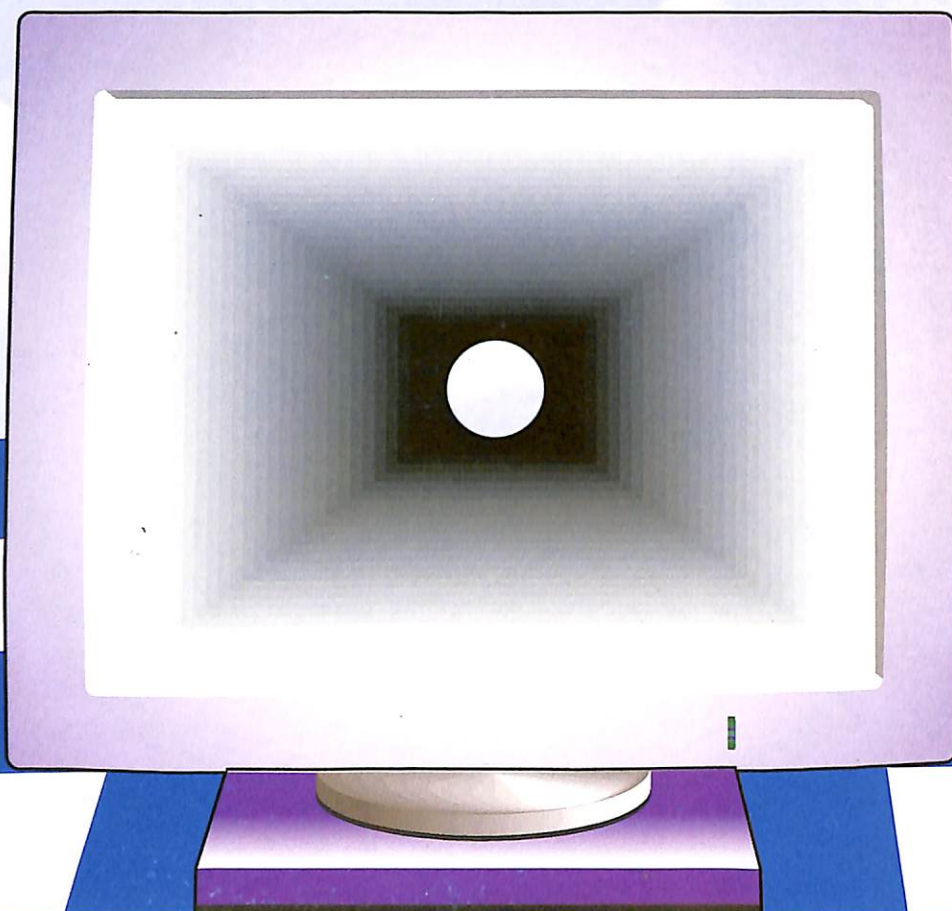


# אוגדן לפיתוח פרויקטים במדעי המחשב יישום במערכות מומחות

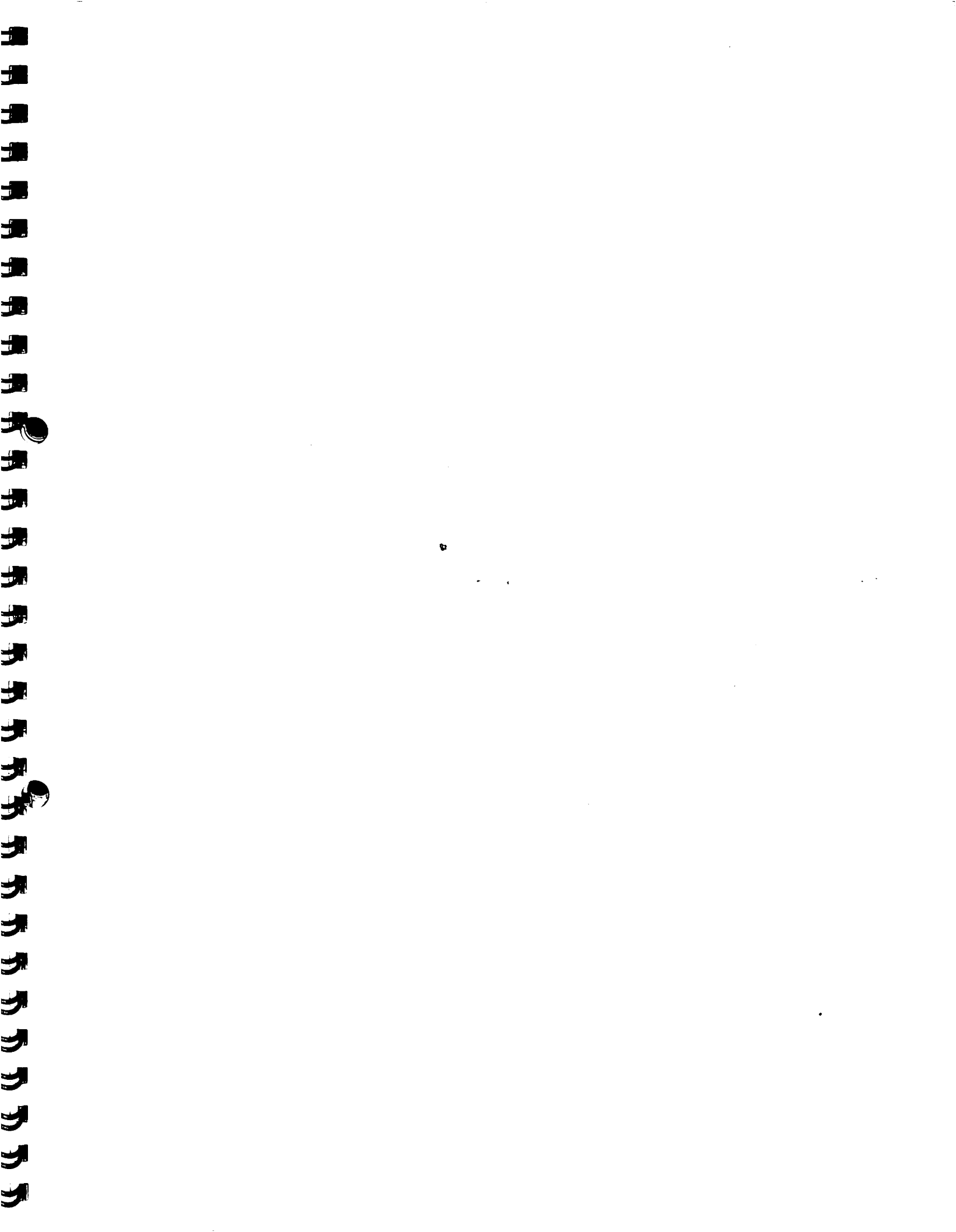


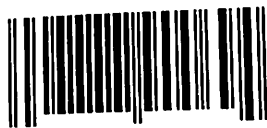
005.131

POL



המחלקה להוראת המדעים  
מכון ויצמן למדע, רחובות





00777900694

# אוגדן לפיתוח פרוייקטים במדעי המחשב "שום במערכות מומחות

מחברת: שרה פולק

"עוץ מדעי"; זהבה שרץ



ספריית הוראת המדעים



המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע



יוצא לאור במסגרת

המרכז הישראלי להוראת המדעים ע"ש עמוס דה-שליט  
מיסודם של

משרד החינוך, האוניברסיטה העברית בירושלים ומכון ויצמן למדע, רחובות

מס' מערכות STEM NO.

77779-1

005, 131  
POL

ייעוץ מדעי:  
ד"ר זהבה שרץ

הקלדה ועריכה במחשב:  
שרה פולק

עיצוב שער והפקה:  
אגי בוקשפן

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחוברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

©

כל הזכויות שמורות  
מכון ויצמן למדע ומשרד החינוך והתרבות

נדפס בישראל נובמבר 2000  
הודפס בישראל, בדפוס מאירי בע"מ

## פתח דבר - פיתוח ובניית מערכת מומחית:

פיתוח ובניית מערכת מומחית בנושא מסוים כולל בניית שני רכיבים עיקריים: מסד הידע ומעטפת של מערכת מומחית. תלמיד המפתח פרויקט במסגרת מדעי המחשב – תכנות לוגי בהיקף 1 יח"ל, בונה בעצם רק את מרכיב מסד הידע וכמעטפת הוא משתמש בסביבת העבודה של הפרולוג. לעומת זאת בפיתוח מערכת מומחית בנוסף למרכיב מסד ידע, המעטפת נבנית על ידי התלמיד בהתאם לנלמד בקורס "מבוא למערכות מומחות".

