

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

## תכנות לוגי

### הזמן הנדרש

עיוני - 60 שעות

מעשי - 30 שעות

### דרישות קדם

יסודות מדעי המחשב 1

### אוכלוסיית יעד

תלמידים הלומדים מדעי המחשב ברמה רגילה או מוגברת

### מטרות היחידה

להציג גישה דקלרטיבית (לעומת הגישה הפרוצדורלית) לפתרון בעיות במדעי המחשב באמצעות פרדיגמה תכנותית נוספת.

לערוך היכרות עם עקרונות התכנות הלוגי ומימוש בסביבת פרולוג.

להקנות כלים ושיטות לייצוג ידע ופתרון בעיות איכותיות בתחומי ידע שונים, שניתן לממשם באמצעות הצרנות לוגיות ובאמצעות תכנות לוגי.

להציג טיפוסים נתונים מופשטים כמודלים לייצוג ידע ושימוש בהם לפיתוח תכניות בסביבת פרולוג.

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

**טבלת הפרקים וחלוקת השעות המוצעת**

מעשי	עיוני	פרקי הלימוד
-	6	פרק 1 - מבוא לתחשיב הטענות
2	2	פרק 2 - עקרונות תכנות בלוגיקה ברמת תחשיב הטענות (הפסוקים)
2	2	פרק 3 - מבוא לתכנות לוגי ברמת תחשיב המתארים (הפרדיקטים)
2	3	פרק 4 - ניסוח חוקים והסקת מסקנות
4	8	פרק 5 - ייצוג ידע ומימוש
2	2	פרק 6 - פיתוח תכניות המשלבות קלט/פלט וחישובים נומריים
2	4	פרק 7 - שלילה
4	8	פרק 8 - רקורסיה מטיפוס "אב-קדמון"
2	3	פרק 9 - מבני נתונים מורכבים - מארזים
-	4	פרק 10 - טיפוסים נתונים מופשטים כמודלים לייצוג ידע
4	8	פרק 11 - רשימות
1	3	פרק 12 - עצים
1	3	פרק 13 - גרפים
4	4	פרק 14 - תרגיל סיכום
<b>30</b>	<b>60</b>	<b>סה"כ</b>

**ביבליוגרפיה**

1. הברמן, ב' (1994). *מבוא לבנייה מלאכותית*, מכון וייצמן למדע.
2. שרץ, ז', מלר, ע', ושפירא, א' (1988). *פרולוג עברי למתחילים*, רמות.
3. Bratko, I. (1990). *Prolog-Programming for Artificial Intelligence*. Addison-Wesley.
4. Clocksin, W.F., & Mellich, C.S. (1984). *Programming in Prolog*. 2<sup>nd</sup> Ed, Prentice-Hall.
5. Kowalski, R. (1979). *Logic for Problem Solving*. North Holland.
6. Sterling, L., & Shapiro, E. (1994). *The Art of Prolog*. 2<sup>nd</sup> Ed, MIT Press.

**סביבת העבודה**

שפת פרולוג נבחרה כשפה להמחשת העקרונות העיוניים של היחידה. ייחודה של השפה הוא בהיותה בעלת תחביר המאפשר תרגום ישיר לשפת אנוש. מומלץ להשתמש בפרולוג עברי כדוגמת תכנית פרולוג "פעמון" - פרולוג עברי מכון וייצמן או בגרסת פרולוג באנגלית התואמת גרסת Prolog Edinburgh.

## פרק 1: מבוא לתחשיב הטענות (6 שעות)

### מטרות הפרק

להכיר ברמה אינטואיטיבית את תחשיב הטענות (הפסוקים) ותחשיב המתארים (הפרדיקטים), קשרים לוגיים וכללי היסק.

### פירוט התכנים

ההיסק הלוגי, תחשיב הטענות (הפסוקים); קשרים לוגיים או/וגם/לא; היסקים משמרי אמת; הוכחת תקפות וכללי היסק; תחשיב המתארים (היחסים).

