברות זרם החולים המגיעים בשאר בתי החולים, שמקבלים חולים מכלל מחלקות בית החולים.

טבלה 30 – פרמטרים של מודל הגעת רנטגן (1)
Table 30 Parameters of Rentgen arrival model (1)

שעה		יום בשבוע		חודש	
0	-1.780359243	1	0.093835352	1	-0.0148
6	-1.198340793	2	0.010154482	2	0.077206
7	-0.186431826	3	0.027703378	3	-0.04916
8	1.304166244	4	-0.041830932	4	-0.05107
9	1.417439819	5	-0.08986228	5	0.024218
10	1.521235899			6	-0.05124
11	1.30916934			7	0.041193
12	0.931821522			8	-0.14177
13	0.954072673			9	0.027736
14	1.555695815			10	0.050632
15	0.717665747			11	0.024371
16	-0.085687354			12	0.062685
17	-0.19961121				
18	-0.291547082				
19	-0.537251544				
20	-0.885547764				
21	-1.196134135				
22	-1.579899147				
23	-1.770456961				

המודל השני נועד להערכת מופע החולים הצפוי במהלך סופי שבוע, שישי ושבת משעה 06:00 ועד לשעה 24:00 למעט בית חולים "1" שכמעט ואינו מקבל חולים חיצוניים בעיקר כי מרפאות החוץ אינם פעילות.

טבלה 31 – פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (2)
Table 31 Parameters of Rentgen arrival model (2)

שעה		יום בשבוע		חודש	
0	-0.627295718	6	0.137956746	1	0.120394
6	-0.696823307	7	-0.137956746	2	0.089322
7	-0.415882087			3	0.037141
8	0.177215598			4	-0.0012
9	0.653822941			5	-0.06623
10	0.93556456			6	-0.0977
11	0.89276359			7	-0.01745
12	0.663615439			8	-0.09333
13	0.233285033			9	0.014318
14	0.095643099			10	-0.04189
15	-0.025648905			11	0.006528
16	-0.077078811			12	0.050101
17	-0.015604557				
18	-0.03247923				
19	-0.064612032				
20	-0.212017749				
21	-0.245959006				
22	-0.565132995				
23	-0.673375866				

המודל השלישי נועד להערכת מופע החולים הצפוי בבית חולים "1" בלבד החל משעה 13:00 ועד לשעה 16:00 בימים ראשון עד חמישי כולל.

טבלה 32 – פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (3)
Table 32 Parameters of Rentgen arrival model (3)

שעה		יום בשבוע		חודש	
13	0.841170395	1	0.224818398	1	0.113546
14	0.093665224	2	0.136254113	2	0.026968
15	-0.351181016	3	-0.0989686	3	-0.03264
16	-0.583654603	4	-0.035712854	4	-0.07764
		5	-0.226391057	5	-0.03628
				6	-0.1182
				7	0.049851
				8	-0.22686
				9	0.164515
				10	0.082696
				11	0.031041
				12	0.023003

המודל הרביעי והאחרון נועד להערכת מופע החולים הצפוי בבתי חולים "2" ו "4" משעה 01:00 ועד השעה 05:00 בכל ימות השבוע כולל סופי שבוע. במקביל נועד מודל זה להערכת מופע החולים הצפוי בית חולים "1" משעה 05:00 ועד השעה 17:00 בימים ראשון עד חמישי ובמהלך סופי שבוע עבור כל שעות היממה.

טבלה 33 – פרמטרים של מודל הגעות רנטגן (4)
Table 33 Parameters of Rentgen arrival model (4)

שעה		יום בשבוע		חודש	
0	0.044193602	1	0.011943608	1	0.029675
1	0.103573365	2	0.051741655	2	0.011723
2	-0.066729197	3	0.018979627	3	0.001868
3	-0.195253266	4	-0.004571462	4	-0.01465
4	-0.154856473	5	-0.028515889	5	-0.00736
5	-0.082046165	6	-0.013085261	6	0.043823
6	-0.066595469	7	-0.036492279	7	0.021301
7	-0.048721661			8	-0.0195
8	-0.00061954			9	-0.03505
9	0.016923249			10	-0.01483
10	-0.017882947			11	-0.03191
11	0.042238523			12	0.014892
12	0.074351449				
13	0.020317572				
14	0.038881327				
15	-0.008729881				
16	0.012161064				
17	0.070846491				
18	0.00037724				
19	0.037550218				
20	0.034692109				
21	0.008931228				
22	0.071258662				
23	0.065138501				

כאשר סווגו הפתרונות לפי טיב (דרוג), נבחר הפתרון הראשון הפיזיבילי. בנספח זה מוצגים גם כל הפתרונות שנפסלו.

