

ה א ו נ י ב ר ס י ט ה ה פ ת ו ח ה

20585

מבוא לתורת החישוביות
והסיבוכיות

השלמות לחוברת הקורס

כתב: אלעזר בירנבוים

פנימי – לא להפצה.

כל הזכויות שמורות לאוניברסיטה הפתוחה. ©

תוכן העניינים

א	1. תיאור הקורס
א	2. כיצד ללמוד
ב	3. מפגשים
ב	4. בחינות הגמר
ג	5. נוהל הגשת מטלות
ו	נספח : בחינת גמר לדוגמה

1. תיאור הקורס

הקורס מבוסס על 7 פרקי לימוד ועל הספר **Introduction to the Theory of Computation** שנכתב על ידי Michael Sipser.

לספר מצורף מדריך למידה, שתפקידו להנחות את הסטודנט בלימוד הקורס. משימות הלימוד לכל שבוע והתאריך האחרון למשלוח כל אחת מהמטלות רשומים ב"לוח זמנים ופעילויות".

7 פרקי הלימוד מהווים את כל חומר הלימוד שעליו תיבחנו בגמר הקורס. להלן פירוט פרקי הלימוד:

- פרק 1 - התזה של צ'רץ' וטיורינג
- פרק 2 - כריעות
- פרק 3 - רדוקציות
- פרק 4 - סיבוכיות זמן
- פרק 5 - סיבוכיות מקום
- פרק 6 - משפטי היררכיה
- פרק 7 - נושאים מתקדמים בתורת הסיבוכיות
- פרק 8 - נספח - נושאים מתקדמים בתורת החישוביות

2. כיצד ללמוד

במצורף לספר הלימוד תקבלו מדריך למידה המהווה את המדריך הצמוד שלכם לאורך הקורס. מדריך הלמידה מכיל הנחיות על אלו חלקים בספר אפשר לפסוח, ומהם עיקרי הדברים אותם יש להבין ולדעת. המדריך מהווה את נקודת המוצא לתהליך הלימודי.

עליכם ללמוד את היחידות בהתאם לסדר הלימוד המתואר **במדריך הלמידה**.

רצוי להקדיש ללימוד ותרגול החומר כ-15-20 שעות בשבוע. אם אתם נתקלים בקשיים תוך כדי לימוד, נצלו את ההנחיה הטלפונית, או שאלו את שאלתכם במפגש עם המנחה.

משנראה לכם שהבנתם היטב את חומר הלימוד, תוכלו לגשת לפתרון המטלה. המטלה כוללת, בדרך-כלל, שאלות קשות ומורכבות יותר מאלו המופיעות בפרקי הלימוד. שאלות אלה נועדו לבדוק את יכולתכם ביישום חומר הלימוד.

הלימוד השיטתי של פרקי הלימוד, יחד עם פתרון המטלות, יקנו לכם הכנה מלאה לקראת בחינת הגמר.

שמירה על קצב הלימוד המומלץ והגשת המטלות בזמן, ימנעו מכם קשיים בלתי רצויים במהלך הסמסטר, ויסייעו לכם בהפקת מלוא התועלת מהקורס.

3. מפגשים

במהלך הסמסטר יתקיימו שבעה מפגשי הנחיה במרכז הלימוד. מפגשים אלה נועדו להבהיר את החומר הנלמד עד למועד המפגש, ולעזור לכם להתגבר על קשיים בהבנה או בפתרון של השאלות בגוף הפרק ובמטלות. מפגשי ההנחיה יארכו כשלוש שעות כל אחד.

בכל מפגש יוקדש חלק מן הזמן להבהרת נקודות מרכזיות מהחומר שביחידת הלימוד השוטפת, ועיקר הזמן הנותר יוקדש לשאלות הסטודנטים ולדיון במטלה. כמו-כן ייתן המנחה רקע להכנת המטלה הבאה שעליכם להגיש ויכוון אל הגישה הנכונה לפתרונה.