הערה: יש להציג את הנושא ברמה אינטואיטיבית. אפשר בשלב זה להציג יישום תחשיב הטענות בסביבת העבודה - פרולוג.

## פרק 2: עקרונות תכנות בלוגיקה ברמת תחשיב הטענות (4 שעות)

### מטרות הפרק

- להכיר את התחביר של תכנות לוגי ברמה פסוקית ויישומו בשפת פרולוג.
- ללמוד לייצג ידע עובדתי באמצעות תכנות לוגי ותכנות בפרולוג.

### פירוט התכנים

טענות לוגיות והצגתן כעובדות בפרולוג; שאילתות פשוטות; מימוש הקשרים הלוגיים "וגם" ו"או" בפרולוג; הצגת שאילתות מורכבות תוך כדי שימוש בקשרים אלה; הסקת מסקנות; מנגנון היסק דדוקטיבי; חוקים חלופיים (אלטרנטיביים); הסקת מסקנות בשרשרת.

היכרות עם סביבת העבודה של פרולוג ועם התחביר של פרולוג ברמה הפסוקית; הצגת טענות פשוטות באמצעות ניסוח עובדות וחוקים בפרולוג; פיתוח תכניות פשוטות בפרולוג פסוקי המורכבות מעובדות וחוקים; תיאור תכנית; תיעוד תכנית; הצגת שאילתות.

שימוש בתכנת פרולוג - שימוש בעורך; ניהול קבצים במחשב; טעינת תכנית מהתקליטון והרצתה; יציאה זמנית למערכת ההפעלה; שימוש בפקודת "עקוב".

הערות: פרק זה מתרכז ביישום של תחשיב הטענות (הפסוקים) בפרולוג ולא בתחשיב המתארים; יש לקשר את הנלמד בסעיף זה עם הנלמד בפרק 1; רצוי לייצג את התכנים תוך כדי שימוש בייצוג ידע באמצעות עץ, טבלה, גרף (ברמה אינטואיטיבית בלבד בעזרת איור גרפי).

### פרק 3: מבוא לתכנות לוגי ברמת תחשיב המתארים (4 שעות)

#### מטרות הפרק

1. להכיר תכנות לוגי ברמה של תחשיב המתארים (פרדיקטים) ויישומו בפרולוג.
2. להתנסות בהצגת שאילתות תוך כדי שימוש במשתנים, בהתייחס לתכנות פרולוג.

#### פירוט התכנים

מתארים ומתוארים (פרדיקטים וארגומנטים); הקשר בין עצם אחד ותכונה (מתאר עם מתואר אחד); יחס בין שני עצמים או יותר (מתאר עם שני מתוארים ויותר); שימוש במשתנים בשאילתות; משתנים מכומתים כללית ומשתנים מכומתים קיומית.

כתיבת תכניות פשוטות בפרולוג מלא והרצתן במחשב באמצעות שאילתות; כתיבת שמות משמעותיים למשתנים, למתארים ולמתוארים; שלבים ראשונים של תיעוד.

הערה: יש להדגיש את ההבדלים בין מתאר (פרדיקט) לבין מתוארים (ארגומנטים); בדיון במשתנים יש להדגיש הבדלים בין משתנים בפרולוג לבין משתנים בשפות תכנות פרוצדורליות (פסקל).

### פרק 4: ניסוח חוקים והסקת מסקנות (5 שעות)

#### מטרות הפרק

1. ללמוד כיצד לנסח חוקים בתכנות לוגי תוך כדי שימוש במשתנים והצרנתם בפרולוג.
2. להכיר ולהבין את מנגנון ההוכחה של פרולוג.