טבלה 34 – פירוט דירוג בחלוקה ל-3 קבוצות

Table 34 Scale of 3 groups

RANK	1 Int	1 O	1 S	1 FT	2 Int	2 O	2 S	3 Int	3 O_W	3 S_W	3 Int_W	3 S_O	4 Int_S	4 O	4 Int_A	5 Int	5 O	5 S	5 FT	Average
1	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.64832854
2	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.63770264
3	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	3	1	0.6339488
4	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	3	1	0.63226146
5	1	2	2	1	1	2	3	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.63224244
6	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	2	0.63064843
7	1	2	2	3	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62920064
8	1	2	2	1	1	2	2	1	2	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62884563
9	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	2	1	2	1	1	2	2	1	0.62873125
10	1	2	1	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62864959
11	1	2	2	2	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62790644
12	1	2	2	1	1	2	2	3	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62714124
13	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	3	1	1	2	2	1	0.62579507
14	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	3	0.6256876
15	1	2	3	1	1	2	3	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62506407
16	1	2	2	1	1	2	1	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	1	0.62342978
17	1	2	3	1	1	2	3	1	3	3	3	3	1	2	1	1	2	3	1	0.62287557

טבלה 35 – פירוט דירוג בחלוקה ל-4 קבוצות

Table 35 Scale of 4 groups

RANK	1 Int	1 O	1 S	1 FT	2 Int	2 O	2 S	3 Int	3 O_W	3 S_W	3 Int_W	3 S_O	4 Int_S	4 O	4 Int_A	5 Int	5 O	5 S	5 FT	Average
1	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.68331116
2	1	2	2	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.68135804
3	1	2	1	1	3	2	2	3	4	4	4	2	1	2	3	3	2	1	1	0.68114513
4	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.67844224
5	1	2	3	3	1	2	3	1	4	4	4	4	1	2	1	1	2	3	3	0.6779964
6	1	2	3	1	1	2	3	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.6774193
7	1	2	2	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	4	1	0.67670053
8	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	4	4	1	2	3	3	2	2	1	0.67537004
9	1	2	1	1	3	2	1	3	4	4	4	4	1	2	3	3	2	1	1	0.67484409
10	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.6748051
11	1	2	3	3	1	2	2	1	4	4	4	4	1	2	1	1	2	3	3	0.67429823
12	1	2	1	1	3	2	2	3	4	4	4	4	1	2	3	3	2	2	1	0.67410553
13	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.6734761
14	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	1	3	1	2	4	4	2	3	1	0.67277068
15	1	2	1	1	3	2	2	3	4	4	4	4	3	2	3	3	2	1	1	0.67268634
16	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	4	2	3	1	0.67266184
17	1	2	3	1	4	2	2	1	3	3	4	3	1	2	4	4	2	3	1	0.67262596
18	1	2	3	4	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	4	0.672499
19	1	2	1	1	3	2	1	3	4	4	4	4	3	2	3	3	2	1	1	0.67226034
20	1	2	1	1	3	2	2	3	4	4	3	4	1	2	3	3	2	1	1	0.67217654
21	1	2	3	4	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.67172605
22	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	4	1	2	3	1	0.6716463
23	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	1	4	1	2	3	3	2	2	1	0.67157871
24	1	2	2	1	1	2	3	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.67150974
25	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	3	2	2	1	0.67148077
26	1	2	3	1	1	2	4	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.67147762
27	1	2	2	1	3	2	2	1	4	4	3	4	1	2	3	3	2	2	1	0.67144847
28	1	2	2	3	1	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	3	0.6713897
29	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	4	4	1	2	3	3	2	1	1	0.6710676
30	1	2	3	1	1	2	3	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.6710676
31	1	2	3	3	1	2	2	1	4	4	4	4	3	2	1	1	2	3	3	0.67096853
32	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.67088002
33	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	4	2	3	1	0.67082703
34	1	2	2	3	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.67069036
35	1	2	2	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	3	1	2	2	1	0.67061818
36	1	2	3	4	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.67037076
37	1	2	2	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	4	1	1	2	2	1	0.67033261
38	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.67010856
39	1	2	2	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	3	2	2	1	0.66987693
40	1	2	2	1	3	2	2	1	4	4	4	4	1	2	3	3	2	2	1	0.66970646
41	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.66965497
42	1	2	2	3	1	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.66954297
43	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	4	4	1	2	1	3	2	2	1	0.66943109
44	1	2	3	3	1	2	3	1	4	4	4	4	3	2	1	1	2	3	3	0.66895467
45	1	2	3	1	4	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	4	2	3	1	0.66873938