שימו לב ! ההשתתפות במפגש ההנחיה אינה חובה אך היא בהחלט רצויה !

להלן פירוט הנושאים שיידונו במפגשי ההנחיה :

מפגש 1 - פרק 1 (פרק 3 בספר)

מפגש 2 - פרק 2 (פרק 4 בספר)

מפגש 3 - פרק 3 (פרק 5 בספר)

מפגש 4 - פרק 4 (פרק 7 בספר)

מפגש 5 - פרק 4 (פרק 7 בספר)

מפגש 6 - פרק 5 (פרק 8 בספר)

מפגש 7 - פרקים 6, 7 (סעיפים 9.1, 10.1 ו-10.2 בספר)

4. בחינות הגמר

הנכם זכאים לגשת לבחינת הגמר בקורס רק אם עמדתם **בכל** דרישות הקורס **לפני** מועד הבחינה. (כלומר הגשתם מטלות במשקל מינימלי והשתתפתם בשאר פעילויות החובה של הקורס).

בחינות הגמר יחלו כשבוע ימים לאחר תום הסמסטר. הודעה על המועדים המדויקים תישלח לסטודנטים ע"י מרכז ההישגים הלימודיים במהלך הסמסטר.

מועדי בחינות הגמר שנקבעו לסמסטרים הבאים מפורטים בידיעון האקדמי.

לתשומת לב!

הנכם זכאים להבחן בקורס פעמיים: במועדים של הסמסטר הנוכחי ובמועדים של הסמסטר הבא בו נלמד הקורס, ובכך מיציתם את זכותכם להבחן בקורס.

סטודנט שניגש לבחינות גמר בשני מועדים ונכשל בשניהם, יוכל להירשם לקורס זה פעם נוספת ולקבל הנחה בשכר הלימוד. הפרטים מופיעים בידיעון האקדמי.

5. נוהל הגשת מטלות מנחה (ממ"ן)

קיימות שתי חלופות להגשת מטלות:

- **שליחת מטלות באמצעות מערכת המטלות המקוונת**
מערכת שליחת המטלות קלה להפעלה, היא חוסכת את הצורך במילוי טפסים, במשלוח דואר ובשמירת עותק של המטלה, ומאפשרת מעקב אחר המטלה. הגישה למערכת המטלות המקוונת היא דרך אתר הבית של הקורס בקישור "מערכת המטלות".
- **שליחת מטלות באמצעות הדואר או הגשה ישירה למנחה במפגשי ההנחיה**
לכל מטלת מנחה עליכם לצרף טופס נלווה אחד. הקפידו למלא את כל הפרטים בחלק א של הטופס. הכניסו את הטופס (על כל חלקיו הצבעוניים) יחד עם המטלה למעטפה המיועדת לכך ורשמו בכתב יד ברור את כתובתכם (כולל מיקוד!) במקום המיועד לכך. השאירו עותק של המטלה בידכם!

מועדי הגשה ומשלוח מטלות בדואר

בעמוד הראשון של כל מטלה מצוין המועד האחרון להגשתה. שלחו אותה בדואר עד למועד זה. בכל מקרה, אסור שחותמת הדואר על המעטפה תישא תאריך מאוחר ממועד זה.

אין לשלוח מטלות בדואר רשום!
הקפידו לרשום את כתובת המנחה בצורה מדויקת כולל מיקוד.

את הממ"ן עליכם לשלוח לבדיקה **רק למנחה שלקבוצתו אתם משובצים**. ממ"ן שישלח למנחה אחר, ללא אישור מראש של מרכז ההוראה, ציונו לא ייחשב. הממ"ן ייבדק ויוחזר לכם תוך שלושה שבועות מהתאריך האחרון להגשת הממ"ן. אם הממ"ן לא יוחזר אליכם עד מועד זה, אנא התקשרו עם המנחה לברר את סיבת העיכוב.

