

סילבוס לקורס:

**תהליכים סטוכסטיים ויישומיהם  
במודלים של אמינות, מלאי ותורים**  
החוג לסטטיסטיקה, אוניברסיטת חיפה,  
תוכנית ה – M.A. עם התמחות בלוגיסטיקה,  
סמסטר אביב – תשס"ח

**מרצה:** יוני נצרתי, yonin@stat.haifa.ac.il

**עוזר הוראה:** שי ישראלי, israeli.shai@gmail.com

**שעה:** הרצאה: יום ו' 10:15 – 13:45. (2 הפסקות של 15 דקות).  
שעות קבלה: יוני נצרתי ימים א' – ה' 10:00-16:00 על פי זמינות.  
שי ישראלי יום ה' 11:00-12:00.

**אתר הקורס:** [http://stat.haifa.ac.il/~yonin/logistics\\_stoch\\_course\\_spring\\_08/main.html](http://stat.haifa.ac.il/~yonin/logistics_stoch_course_spring_08/main.html)

**ספר הקורס (מחייב):**

Kulkarni V.G., *Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic Systems*, Springer, New York, 1999.

ישנם 3 עותקים במדור השמורים בספרייה אשר הוזמנו במיוחד עבור קורס זה.  
בנוסף יש צילום של פרקים 4, 5, 6, 8, 9 באתר התדפיסים של הספרייה.

**ספרות נוספת (רשות):** ראו בהמשך.

**רשימת תפוצה:**

כל הסטודנטים חייבים להירשם לרשימת התפוצה כמפורט באתר.

### מהות הקורס:

מטרת קורס זה היא להקנות לסטודנט הכרות בסיסית עם תהליכים סטוכסטיים המתאימים למודלים של אמינות מערכות, ניהול מלאי ובעיקר מערכות תורים. רוב המודלים אשר ילמדו מבוססים על תהליכים מרקובים בעלי מרחב מצבים בדיד, שרשראות מרקוב בזמן בדיד (DTMC) ותהליכי קפיצה מרקובים (CTMC).

בסיום הקורס כל סטודנט יבין ויכיר היטב את הנושאים הבאים:

- העקרונות הכלליים של מידול של תהליכי יצור, מערכות שרות, תפעול מלאי, רשתות תקשורת, ואמינות של מערכות באמצעות תהליכים סטוכסטיים פשוטים.
- ניתוח ביצועים של מודלים סטוכסטיים: בחירת מדדים מתאימים, חישובים וסימולציה.
- עקרונות יסוד ותוצאות הקשורות לשרשראות מרקוב בזמן בדיד (DTMC), ניתוח צעד ראשון, מבנה השרשרת, התפלגות סטציונרית ומצב יציב.
- עקרונות יסוד ותוצאות הקשורות לתהליכי קפיצה מרקובים (CTMC), התפלגות אקספוננציאלית, ותהליך פואסון.
- ניתוח מודלים פשוטים של תורים (Queueing Theory).
- עקרונות מנחים בשימוש בתוצאות של ניתוח ביצועים לצורך תכנון אופטימאלי.

מבנה הקורס עוקב באופן הדוק אחרי ספר הקורס (Kulkarni): הסימונים בהרצאות, מבחנים ותרגילי הבית יותאמו כלל שניתן לספר. חומר לימוד אשר מתוכנן בסילבוס ולא הושלם במלואו בכיתה, יושלם באופן עצמאי ע"י הסטודנטים על פי הספר (לא לדאוג: זו לא תהייה תופעה שכיחה). מומלץ לעיין בחומר הרלוונטי בספר לפני כל הרצאה.

### הרכב הציון הסופי:

(1) 9 עבודות בית, (40% מהציון) מומלץ להגיש את עבודת הבית בזוגות. (אסור להגיש בשלישיות ומעלה). העתקות יטופלו בחומרה!  
**אופן ביצוע חישוב ציון תרגילי הבית:** 6 העבודות בעלות הציון הטוב – חובה. 3 עבודות נוספות הן מגן.