RANK	1 Int	1 O	1 S	1 FT	2 Int	2 O	2 S	3 Int	3 O_W	3 S_W	3 Int_W	3 S_O	4 Int_S	4 O	4 Int_A	5 Int	5 O	5 S	5 FT	Average
46	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	1	3	4	2	4	4	2	3	1	0.66853499
47	1	2	3	1	4	2	3	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.66852719
48	1	2	3	1	1	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	3	1	0.66825765
49	1	2	3	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.66825646
50	1	2	3	3	1	2	3	1	4	4	4	4	1	2	1	1	2	3	1	0.66808194
51	1	2	2	1	3	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	3	2	2	1	0.66798812
52	1	2	2	1	1	2	3	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	1	0.66794646
53	1	2	3	1	1	2	4	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.66787148
54	1	2	2	1	1	2	3	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	1	0.66782653
55	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	1	4	3	2	3	3	2	2	1	0.66776657
56	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	4	1	0.66773456
57	1	2	3	1	1	2	2	3	4	4	3	4	1	2	1	1	2	4	1	0.66769058
58	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	4	3	1	2	4	4	2	3	1	0.66767687
59	1	2	3	1	1	2	3	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	3	1	0.66753656
60	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	4	2	1	0.66751277
61	1	2	3	1	1	2	3	1	4	4	4	4	1	2	1	1	2	3	1	0.66751093
62	1	2	3	3	1	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	3	3	0.66744298
63	1	2	3	4	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	4	0.66740805
64	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	1	3	1	2	4	4	2	2	1	0.66739714
65	1	2	3	1	4	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	4	2	2	1	0.66729122
66	1	2	3	1	4	2	2	1	3	3	4	3	1	2	4	4	2	2	1	0.66725636
67	1	2	2	1	3	2	2	3	4	4	3	4	1	2	3	3	2	2	1	0.66699427
68	1	2	3	3	1	2	2	1	4	4	3	4	1	2	1	1	2	2	3	0.6668638
69	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.666861
70	1	2	3	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	4	1	2	3	1	0.6668483
71	1	2	3	4	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	2	1	0.66665494
72	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	4	1	2	2	1	0.66657716
73	1	2	3	1	1	2	2	4	3	3	4	3	1	2	1	1	2	4	1	0.66657084
74	1	2	1	1	3	2	1	3	4	4	3	4	1	2	3	3	2	1	1	0.66648149
75	1	2	2	1	1	2	2	1	3	3	4	3	1	2	4	1	2	2	1	0.66632682
76	1	2	3	4	1	2	3	1	3	3	4	3	1	2	1	1	2	3	4	0.66628015