דחייה בהגשת מטלות

במקרים מיוחדים, כגון שירות מילואים, תוכלו לפנות בבקשה לקבלת אישור לדחיית מועד ההגשה. עליכם לפנות **בכתב** (בדואר, בפקס, או בדואר אלקטרוני), ולצרף אישורים רשמיים להצדקת הבקשה. **את הבקשה יש להגיש מראש!** (בכל מקרה שזה אפשרי). בקשות להגשת מטלות באיחור של עד שבוע יש להפנות אל המנחה. לאיחור של יותר משבוע, יש לבקש אישור ממרכז ההוראה של הקורס. **מטלות שיוגשו באיחור של יותר משבוע ללא אישור, ייבדקו והציון שיוזן עבורן יהיה 0**, ללא תלות בציון של הבדיקה. שימו לב, טיפול בבקשות שנשלחות לאחר מועד ב' של הסמסטר אינן בסמכות מרכז ההוראה, ויש להפנותן אל האחראית על פניות סטודנטים של החטיבה למדעי המחשב.

ערעור על ציון בממ"ן

אם יש לכם השגות על הציון שקיבלתם בממ"ן, תוכלו להגיש ערעור מנומק בכתב למנחה בצירוף הממ"ן והטופס המלווה (ההעתק הצהוב), בתוך שבוע ימים מיום קבלת הממ"ן. אם המנחה לא יקבל את הערעור, אתם רשאים לערער בפני מרכז ההוראה בצירוף הממ"ן והטופס המלווה, בתוך שבוע מיום קבלת תשובת המנחה על הערעור. החלטת מרכז ההוראה היא סופית.

לשימוש פנימי <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">21</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">611</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> 1-2 3-7 8-10 </div>			האוניברסיטה הפתוחה הקריה ע"ש דורותי דה רוטשילד רח' רבוצקי 108 ת.ד. 808 רעננה 43104 טופס מלווה למטלה לבדיקה מנחה (ממ"ן)	
חלק א - ימולא על-ידי התלמיד מלא נא את כל הפרטים בעט כדורי בכל המלבנים הכהים וכן למטה. מספר הקורס והמטלה העתק מתוך השאלון. כן הקפד לרשום את כל תשע הספרות של מספר הזהות (גם אפסים וסיפרת ביקורת) שלח את כל העתקים בצירוף המטלה אל מנחה קבוצתך.			חלק ג - ציונים יש לרשום מספרים שלמים סכום ציוני השאלות צריך להיות שווה ציון המטלה.	
מטלה <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">11</div> 27-28			קורס <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">10125</div> 22-26	
מספר הזהות <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">123456789</div> 11-19			חלק ב - ימולא על-ידי המנחה מלא נא את כל הפרטים (בעט כדורי). שמור את העותק האחרון בידך. שלח את שאר העותקים בצירוף המטלה למרכז שירות לאוניברסיטה (מש"ל).	
31 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			חלק ד - הערות המנחה לתלמיד (נא כתוב ברור) <div style="border: 1px solid black; height: 100px;"></div>	
34 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			חלק ז - ימולא על-ידי התלמיד כתובת התלמיד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ישראל ישראלי</div>	
37 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			שם התלמיד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ישראל ישראלי</div>	
39 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			כתובת התלמיד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ישראל ישראלי</div>	
41 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			טלפון <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">03-5269710</div>	
43 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			מיקוד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">73332</div>	
45 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			שם המנחה <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">ד"ר ארז</div>	
47 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			קבי לימוד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">01</div>	
49 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			מרכז לימוד <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">610</div>	
51 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			נשלח ביום <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1.1.02</div>	
53 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			שם המנחה <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"></div>	
55 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			נשלח ביום <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"></div>	
57 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>			התקבל ביום <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"></div>	
59 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
61 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
63 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
65 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
67 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
69 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
71 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
73 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
75 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
77 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
79 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
81 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				
83 <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 15px; display: inline-block;"></div>				

מק"ט 9-830-1-9500 יוסף וילק ושות' בע"מ

דוגמה למילוי טופס מלווה לממ"ן

הערות חשובות לתשומת לבכם!