#### פירוט התכנים

חוקים מטיפוס `a is`; שימוש במשתנים חסרי זהות (אנונימיים); חוקים בעלי משתנים זהים בראש החוק ובגופו; חוקים בעלי משתנים לא זהים בראש ובגוף; עבודת מנגנון ההוכחה בפרולוג; יישום התכנים הנלמדים בשפת פרולוג; כתיבת תכניות המכילות הצרנת מתארים ומתוארים באמצעות חוקים עם משתנים.

שימוש במתארי המערכת "עקוב", "תיאור-חלקי" ו"הבט" למטרות מעקב אחר ביצוע תכנית; איתור שגיאות והבנת מנגנון ההוכחה של פרולוג.

הערה: יש להדגיש את ההבדל בין ניסוח החוקים בפרולוג (Horn clauses) לבין הניסוח השכיח יותר של חוקים כ- `if ... then`.

הערה[A1]: בדקו אם זה כתוב נכון.

## פרק 5: ייצוג ידע ומימוש (12 שעות)

### מטרות הפרק

1. להקנות שיטות לפתרון בעיות וייצוג ידע באמצעות תכנות לוגי וכתובת תכניות בפרולוג.
2. להכיר שיטות שונות לייצוג ידע.

### פירוט התכנים

עקרונות בכתובת תכנית בפרולוג ותייעוד; ייצוג ידע באמצעות מבני נתונים כגון עצים, גרפים, טבלאות; ייצוג ידע ופיתוח תכניות מהטיפוסים האלה: "שולשלת יוחסין" (משפחה); בניית "מגדיר" (לדוגמה: סוגי צמחים, סלעים, זוחלים); אפיון קשרים מטיפוס "אפיון-תפקוד" (לדוגמה: טבלת היסודות הכימיים); תכנון "לוח זמנים ופעילות" (לדוגמה: מערכת שעות, מצבת כוח אדם); "חידות" ו"משחקים".

פיתוח תכניות שמטרתן פתרון בעיה או ייצוג ידע המתאימות לחומר העיוני, והרצתן על ידי שאילתות.

הערות: יש להגדיר שלבים בכתובת תכנית לוגית: הגדרת מטרות, ייצוג ידע, בחירת מתארים בסיסיים, הצרנה, תכנות, הרצה ובדיקה. מומלץ לדון על שיטות

הערה[A2]: אין בסוף נקודה. האם חסר המשך או פשוט נשכחה?

top-down, bottom-up, ועידון הדרגתי; יש לדון בשאלת ההחלטה מתי רצוי להשתמש במבנים כמו טבלה או עץ לייצוג ידע, וכיצד להפוך ידע המיוצג בטבלה או בעץ לתכנית בפרולוג.

יש להדגיש את אופן בניית התכנית בפרולוג בהתאם לתכנים המוצגים בה: להבחין בין כתיבת תכנית המבוססת על ריבוי עובדות ומעט חוקים (מסוג "לוח זמנים ופעילות") לעומת תכנית המבוססת על ריבוי חוקים ומעט עובדות (מסוג של "שולשלת יוחסין").

## פרק 6: פיתוח תכניות המשלבות קלט/פלט וחישובים נומריים (4 שעות)

### מטרות הפרק

1. להכיר מתארי מערכת ומתארים אקסטרה-לוגיים בשפת פרולוג.
2. להקנות יכולת לבצע חישובים נומריים בתכנות בשפת פרולוג.
3. ללמוד מתארי קלט/פלט לפיתוח תכניות אינטראקטיביות.

### פירוט התכנים

דיון בחישובים נומריים בפרולוג; היכרות עם מתארים חשבוניים, מתארים אקסטרה-לוגיים ומתארי קלט/פלט. דיון בהשפעת מתארים אלו על כתיבה של תכניות בפרולוג והרצתן.

כתיבת תכניות המשלבות קלט/פלט ואופרטורים חשבוניים; מתארים אקסטרה לוגיים; משתנה, לא משתנה; יחסי קלט/פלט: קרא (read), כתוב (write), שורה (nl), רווח (tab).