איור 115 – Normal Q-Qplot עבור שאריות חולה פנימי

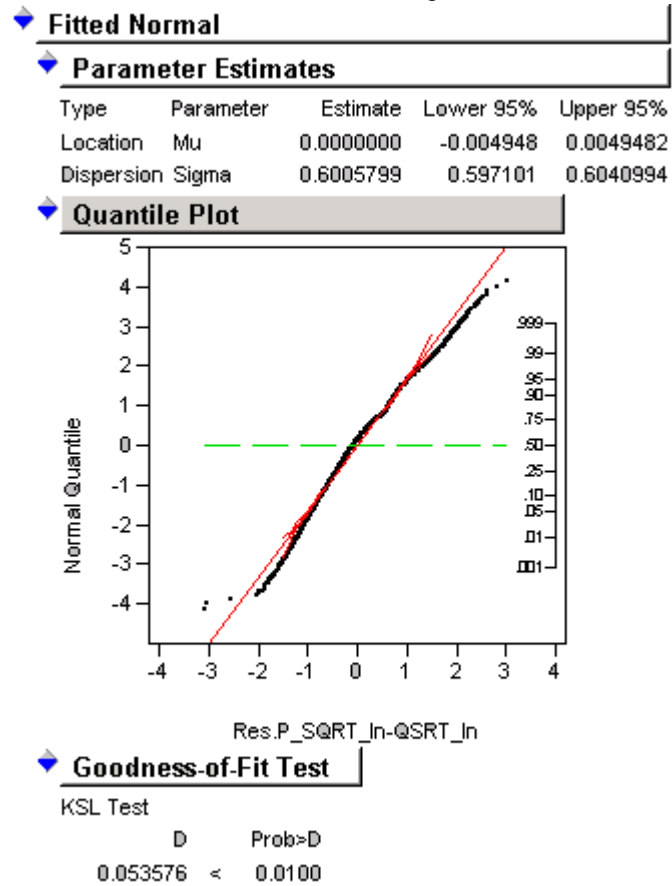


Figure115 Normal QQ-Plot

1. Altobelli, F., Ramzy, A., Schaefer, R. (1989), "Emergency medical system networking simulation", Proceedings of the 13th annual symposium on computer application in medical care, Washington, DC, USA, p 99-100.
2. Askin, R.G. & Standridge, C.R. (1993), "Modeling and analysis of manufacturing Systems", John Wiley and Sons Inc., New York.
3. Bagust, A., Place, M., Posnett, W.J. (1999), "Dynamics of bed use in accommodating emergency admissions: Stochastic simulation model", British medical journal, Jul 17, vol.319, no.7203, p. 155-158.
4. Badri, M.A., Hollingsworth, J. (1993), "A simulation model for scheduling in the emergency room", International journal of operation & production management, vol.13, no.3, p. 13-24.
5. Bodtker, K., Wilson, L., Godolphin, W., (1992), "Simulation as an aid to clinical chemistry laboratory planning", Proceeding of the 1992 conference on simulation in health care and social service. Newport beach, California, USA, p 15-18.
6. Bregman, D. (1990), "Computerized simulation model of a hospital in disaster situation", Ph.D. Thesis, Technion - Israel institute of technology, December 1990.
7. Blake, J.T. and Carter, M.W.(1996), "An analysis of emergency room wait time via computer simulation", INFOR, Vol. 34, p. 263-272.
8. Braly, D., "Seek alternatives via simulation software", Health management technology, Vol. 16, no. 13, Dec. 1995; p. 13-15.
9. Gallagher, E.J., Lynn, S.G. (1990), "The etiology of medical gridlock: Cause of emergency overcrowding in New York City", Journal of emergency medicine. Vol. 8, p 785-790.
10. Godolphin, W., Bodtker, K., Wilson, L., (1992), "Simulation modeling : a tool to help predict the impact of automation in clinical laboratories", Lab robot and autom, Vol 4, p 38-45.
11. Gonzalez, C.J., Gonzalez, M., Rios, N.M. (1997), "Improving the quality of service in an emergency room using simulation-animation and total quality management", Computer and industrial engineering. V 33 n 1-2 Oct 1997, p 87-100.
12. Joshi, S., Tew, D.J. (1995), "Theory and methodology: Validation and statistical analysis procedures under the common random number correlation-induction strategy for multi population simulation experiments", European journal of operational research , v 85, p 205-220.
13. Jun, J.B., Jacobsin, S.H., Swisher, J.R. (1999), "Application of discrete event simulation in health care clinics: A survey", Journal of the operational research society, v 50, n 2, Feb 1999, p 109-123.
14. Kraitsik, M.J., Bossmeyer, A. (1993), "Simulation applied to planning an emergency department expansion", Proceedings of the 1993 SCS Western multiconference on simulation: Simulation in Helth sciences and services, Society for Computer Simulation, La Jolla, CA, USA, p 19-27.
15. Kuban, A.I., Ulas, E. (1996), "Simulation modeling for emergency bed requirement planning", Annals of operation research, v 67, p 183-210.
16. Kumar, A.P. & Kapur, R. (1989), "Incentive system for coders in medical records", Computers ind. Engng Vol. 17, Nos 1-4, pp. 378-383.