(2) לצורך קבלת מסת הציון (60%), ישנן שתי חלופות:

- **מבחן סיום.** שאלות בעלותי אופי דומה לעבודות הבית (אבל ללא שימוש בתוכנה).
  - **סיכום של מקבץ מאמרים/פרקים.** חלופה זו נועדה לסטודנטים אשר נשאר עם תאבון לעוד חומר ושוקלים להמשיך ללימודים במסלול מחקרי. יוצעו מספר מקבצי מאמרים/פרקים באמצע הסמסטר. כל מקבץ ישמש לכל היותר סטודנט יחיד – כל הקודם זוכה.  
הערה: חלופה זו **לא נועדה** לסטודנטים אשר אינם בקיאים בחומר **ואינה יותר קלה** מביצוע המבחן הסופי.
- הערה: על כל סטודנט להצהיר על בחירתו (מבחן או מקבץ מאמרים) עד תאריך אשר יפורסם מראש. לאחר תאריך זה לא יהיו שינויים.

**תוכנית הלימודים**

מס' יחידה	כותרת	פרקים בספר	הערות
1	מבוא לתוכן הקורס + מה צריך לדעת מהסתברות, שימוש בתוכנה.	1,2,3,4	
2	תהליכים סטוכסטיים ו - DTMC.	5.2 ,5.1	+ דוגמא 5.4 מסעיף 5.3.
3	דוגמאות מידול - DTMC	5.3	
4	הסתברויות חולפות - DTMC	5.4	
5	התנהגות גבולית - DTMC	5.6	
6	מודלים של עלות - DTMC	5.7	(ללא 5.7.1)
7	הגדרה CTMC, משתנים מקריים חסרי זיכרון	6.3 ,6.2 ,6.1	
8	דוגמאות CTMC – I	6.4	
9	תהליכי פואסון	6.5	
10	דוגמאות CTMC – II	6.6	
11	התנהגות גבולית - CTMC	6.9	
12	מודלים של עלות - CTMC	6.10	(ללא 6.10.1)
13	מבוא לבניית מערכות תורים	8.1	
14	תוצאות בסיסיות הקשורות למערכות תורים	8.2	
15	ניתוח מערכות תורים מרקובים	8.3 ,8.4	
16	רשתות תורים	8.7	
17	מבוא לתכנון אופטימאלי ובקרה אופטימאלית	9.1, כל פרק 10	פרק 10 – סקירה קצרה בלבד
18	דוגמאות תכנון אופטימאלי - I	9.3 ,9.2	
19	דוגמאות תכנון אופטימאלי - II	9.6 ,9.5 ,9.4	

## רשימה ביבליוגרפיות:

### ספרות ברמה בסיסית:

- Durrett, R., *Essentials of Stochastic Processes*, Springer, New York, 1999.
- Taylor, H. and Karlin, S., *Introduction to Stochastic Modeling*, Academic Press, New York, 1984.
- Ross, S., *Introduction to Probability Models*, Fourth Edition, Academic Press, Boston, 1989.
- Kulkarni V.G., *Modeling, Analysis, Design, and Control of Stochastic Systems*, Springer, New York, 1999.

### ספרות ברמה בינונית:

- Cinlar E., *Introduction to Stochastic Processes*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- Ross, S. *Stochastic Processes*, Wiley, New York, 1983.

### ספרות ברמה יותר מתקדמת:

- Karlin, S. and Taylor, H., *A First Course in Stochastic Processes*, Second Edition, Academic Press, New York, 1975.
- Norris, J.R., *Markov Chains*, Cambridge University Press, New York, 1997.
- Resnick, S., *Adventures in Stochastic Processes*, Birkhauser, Boston, 1992.

### ספרות ברמה בסיסית בנושא תורת התורים:

- Kleinrock, L., *Queueing Systems, Vol. 1: Theory*. Wiley, New York 1975.
- Gross, D. and Harris, C., *Fundamentals of Queueing Theory*, Third Edition, Wiley, 1998.

הערה: ניתן להיעזר גם בחוברת בעברית "מבוא לתהליכים סטוכסטיים" חוברת ע"י יוני נצרת.