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

היכרות עם מתארי מערכת: תיאור (listing), טען (reconsult), טען\_והוסף (consult), פונק\_מערכת (systemp).

הערה: יש לדון בכך שבניגוד לגישה העקרונית, יחסי קלט/פלט אינם דקלרטיביים אלא פקודות לביצוע, וריבויים עלול לגרום לאובדן האופי הדקלרטיבי של תכנות בפרולוג. לכן אין לעודד שימוש יתר ביחסי קלט/פלט בתכניות התלמידים ברמת לימוד זו. היכרות עם מתארי המערכת ניתן ללמוד מיד לאחר פרק 2 לפי הצורך.

## פרק 7: שלילה (6 שעות)

### מטרת הפרק

להכיר את מתאר השלילה בתכנות לוגי ואופן השימוש בו לניסוח חוקים ושאלות.

### פירוט התכנים

הכרת המתאר "לא" (not): שלילה על ידי כישלון בהוכחה; השימוש במתאר "לא" בשאלות; שימוש במתאר "לא" להגדרת מתארים; שלילה המופעלת על סוגי ביטויים שונים: ביטוי עם קבועים, ביטוי עם משתנים וביטוי מורכב; דרך הפעולה של המתאר "לא" באמצעות מנגנון ההוכחה של פרולוג.

כתיבת תכניות תוך כדי שימוש במתאר "לא" והרצתן באמצעות שאלות.

שימוש במתארי המערכת "עקוב" ו"הבט" כדי להבין את האופן שבו פועלת השלילה.

הערה: יש להדגיש את המשמעויות השונות של השימוש במתאר "לא" בתחילת גוף חוק ובמשתנים שלא קיבלו הצבה; רצוי להימנע מלהיכנס לבעייתיות של המתאר "לא" בלוגיקה לעומת פרולוג.

## פרק 8: רקורסיה מטיפוס "אב-קדמון" (12 שעות)

### מטרת הפרק

להכיר את המושג "רקורסיה" והשימוש בו לפיתוח תכניות בפרולוג.

### פירוט התכנים

המשמעות הדקלרטיבית של הגדרת כללים רקורסיביים וכללי עצירה; כתיבת תכניות רקורסיה פשוטות מטיפוס "אב-קדמון"; כתיבת תכניות הדנות בהורשת תכונות ובהעברת מידע בשרשרת; שימוש ברקורסיה לניסוח מתארים חשבוניים: מספר טבעי, חיבור באמצעות מספר עוקב, כפל באמצעות חיבור, חזקה באמצעות כפל, עצרת, איבר בסדרה חשבונית.

כתיבת תכניות תוך כדי שימוש ברקורסיה והרצתן באמצעות שאלות מתאימות.

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

מעקב אחרי הוכחת מתארים רקורסיביים בפרולוג באמצעות "עקוב".

הערות: יש להשוות מימוש רקורסיה בפרולוג וטבעיותו עם מימוש בפסקל. אפשר להשתמש בתיאור גרפי על עצי הוכחה כדי לעקוב אחרי מנגנון ההוכחה של פרולוג בתהליכים רקורסיביים; יש להדגים באמצעות עצי הוכחה את חשיבות סדר החוקים וסדר הביטויים בגוף החוק בקביעת תוצרי הפעולה של כללים רקורסיביים.

## פרק 9: מבני נתונים מורכבים - מארזים (5 שעות)

### מטרת הפרק

להכיר סוגים שונים של מבני נתונים מורכבים (מארזים) והשימוש בהם בתכניות בפרולוג.

### פירוט התכנים

ייצוג ידע באמצעות מבני נתונים מורכבים; היכרות עם המבנה "מארז" (פנקטור);

ייצוג עצים כלליים בעזרת מבני נתונים מורכבים; שימוש במבני נתונים מורכבים בתכניות פרולוג.

כתיבת תכניות תוך כדי שימוש במארזים והרצתן באמצעות שאילתות מתאימות.