17. Lane, D.C., Monefeldt, C., Rosenhead, J.V. (2000), "Looking in the wrong place for healthcare improvements: A system dynamics study of an accident and emergency department", *Journal of the operational research society*, v 51, p 518-531.
18. Ladany, P.S., Turban, E. (1978), "A simulation of emergency rooms", *Computer & operations research*, v 5, n 2, p 89-100.
19. Lev, B., Caltagirone, R., Francis, J.S. (1972), "Patient flow and utilization of resources in a diagnostic radiology department, analysis by simulation techniques", *Investigative radiology* nov-dec 1972, vol 7, p 517-525.
20. Liyanage, L. and Gale, M (1995), "Quality improvement for the Cambelltown hospital emergency service", *Proceedings of the International conference on systems man cybernetics IEEE*, Vancouver, Brithish colombia, Canada, p 1997-2002.
21. Lowery, J.C. (1994), "Barriers to implementing simulation in health care", *Proceedings of the 1994 Winter Simulation conference WSC 94*, Buena Vista, FL, USA, p 868-875.
22. McGuire, F. (1994), "Using simulation to reduce length of stay in the emergency departments", *Proceedings of the 1994 Winter Simulation conference WSC 94*, Buena Vista, FL, USA, p 861-867.
23. Moreno, L., Aguilar, R.M., Martin, C.A., Pineiro, J.D. , Estevez, J.I., Sanchez, J.L., Sigut, J.F., Jimenez, V.I. (1998), "Patient –centered computer simulation in hospital management", *Journal of network and computer applications*, vol 21, p 287-310.
24. Proctor, T. (1996), "Simulation in hospitals", *Health manpower management*, vol 22, n 5, p 40-44.
25. Proulx, K.V. (1999), "Hospital emergency room simulation: object oriented design issues for CS2", *SIGCSE-Bulletin*. vol.31, no.1; March 1999; p.92-94.
26. Rakich, J.S., Kuzdrall, P.J., Klafehn, K.A., Krigline, A.G., (1991), "Simulaiton in the hospital setting: Implication for managerial decision making and management development", *Journal of management development*, vol.10, no.4, p. 31-37.
27. Sall, J., Lehmen, A. and Creighton, L. (2001), "*JMP Start Statistics. A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP and JMP In Software*", 2^{ed}, Cole, a division of Thomson Learning.
28. Sato, M., Sato, Y. and Jain, L.C. (1997), "*Fuzzy Clustering models and Applications*", Physica-Verlag, Hidelberg.
29. Sinreich, D., Ben-Barak, S. and Gopher, D. (2002), "Mental Models as a Practical Tool in the Engineer's Toolbox", Working Paper, Davidson Faculty of Industrial Engineering and Management, Technion - Israel Institute of Technology, Haifa 32000, Israel.
30. Washington, M.L., Khator, S.K., (1997), "Computer simulation in health care", *Proceedings of the 1997 9th Annual quest for quality and productivity in the health services*, St. Louis, MO, USA, p 210-215.
31. Wilson, J.C.T., (1981), "Implementation of computer simulation projects in the health care", *Journal of the operational research society*, Vol. 32, p 825-832.
32. Wright, S.W., Erwin, T.L., Blanton, D.M., Covington, C.M., (1992), "Fast track in the emergency department: A one-year experience with nurse practitioners", *Journal of emergency medicine*, Vol. 10, p 367-373.