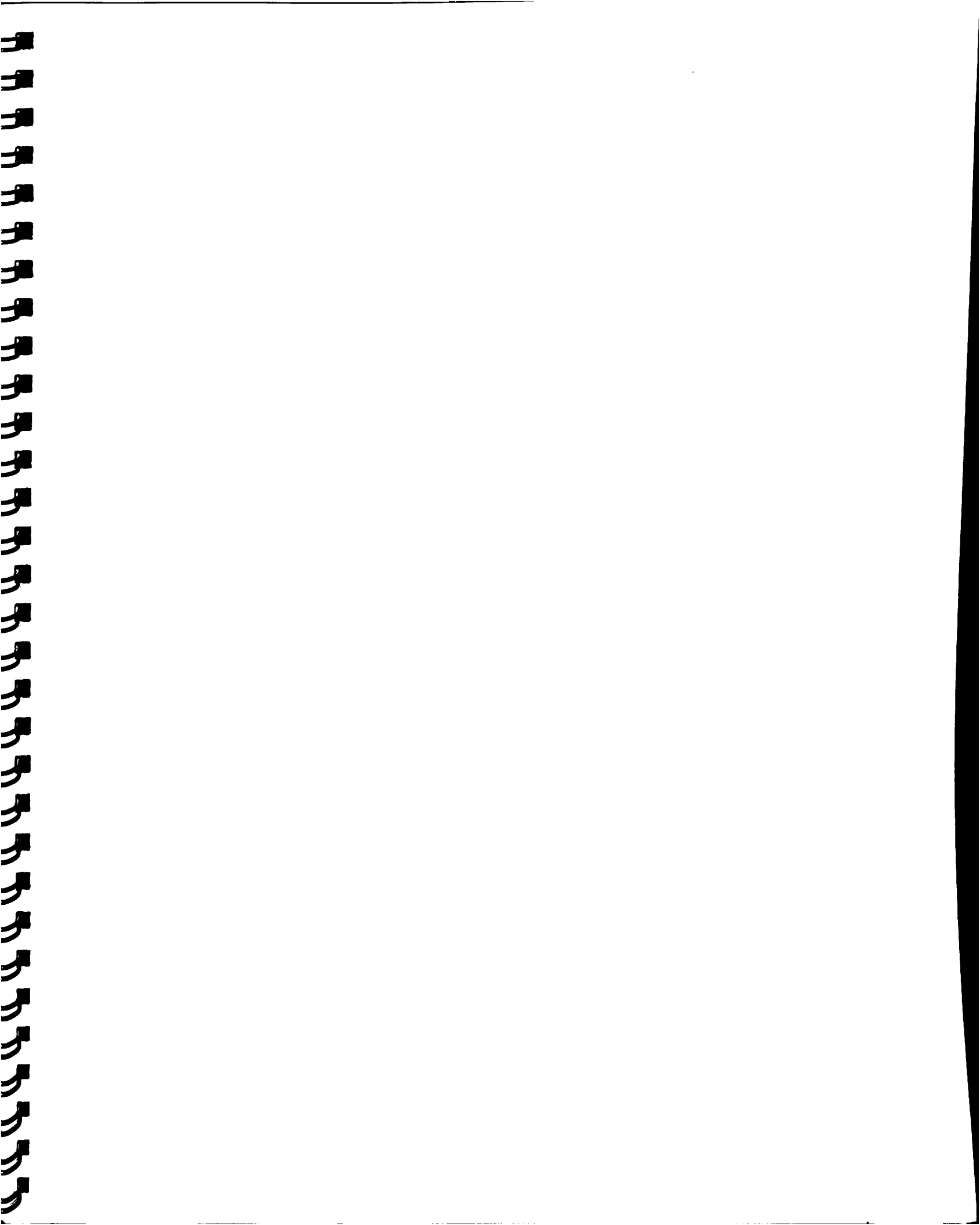
אוגדן זה מהווה הרחבה של ה"אוגדן לפיתוח פרויקטים במדעי המחשב - יישום בתכנות לוגי" (שיקרא האוגדן הבסיסי), לכן עליך לקרוא את האוגדן הבסיסי, ולהתייחס להרחבות וההערות המתאימות לפיתוח מערכת מומחית.

ב"אוגדן לפיתוח פרויקטים במדעי המחשב - יישום בבינה מלאכותית ומערכות מומחות" (שיקרא "האוגדן המורחב") יש שבעה פרקים:

- פרק מבוא - המכיל תיאור כללי של תהליך פיתוח ובניית מערכת מומחית
- פרקים 1 עד 5 - מתייחסים לבניית מסד ידע ומשלמים את האוגדן הבסיסי וכוללים הרחבות, הערות ושינויים המתאים לפיתוח מערכת מומחית. לגבי כל הרחבה או שינוי מצוין לאיזה פרק וסעיף הוא מתאים באוגדן הבסיסי. מאחר ותכנון מסד ידע שונה והותאם לדרישות מפיתוח מערכת מומחית, שונה פרק 3 והותאם לתכנון מסד ידע תוך שימוש בשיטות ייצוג ידע המתאימות למערכות מומחות. בסיום פרק ראשון, צורף נספח המכיל טבלאות ופעילויות שצורפו לפרק הראשון באוגדן הבסיסי שבהם יש שימוש גם באוגדן המורחב.
- פרק 4א' חדש - מתייחס לבניית המעטפת של מערכת מומחית וקישורה למסד הידע.