הערות: יש להבהיר באילו מקרים כדאי להשתמש במבני נתונים מורכבים לייצוג ידע בתכנית פרולוג; יש להדגיש את היתרונות של שימוש במארזים לקבלת תשובות קריאות יותר לשאילתות.

רצוי להיעזר בייצוג גרפי של מארזים באמצעות עץ; יש להדגיש את ההבדל המהותי בין מרכיבי המארז לבין מתארים (למרות צורת התחביר הדומה); יש להקפיד על הוראת שימוש נכון במשתנים בתוך מארזים.

## פרק 10: טיפוסים נתונים מופשטים כמודלים לייצוג ידע (4 שעות)

### מטרות הפרק

1. להכיר את המושג "טיפוס נתונים מופשט" כמודל לייצוג ידע.
2. להכיר טיפוסים נתונים מופשטים ספציפיים: "רשימה", "קבוצה", "ר-קבוצה", "עץ" ו"גרף".

### פירוט התכנים

אפיון טיפוסים נתונים מופשטים: "רשימה", "קבוצה", "ר-קבוצה", "עץ" ו"גרף"; הצגת בעיות שונות והתאמת טיפוס נתונים מופשט לתיאור הבעיה.

הערות: כל טיפוס נתונים מופשט יאופיין באמצעות מודל המייצג מערכת אובייקטים הקשורים ביניהם בקשר לוגי מסוים בתוספת הפעולות והיחסים המוגדרים עליו.

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

יש להדגיש שהאפיון נעשה ברמה מופשטת ואינו תלוי בסביבת המימוש; יש להסביר שעבודה עם טיפוס נתונים מופשט כרוכה באפיון, במימוש בסביבת העבודה כ"קופסה שחורה" ובשימוש ב"קופסה שחורה" המייצגת אותו כדי לפתח תכניות; יש להדגיש שהשימוש ב"קופסה השחורה" אינו תלוי באופן מימושה.

## פרק 11: רשימות (12 שעות)

### מטרת הפרק

1. להכיר בצורה מעמיקה את טיפוס הנתונים המופשט "רשימה" ואת מבנה הרשימה בפרולוג.
2. ללמוד את השימוש במתארי רשימות מוגדרים מראש הנמצאים בקובץ נפרד כ"קופסה שחורה".

### פירוט התכנים

הצגת הרשימה בפרולוג כאמצעי למימוש סוגי הנתונים המופשטים: "רשימה", "קבוצה" ו"רב-קבוצה" וחיבתם בכתיבת תכניות בפרולוג; ייצוג מידע בעזרת רשימות: רשימות של מארזים, רשימות של רשימות; פעולות ויחסים הקשורים ל"רשימה" ומימושם באמצעות מתארי רשימות מוגדרים מראש: "חבר ברשימה", "מיקום איבר ברשימה", "מספר איברים ברשימה", "סכום איברי רשימה", "הפוך", "שרשר", "מצא-כל"; הגדרת מתארי רשימות חדשים בעזרת מתארי רשימות קיימים.

כתיבת תכניות תוך כדי שימוש במתארי רשימות המוגדרים מראש כ"קופסה שחורה" (בקובץ נפרד בתוכנת פרולוג).

הערות: יש להדגיש את ההבדל בין טיפוס הנתונים המופשט "רשימה" לבין מבנה הנתונים רשימה הקיים בפרולוג. יש להדגיש שטיפוסי הנתונים המופשטים "קבוצה" ו"רב-קבוצה" ניתנים גם הם למימוש על ידי מבנה הנתונים רשימה בפרולוג; התלמידים אינם צריכים לדעת או להבין את ההגדרות הרקורסיביות של מתארי הרשימות, אלא להשתמש בהן כמתארים מוגדרים מראש. יש להדגיש את ההבדל בין אפיון, מימוש ושימוש במתארי רשימות.

