

סילבוס לקורס: מבוא לתהליכים סטוכסטיים  
החוג לסטטיסטיקה, אוניברסיטת חיפה,  
סמסטר חורף – תשס"ח

**מעודכן לאחר שביתת הסטודנטים 16/1/07**

מבוא לתהליכים סטוכסטיים, 207.2250	<b>שם הקורס:</b>
התפלגויות 207.2100	<b>דרישות קדם:</b>
6 שש"ס, 6 נק'	<b>מס' שעות ונקודות:</b>
מר. יוני נצרתי	<b>מרצה:</b>
מר. גלעד גיא, גב' נעם פז.	<b>מתרגל:</b>
<a href="http://stat.haifa.ac.il/~yonin/stoch_course_winter_08/stoch.html">http://stat.haifa.ac.il/~yonin/stoch_course_winter_08/stoch.html</a>	<b>אתר הקורס:</b>
	<b>הרכב הציון:</b>

חובה:

- 10% - תרגילי בית.
- 20% - בוחן אמצע (הטוב מבין השניים).
- 70% - מבחן סופי (האחרון מבין המועדים).

מגן:

- 5% - בוחן כיתה בהסתברות.
- 20% - בוחן אמצע (הרע מבין השניים).

**שעות קבלה:** יש להתעדכן באתר הקורס. מומלץ להגיע לשעות קבלה.

**חוברת עזר להרצאה:** רוב החומר בקורס תואם את חוברת העזר להרצאה "מבוא לתהליכים סטוכסטיים". את החוברת ניתן לרכוש במזכירות החוג בתיאום עם מתרגל הקורס.

**תרגילי בית:** תרגילי הבית יפורסמו באתר הקורס ודרך רשימת התפוצה. יש לעקוב במדויק אחרי תאריכי הגשה. בשום מקרה לא יתקבלו הגשות באיחור. התרגילים יבדקו מדגמית ויורדו נקודות עבור תשובות לא נכונות. יש לבצע באופן עצמאי, העתקות יטופלו בחומרה.

**מרכיב הרשות של תרגילי הבית:** עם רוב תרגילי הבית יינתן מרכיב רשות: לרוב מבוסס מחשב. מומלץ לנסות לבצע את מרכיב הרשות.

**בוחן כיתה בתחילת הקורס:** זהו בוחן חזרה על חומר מהסתברות והתפלגויות. הבוחן יינתן בשבוע השלישי במהלך ההרצאה.

**2 מבחני אמצע:** יינתנו בימי שישי במהלך הסמסטר. ראה תוכנית מפורטת בהמשך.

**בוחן סופי:** מועדים א, ב, ג יינתנו במבנה הדומה למבנה של הקורס בסמסטר אביב תשס"ז: שאלות נכון/לא נכון. שאלות אמריקאיות ושאלות פתוחות.

**מאגר מבחנים ופתרונות קודמים:** ניתן לראות באתר המרצה: <http://stat.haifa.ac.il/~yonin/>

**רשימת תפוצה:** על כל הסטודנטים להירשם לרשימת התפוצה כמפורט באתר.

## תוכנית הלימוד

תוכנית הלימוד תואמת כמעט במלואה את חוברת ההרצאה של הקורס.

### חלק א: מבוא

- פרק א-1: הגדרת תהליך סטוכסטי, זמן בדיד/רציף, מרחב מצבים, דוגמאות, שימושים וסקירת הקורס.
- פרק א-2: חזרה על הסתברות, ותוצאות מתמטיות נוספות שימושיות.
- פרק א-3: הסתברות מותנית, התפלגות מותנית, תוחלת מותנית.
- פרק א-4: דוגמאות לשימוש בהתניה.
- פרק א-5: תהליכי ברנולי – I.
- פרק א-6: תהליכי ברנולי – II.

### חלק ב: שרשראות מרקוב (זמן בדיד)

- פרק ב-1: הגדרת שרשרת מרקוב (זמן בדיד).
- פרק ב-2: דוגמאות.
- פרק ב-3: נוסחאות צ'פמן קולמוגורוב.
- פרק ב-4: מיון מצבים, מצבים חולפים ומצבים מתמידים, מצב מתמיד אפס, מחזוריות.
- פרק ב-5: חישובים הקשורים למיון מצבים, ניתוח צעד ראשון.
- פרק ב-6: ארגודיות וסטציונריות.
- פרק ב-7: הסתברויות גבוליות/סטציונריות.
- פרק ב-8: הסתברויות גבוליות המשך – דוגמאות.