אופן השימוש באוגדן המורחב ושילובו עם האוגדן הבסיסי:

- באוגדן המורחב הרחבות שהתבססו על האוגדן הבסיסי ממוספרים על פי פרק ותת סעיף באוגדן הבסיסי. לדוגמה: הפסקה "1.1 מבוא" באוגדן המורחב מהווה הרחבה של הפסקה "1.1 מבוא" באוגדן הבסיסי.
- באפשרותך לשלב את הדפים מהאוגדן המורחב באוגדן הבסיסי בהתאם לנושאים המתוארים בו, או בסיום כל פרק באוגדן הבסיסי להוסיף את הדפים המתאימים מהאוגדן המורחב.



## תוכן עניינים:

7	מבוא – פיתוח מערכת מומחית.....
7	1. דרישות ממערכת מומחית .....
7	2. שלבי פיתוח של מערכת מומחית .....
9	3. התיק המלווה .....
11	פרק 1 : בחירת נושא והכנת הצעת עבודה - הרחבה.....
11	1.1 מבוא .....
11	1.2 חיפוש תחום ידע/נושא .....
11	1.3 סקירה ומיפוי ראשוניים של הנושא .....
13	1.4 הגדרת מטרות ושאלות עליהן המערכת תענה .....
13	1.5 כתיבת מסמך : הצעת עבודה .....
15	1.6 משוב .....
17	נספח א. ....
23	פרק 2 : לימוד תחום ידע – הרחבה .....
23	2.1 מבוא .....
23	2.2 לימוד וחקר הנושא באמצעות כלים לשאיבת ידע .....
25	2.3 כתיבת מסמך : תיאור תחום הידע .....
26	2.4 משוב .....
29	פרק 3 : תכנון מסד הידע .....
29	3.1 מבוא .....
29	3.2 בחירה שיטה לייצוג ידע .....
39	3.3 תיאור מתארי בעיה ספציפיים – עובדות .....
41	3.4 תיאור מתארי בעיה כלליים – חוקים .....
43	3.5 תכנון מערך בדיקות .....
44	3.6 כתיבת מסמך : תכנון מסד הידע .....
45	3.7 משוב .....



47	פרק 4 : מימוש וניסוי מסד הידע – הרחבה .....
47	4.1 מבוא .....
47	4.2 כתיבת מסמך נספחים .....
49	4.3 משוב .....
51	פרק 4א : בניית מעטפת .....
51	4.1 א' פיתוח מנגנון היסק .....
53	4.2 א' פיתוח מנגנון הסבר .....
54	4.3 א' פיתוח ממשק למשתמש .....
56	4.4 א' אינטגרציה וניסוי של המערכת .....
57	4.5 א' משוב .....
59	פרק 5 : סיכום והכנת תיק מלווה – הרחבה .....
59	5.1 סיכום .....
59	5.2 כתיבת מסמך : הרחבות, שיפורים לעתיד ורפלקציה .....
60	5.3 הכנת תיק מלווה .....
60	5.4 הגנה על הפרויקט והצגתו .....

## מבוא – פיתוח מערכת מומחית:

### 1. דרישות ממערכת מומחית

קרא סעיף 1. "מהו פרויקט במדעי המחשב?" בפרק במבוא (באוגדן הבסיסי). במסגרת ביצוע פרויקט זה, עליך לפתח ולהקים מערכת מומחית, המייצגת ומאחזרת ידע בתחום מסוים ומאפשרת להסביר את האופן בו התקבל הידע. מערכת מומחית צריכה לעמוד בדרישות הבאות:

- המערכת תשקף "מומחיות" בנושא מסוים. מערכת מומחית בהתאם להגדרתה היא מערכת ממוחשבת המייצגת ידע של מומחה אנושי בתחום מסוים. לכן מסד ידע בפרויקט לפיתוח מערכת מומחית הוא לעיתים קרובות מורכב וגדול, ודורש לימוד והעמקה בנושא מעבר לידע אישי. ראה הנחיות ופעולות מתאימות בשלבים 1, 2 – בחירת נושא ולימוד תחום הידע.
- המערכת תהיה אב טיפוס. מערכת שהיא אב טיפוס, היא מערכת "מוקטנת או חלקית" שממנה ניתן לראות את התנהגות המערכת האמיתית וניתן יהיה להרחיבה ולפתחה כמערכת שלמה בעתיד. לכן דרישה זו גוררת תכנון שיקולי יעילות בתכנון מסד הידע. ראה הנחיות בשלב 3 תכנון מסד הידע.
- המערכת תספק הסבר בשפה טבעית למהלך קבלת התשובה לשאלה. כדי לתת הסבר יש לפתח מנגנון היסק ומנגנון הסבר ולהתאימם למסד הידע. ראה הנחיות בשלב 4א' – פיתוח מעטפת.
- המערכת תהיה ידידותית למשתמש. יש לבנות ממשק קלט/פלט המציג את המידע בצורה נאה ומאפשר הכנסת נתונים בצורה נוחה למשתמש. ראה הנחיות בשלב 4א' – פיתוח מעטפת.