לתלמידים מתקדמים אפשר לערוך היכרות עם התחביר [ראשוזנב] המייצג את המבנה הרקורסיבי של רשימה בפרולוג ולהראות את אופן המימוש (באמצעות "ו") של חלק מהיחסים המיוחדים לרשימה כגון "חבר ברשימה". התלמידים יגדירו מתארים חדשים ויממשו אותם תוך כדי שימוש במבנה הרקורסיבי של, הרשימה" וללא שימוש בקובץ העזר או לחלופין בעזרת מתארי רשימות ידועים.

מומלץ ללמד מימוש מתארי רשימות רק לאחר התנסות בשימוש בהם כמוגדרים מראש. יש לדון תחילה בתחביר של האופרטור "ו" ובמשמעות שלו, ורק לאחר מכן לעבור לשימוש בו להגדרת מתארים באופן רקורסיבי. הלימוד ייעשה באופן הדרגתי תוך כדי שמירה על רמת קושי עולה.



## פרק 12: עצים (4 שעות)

### מטרת הפרק

להעמיק את ההיכרות עם טיפוס הנתונים המופשט "עץ" והשימוש בו לייצוג ידע.

### פירוט התכנים

שימוש במתארים מוגדרים מראש המייצגים "עץ" בכתיבת תכניות; התמודדות עם בעיות המתאימות לפתרון באמצעות עצים ופיתוח תכניות לפתרון תוך שימוש ב"קופסה שחורה" מוגדרת מראש המייצגת טיפוס נתונים מופשט "עץ"; מימוש פעולות ויחסים המוגדרים על "עץ": צומת, שורש, עלה, רמת צומת, גובה עץ; הצגת "רשימה" כמקרה פרטי של "עץ".

הערות: חשוב ללמד את השימוש לפני המימוש; יש לדון בהתאמת ייצוגים על ידי עצים לבעיות השונות.

## פרק 13: גרפים (4 שעות)

### מטרת הפרק

להעמיק את ההיכרות עם טיפוס הנתונים המופשט "גרף" והשימוש בו לייצוג ידע.

### פירוט התכנים

שימוש במתארים המוגדרים מראש המייצגים "גרף" בכתיבת תכניות; התמודדות עם בעיות המתאימות לפתרון באמצעות גרפים ופיתוח תכניות לפתרון תוך כדי שימוש ב"קופסה שחורה" מוגדרת מראש המייצגת טיפוס נתונים מופשט "גרף".

הערה: חשוב ללמד את השימוש לפני המימוש; לפתרון הבעיות השונות יש לדון בהתאמת ייצוגים על ידי עצים.

## פרק 14: תרגיל סיכום (8 שעות)

### מטרת הפרק

לאפשר לתלמידים לקבל תמונה כללית של יחידת הלימוד תוך כדי יישום כל מה שלמדו בתחום מסוים על פי בחירתם ומימוש כתכנית עובדת בפרולוג.

### פירוט התכנים

בחירת נושא ואיסוף ידע; פיתוח תכנית בפרולוג לפי שלבים: הגדרת מטרות, ייצוג הידע, בחירת מתארי בעיה, הצרנה בפרולוג, תכנות, הרצה ובדיקה (באמצעות שאילתות מייצגות); כתיבת דוח על העבודה.

משרד החינוך  
המינהל למדע וטכנולוגיה  
מגמת הנדסת תוכנה

הערות: רצוי להתחיל את תרגיל הסיכום בתחילת השליש האחרון של לימוד החומר במקביל להמשך הלימוד השוטף; כל תלמיד יבחר תחום ידע שעליו יכתוב את העבודה; לאחר בחירת תחום הידע יבצע התלמיד סקירת ספרות או סקירת שטח (בעזרת מומחה) לצורך לימוד המאפיינים של תחום הידע; על התכנית לכלול לפחות 6-10 חוקים משמעותיים; חייב להיעשות שימוש לפחות בשניים מתוך המרכיבים האלה: שלילה, רקורסיה, מארזים, רשימות.