- **חל איסור מוחלט על הכנה משותפת של מטלות ו/או על העתקת מטלות.**
- **עליכם להשאיר לעצמכם העתק של המטלה. אין האוניברסיטה הפתוחה אחראית למטלה שתאבד בשל תקלות בדואר.**

נספח: בחינת גמר לדוגמה

הבחינה לדוגמה שמופיעה להלן, מייצגת בחינות שהתקיימו בסמסטרים קודמים. בחינה זו נועדה לשמש ככלי עזר נוסף ללימוד וכעזרה בהכנה למבחן. שימו לב! אין בהצגת בחינה זו שום התחייבות לכך שהבחינות בסמסטר הנוכחי תהיינה זהות במבנה, באופי וכו' לבחינה שהוצגה. הבחינה לדוגמה, כמו המטלות, משמשת כלי ללימוד, ומבטיחה הכנה טובה למבחן.

מבנה הבחינה: בבחינה שש שאלות. עליכם לענות על חמש מהן.

שאלה 1

תזכורת: מאמת (verifier) לשפה A הוא אלגוריתם V כך ש-
 $A = \{w \mid V \text{ accepts } \langle w, c \rangle \text{ for some string } c\}$

הוכיחו: לשפה L יש מאמת אם ורק אם L היא מזוהה-טיורינג.
שימו לב: - יש כאן טענת "אם ורק אם", ולכן עליכם להוכיח שני כיוונים.
- המאמת שעליו מדובר איננו מוגבל בזמן הריצה שלו.

שאלה 2

תנונה השפה T הבאה: $T = \{\langle M \rangle \mid M \text{ is a TM that accepts } w^R \text{ whenever it accepts } w\}$
הוכיחו: T איננה מזוהה-טיורינג.

שאלה 3

קבוצת צמתים U בגרף לא מכוון $G = (V, E)$ נקראת **קבוצה שלטת** (dominating set) אם לכל צומת $v \in V$, או ש- $v \in U$, או שיש קשת $(u, v) \in E$ כך ש- $u \in U$.
(קבוצה שלטת של צמתים היא קבוצה $U \subseteq V$, כך שלכל צומת בגרף, או שהוא שייך לקבוצה השלטת U , או שהוא מחובר בקשת לצומת ששייך ל- U).
בעיית DOMINATING-SET היא הבעיה הבאה:
הקלט: גרף לא מכוון $G = (V, E)$; מספר טבעי k .
השאלה: האם יש ב- G קבוצה שלטת בגודל k ?
הוכיחו: בעיית DOMINATING-SET היא בעיה NP-שלמה.
הדרכה: הוכיחו שהבעיה שייכת ל-NP, והראו רדוקציה פולינומיאלית של VERTEX-COVER .
(לכל קשת (u, v) הוסיפו צומת חדש uv ושתי קשתות חדשות (u, uv) ו- (v, uv)).

שאלה 4

תזכורת: $\text{coNP} = \{L \mid \bar{L} \in \text{NP}\}$.

הוכיחו: אם יש שפה NP-שלמה ששייכת למחלקה coNP, אז $\text{NP} = \text{coNP}$.

שאלה 5

הוכיחו: השפה EQ_{DFA} שייכת ל- $\text{SPACE}(\log^2 n)$.

$(EQ_{\text{DFA}} = \{ \langle A, B \rangle \mid A \text{ and } B \text{ are DFAs and } L(A) = L(B) \})$.

שאלה 6

הוכיחו: אם השפה SAT שייכת למחלקה RP, אז $\text{RP} = \text{NP}$.

סוף!