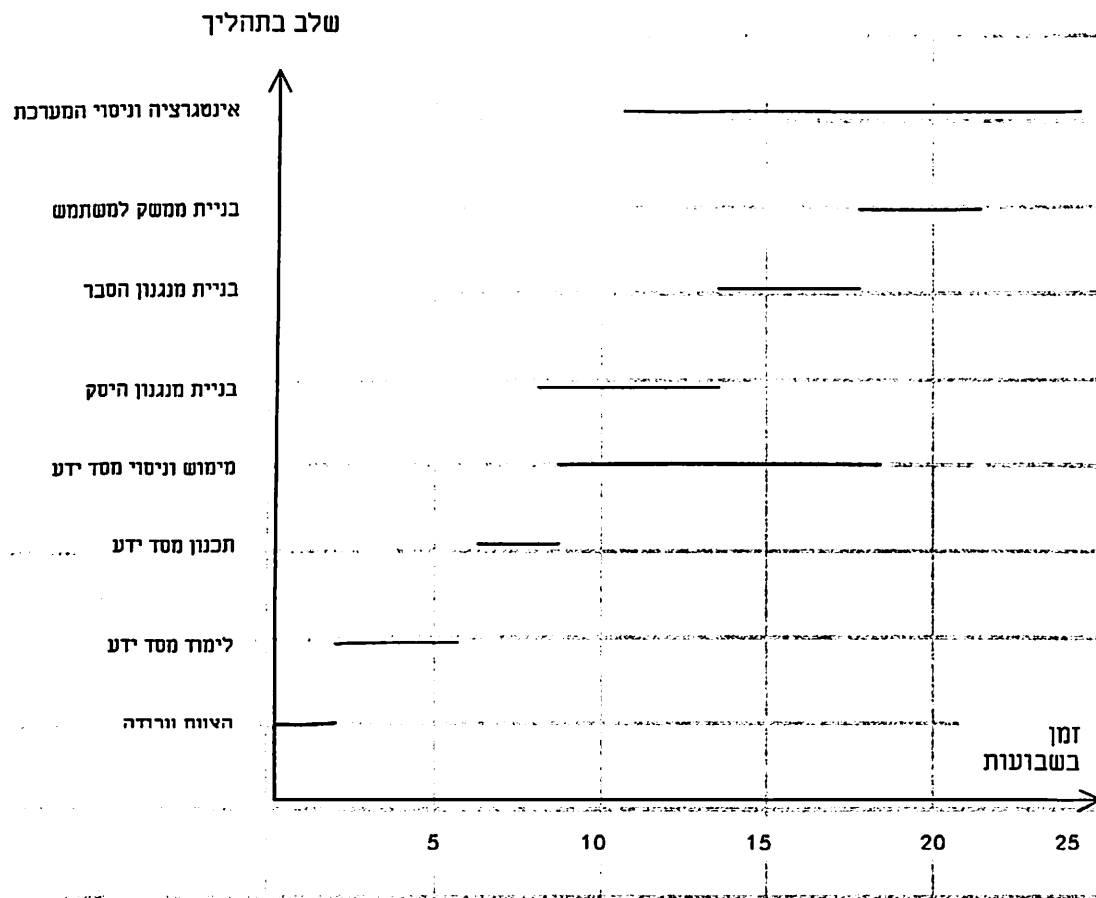
### 2. שלבי פיתוח של מערכת מומחית

פיתוח המערכת המומחית ניתן לחלק לשני חלקים עיקריים: בניית מסד הידע ובניית המעטפת של מערכת המומחית שיש לשלבם זה בזה. כדי לבצע פרויקט זה נחלק את תהליך הפיתוח לשלבים שבהם נבנה את מסד הידע והמעטפת. טבלה 1 מתארת שלבי פיתוח ולוח זמנים לביצוע הפרויקט מתחילתו ועד סופו.