### חלק ג: תהליכי פואסון

- פרק ג-1: תכונות של ההתפלגות האקספוננציאלית והתפלגות ארלנג.
- פרק ג-2: קצב Hazard (סיכון).
- פרק ג-3: מבוא לתהליך פואסון.
- פרק ג-4: תהליך פואסון – ארבע הגדרות שקולות.
- פרק ג-5: חישובים נלווים לתהליך פואסון.
- פרק ג-6: השוואה בין תהליכי פואסון ותהליכי ברנולי. **בוטל.**
- פרק ג-7: פיצול ומיזוג של תהליכי פואסון.
- פרק ג-8: תהליך פואסון מורכב. **בוטל.**
- פרק ג-9: תהליך פואסון לא הומוגני בזמן. **בוטל.**

### חלק ד: תהליכי קפיצה מרקובים (זמן רציף)

- פרק ד-1: תהליך קפיצה מרקובים – הגדרה ותכונות בסיסיות.
- פרק ד-2: תהליכי קפיצה מרקובים – דוגמאות.
- פרק ד-3: משוואות קולמוגורוב.
- פרק ד-4: תהליכי קפיצה מרקובים – הסתברויות גבוליות.

### חלק ה: תהליכי לידה-מוות ומערכות תורים

- פרק ה-1: תהליכי לידה-מוות.
- פרק ה-2: מבוא למערכות תורים. תור  $M/M/1$ , התפלגות מספר הנמצאים במערכת.
- פרק ה-3: חשבונאות של מערכות תורים ונוסחת ליטל.
- פרק ה-4: מערכות תורים נוספות  $M/M/c$ ,  $M/M/c/K$ ,  $M/M/\infty$ , נוסחאות ארלנג.

**לוי'ז מפורט**

שנות	תרגול	הרצאה	תאריכים	מס' שבוע
	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק א-2.</li> <li>פרק ג-1.</li> <li>הוכחה באינדוקציה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק א-1.</li> <li>פרק א-3.</li> <li>פרק א-4.</li> </ul>	21-26/10	1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרק א-1.</li> <li>תרגילי חזרה לקראת בוחן כיתה בהסתברות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק א-5.</li> <li>פרק א-6.</li> </ul>	28/10 - 2/11	2
בוהן כיתה בהסתברות בסוף ההרצאה.	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרקים א-5, א-6.</li> <li>דוגמא א-22 (פרק א-6).</li> <li>תרגילי חזרה לקראת בוחן כיתה בהסתברות (אופציה).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ב-1.</li> <li>פרק ב-2 חלקי.</li> <li>פרק ב-3.</li> </ul>	4-9/11	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ב-2 המשך דוגמאות מידול.</li> <li>תרגילים פרק ב-3.</li> <li>שאלות ממבחנים (פרקים ב-1 – ב-3).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ב-4 (ללא התמדה אפס ומחזוריות).</li> </ul>	11-16/16	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרק ב-4.</li> <li>שאלות ממבחנים פרק ב-4 – מיון מצבים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ב-4 מחזוריות (בקצרה).</li> <li>פרק ב-5. (הצגה שונה מתוכן החוברת).</li> <li>פרק ב-6.</li> <li>פרק ב-7.</li> </ul>	18-23/11	5
יום שישי – מבחן אמצע ראשון – על חלקים א + ב של הקורס. + פרק ג-1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרק ב-5.</li> <li>פרק ב-8.</li> <li>שרשראות מרקוב – תרגיל מסכם.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ג-1 חזרה קצרה.</li> <li>פרק ג-2.</li> <li>פרק ג-3.</li> <li>פרק ג-4.</li> </ul>	25-30/11	6
	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרק ג-3, ג-4.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ג-5.</li> <li>פרק ג-7.</li> </ul>	2-7/12	7
	<ul style="list-style-type: none"> <li>לא התקיימו לימודים</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>לא התקיימו לימודים</li> </ul>	10-14/12	8
	<ul style="list-style-type: none"> <li>לא התקיימו לימודים</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>חצי ראשון: תרגול חזרה – שרשראות מרקוב</li> <li>חצי שני: השלמות תהליכי פואסון ושרשראות מרקוב (מצבים מתמידים אפס).</li> </ul>	16-21/12	9
	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרקים ג-5, ג-7.</li> <li>סיכום תהליכי פואסון.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ד-1</li> <li>פרק ד-2</li> <li>פרק ד-3</li> <li>פרק ד-4</li> </ul>	23-28/12	10
יום שישי – מבחן אמצע שני. על כל החומר הנלמד בחלקים א, ב, ג.	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרקים ד-1, ד-2, ד-4 (פרק ד-3 לא מתורגל).</li> <li>שאלות ממבחנים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ד-4.</li> <li>פרק ה-1.</li> </ul>	30/12 - 4/1	11
	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים פרק ד-4.</li> <li>תרגילים פרק ה-1.</li> <li>דוגמאות ממבחנים.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>פרק ה-2.</li> <li>פרק ה-3.</li> <li>פרק ה-4.</li> </ul>	6-11/1	12
	<ul style="list-style-type: none"> <li>תרגילים תורת התורים (פרקים ה-1, ה-2, ה-3, ה-4).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>השלמות.</li> <li>חזרה תפיסתית.</li> </ul>	13-18/1	13

## 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.

לסטודנטים אשר מעוניינים להמשיך לתואר שני באקטואריה או לוגיסטיקה: מומלץ להתייחס לספרות המומלצת.

בהצלחה.