טבלה 1. לוח זמנים מומלץ לביצוע כל שלב :

מס. שלב	שלב	זמן מומלץ (שבועות)
1	בחירת נושא והכנת הצעת עבודה	3
2	לימוד תחום ידע	4
3	תכנון מסד ידע	3
4	מימוש וניסוי מסד הידע	6
5	בניית מנגנון היסק	3
6	בניית מנגנון הסבר	3
7	בניית ממשק למשתמש	3
8	אינטגרציה של המערכת ובדיקתה	3
	סה"כ (כשישה חודשים)	28

כפי שניתן לראות מטבלה 1 שלבים 1 עד 4 מתייחסים לבניית מסד הידע והם דומים לשלבים המתוארים באוגדן הבסיסי. שלבים אלו מתוארים בפרקים 1 – 3 באוגדן המורחב. שלבים 5 עד 7 מתייחסים לבניית המעטפת. שלב 8 מהווה אינטגרציה של המערכת כולה. פרק 4' באוגדן המורחב מתייחס לביצוע שלבים 5 – 8. שלבי ביצוע הפרויקט אינם סדרתיים ניתן לשלב בין שלבים שונים ולבצעם במקביל. צורה אפשרית מתוארת באמצעות לוח גנט (איור 1).



איור 1. תרשים גנט – שלבי פיתוח מערכת מומחית

### 3. התיק המלווה

תוכנו של התיק מלווה, המהווה תיעוד של המערכת המומחית (כולל תיאור של מסד הידע והמעטפת), הוא:

1. הצעת עבודה
  - 1.1 שם הנושא
  - 1.2 שם מומחה אנושי
  - 1.3 קהל ידע
  - 1.4 מבוא
  - 1.5 מטרות
  - 1.6 שאלות עיקריות עליהן מערכת עונה
  - 1.7 לוח זמנים לביצוע

פירוט מתואר בסיום פרק 1 "בחירת נושא והכנת הצעת עבודה – הרחבה"

2. מבנה מערכת מומחית  
הסבר: פרק זה בתיק המלווה (1 - 2 דפים) מתאר את המרכיבים העיקריים של מערכת מומחית (ראה פרק 1 בספר "מבוא למערכות מומחות") וסכימה מלבנית המתארת קשרים בין מרכיבים אלו.

3. תיאור תחום ידע

3.1. שיטות לשאיבת ידע

3.2. סיכום תחום ידע

פירוט מתואר בפרק 2 "לימוד מסד ידע - הרחבה"

4. תכנון מסד ידע

4.1. בחירת שיטה לייצוג ידע

4.2. תיאור מתארי בעיה ספציפיים - עובדות

4.3. תיאור מתארי בעיה כלליים - חוקים

4.4. תיאור מערך בדיקות

פירוט מתואר בסיום פרק 3 "תכנון מסד ידע - הרחבה"

5. תיאור מנגנון היסק

פירוט מתואר בסעיף 4.1 א' "פיתוח מנגנון היסק"

6. תיאור מנגנון הסבר

פירוט מתואר בסעיף 4.2 א' "פיתוח מנגנון הסבר"

7. תיאור ממשק קלט/פלט

פירוט מתואר בסעיף 4.3 א' "פיתוח ממשק למשתמש"

8. סיכום - הרחבות ושיפורים אפשריים

פירוט מתואר בפרק 5 "סיכום והכנת תיק מלווה"

9. נספחים

9.1. הוראות הפעלה

9.2. דוגמאות קלטים/פלטים

9.3. תיאור תוכניות

9.4. ביבלוגרפיה

פירוט מתואר בפרק 5 "סיכום והכנת תיק מלווה"

# פרק 1: בחירת נושא והכנת הצעת עבודה - הרחבה

## 1.1 מבוא:

בחירת נושא למסד הידע של מערכת מומחית תתבצע באופן דומה למתואר באוגדן הבסיסי, תוך התייחסות להיבטים נוספים. היבטים אלו מתוארים בפרק זה ומתייחסים לסעיפים השונים באוגדן הבסיסי. קרא את הפרק הראשון באוגדן הבסיסי והתייחס להרחבות לסעיפים שונים המתוארים בפרק זה.

## 1.2 חיפוש תחום ידע/ נושא:

נושא המתאים למסד ידע של מערכת מומחית, צריך לאפיין מערכות מומחות מהסוגים הבאים: זיהוי, אבחון, ניבוי, הדרכה נבונה, תכנון, ייעוץ. בטרם תחליט על נושא עליך לבדוק האם הנושא בו אתה מתמקד משתייך לאחד מסוגים אלו. דוגמאות למסד ידע של מערכות מומחות:

- מערכות לזיהוי - מגדירי צמחים או בעלי חיים.
- מערכת לתכנון - מציאת מסלול נסיעה או בניית קבוצת כדורסל למשחק מסוים.
- מערכת אבחון - אבחון מחלה, אבחון תקלה הרכב.
- מערכת לניבוי - בחירת מניה בבורסה, חיזוי מזג אוויר.
- מערכת ייעוץ - התאמת מקצוע לאדם, קניית רכב.
- מערכת הדרכה נבונה – לומדות המאפשרות לתלמיד לקבל הסבר לחומר נלמד בהתאם לצרכיו האישיים על ידי בניית פרופיל של תלמיד. לומדה המאפשרת ללמד משתמש כיצד לשחק במשחק מסוים.
- משחקים – רוב המשחקים בד"כ אינם בעלי אופי של מערכת מומחית, אלא אם כן הם מתוחכמים ודורשים מערכת שיקולים נבונה (היוריסטית) כדוגמת שחמט.

## 1.3 סקירה ומיפוי ראשוניים של הנושא:

הרחבה: פעילות 2 – איתור מומחה לתחום ידע  
מלבד קריאה בספרות מקצועית מתאימה, רצוי מאוד לאתר מומחה לתחום הדעת בו מתמקד הנושא.

## מדוע אני צריך מומחה?

מערכת מומחית באה לחקות את תיפקודו של המומחה האנושי. לכן, על מנת לבנותה בצורה משכנעת ויעילה, יש לבצע פעולות של "תחקירנות מומחים" ו"שאיבת ידע". מקובל לעשות זאת בעזרת ספרות מקצועית וע"י ראיון עם מומחה. המומחה הוא בעל ידע ייחודי, שפעמים רבות לא ניתן לרכישה מספרות מקצועית בלבד, או שזמן רכישת אותו ידע מספרות מקצועית באופן עצמאי הוא ארוך מאוד. מניסיונו של המומחה ניתן לשאוב ידע בפתרון הבעיות, שיקולים, שיטות היוריסטיות. המומחה האנושי יכול להסביר מושגים שקשה להבינם מספרות מקצועית, או להפנות לספרות מקצועית מתאימה המכילה ידע הרלוונטי בצורה ברורה, ומתאימה לרמת התלמיד שאינו שולט בנושא. לכן מומלץ מאוד לאתר מומחה בנושא שנבחר שיסייע וייעץ בכל הקשור לתחום התוכן שמסד הידע מכיל.

## אי יכול להיות מומחה?

מומחה לתחום ידע, יכול להיות מורה לתחום הידע מבית הספר, איש אקדמיה, הורה או אדם אחר שזהו מקצועו ותחום התמחותו. לדוגמה:

למערכת מומחית המתאימה מקצוע לאדם – ניתן להיעזר ביועצת בית הספר או בעובד בחברות כוח אדם.

למערכת מומחית המסייעת לבחירת מניה בבורסה – ניתן להיעזר בעובד בנק העובד במחלקת השקעות או עובד בורסה או עובד בחברת השקעות שהוא כלכלן בהשכלתו.

למערכת מומחית לאבחון מחלות – ניתן להיעזר ברופא.

## הרחבה: פעילות 3 – האם נושא מתאים?

מסד הידע הנבנה עבור מערכת מומחית צריך להיות גדול ומשמעותי יותר מזה של פרויקט בתכנות לוגי (1 יח"ל). בהתאם יש לכלול במערכת יותר מושגים העיקריים, יותר קשרים אפשריים ביניהם, ולהעלות את מידת המורכבות של המושגים העיקריים והקשרים. מסד ידע במערכת מומחית מכיל חוקים או הגדרות שניתן להגדירם כחוקי מומחיות (כיצד מאבחנים תקלה ברכב) ולא רק חוקי ידע (אילו תקלות יש ברכב) המאפיינים פרויקט בתכנות לוגי.

התייחס לשאלון המופיע בפעילות 3 באוגדן הבסיסי "האם נושא מתאים?", התייחס גם לשאלות הבאות:

- האם הנושא הנבחר מתאים לאחד מהסוגים העיקריים של מערכות מומחות?
- האם דרושה מומחיות כדי לענות על השאלות? האם אני יכול להשיג קשר עם מומחה אנושי?
- מהו היקף הנושא מתאים: מה מספר המושגים ומידת מורכבותם יאפשר לכתוב מערכת מומחית? מה היקף "חוקי המומחיות" הדרושים לעומת "חוקי ידע"?
- האם אפשרית הרחבה של המעטפת הבסיסית?

- בדוק האם פיתוח מנגנון היסק שיטפל במתן הסבר לשלילה מתאים לנושא, לדוגמה במערכת ייעוץ לקניית מניות, מתאים להוסיף הסבר לשאלה: "מדוע לא מומלץ לקנות מניה מסוימת?". בדוק האם יהיה ניתן להרחיב ולהשתמש במנגנון חקר.

#### 1.4 הגדרת מטרות ושאלות עליהן המערכת תענה.

הגדרת מטרות המערכת והשאלות עליהן המערכת תענה מתייחסות להגדרת מסד הידע של המערכת המומחית בלבד (בעוד שמטרות מערכת המומחית מתארות בפרק המבוא והן די אחידות לכל המערכות). ניתן להגדיר בדרך כלל לפחות שני סוגים של מטרות עיקריות:

סוג I של מטרה עיקרית נגזר מסוג מערכת המומחית (חוקי מומחיות):  
דוגמאות:

- מטרת המערכת לתכנן מסלול טיול מותאם לדרישות הלקוח
- מטרת המערכת לתכנן נתיב נסיעה ממוצא ליעד מבוקש בצורה אופטימלית
- מטרת המערכת לאבחן תקלה ברכב
- מטרת המערכת לייעץ לתלמיד מהו המקצוע המתאים לו ביותר.

סוג II של מטרה מתייחס למידע האגור במסד הידע (חוקי מידע):  
מטרת המערכת לתת מידע בנושא ....

דוגמאות:

- מטרת המערכת לתת מידע על אתרי טיול
- מטרת המערכת לתת מידע על סוגי תקלות והגורמים לתקלות
- מטרת המערכת לתת מידע על מקצועות ואפיוניהם.

#### 1.5 כתיבת מסמך: הצעת עבודה

הצעת עבודה צריכה להגדיר את המערכת המומחית כלומר את מטרות מסד הידע. בסעיף זה יפורט מבנה פרק 1 בתיק המלווה. שים לב לשינויים בהצעת העבודה למערכת מומחית לעומת הצעת עבודה בפרויקט בתכנות לוגי.





## פרק 1. הצעת עבודה:

### 1.1. הנושא

### 1.2. שם מומחה אנושי

הסבר: יש לציין שם המומחה, תואר (אם יש), תחום התמחות או מקצוע

### 1.3. מבוא

הסבר: תאר במספר משפטים את הנושא, הבעיות או הסיבות שבגללן ברצונך לבנות מערכת מומחית לנושא זה ומה המערכת המומחית תעשה (נסח הצהרות כלליות או הרחב מטרות המערכת). מבוא יהיה בהיקף של כחצי עמוד.

### 1.4. מטרות


### 1.5. שאלות עליהן המערכת עונה

### 1.6. אילוצים ודרישות:

הסבר: אילוצים ודרישות ממערכת מומחית נובעים מהגדרת העבודה על ידי הלקוח או מתכנן ובונה המערכת. כגון:

- תיחום המערכת: אילו תת נושאים אין המערכת מטפלת. לדוגמה: המערכת תסייע לאבחן מחלה אך לא תנהל מעקב אחר חולה.
- שפת התכנות בה נשתמש לכתיבת המערכת.
- קביעת לוח זמנים לשלבים השונים בבניית המערכת ותאריך סיום של בניית המערכת.
- על המערכת לתת הסבר על הדרך בה התקבלה התשובה.
- המערכת צריכה להיות ידידותית למשתמש.

סיימת שלב ראשון, לפני שתעבור לשלב הבא, בדוק את עצמך כדי לדעת שאכן בצעת כהלכה שלב זה.

מה תבדוק? 

1. האם עשית את כל הפעולות המתוארות בשלב זה? כן / לא? הערות:

---

---

2. האם זיהת את המושגים והקשרים העיקריים בתחום הידע? כן / לא? הערות:

---

---

3. האם הגדרת המטרות והשאלות מתייחסות למושגים העיקריים שזיהת? כן / לא? הערות:

---

---

4. האם המטרות מנוסחות היטב (ואינן מנוסחות כשאלות)? האם יש מטרות המתייחסות למומחיות? כן / לא? הערות:

---

---

5. האם לכל מטרה יש לפחות שאלה אחת עליה המערכת תענה? כן / לא? הערות:

---

---

6. האם הנושא מתאר תחום מומחיות? כן / לא? הערות:

---

---

ד. האם המבוא כולל הסבר קצר המתאר את תחום הידע והסיבות בגללן החלטת לכתוב פרויקט בתחום זה כן / לא? הערות:

---

---

8. האם אתה "שלם" עם נושא עבודתך? כן / לא? הערות:

---

---

**הצרות נוספות:**

---

---

---

**כיצד נמשיך?**

1. מה הקשיים שאבחנת בהם בביצוע השלב הראשון?

---

---

2. כיצד אתה מתכנן לפתור אותם (מה האפשרויות לפתרון)?

---

---

3. הכן לעצמך תכנון של הידע הדרוש לך כדי לענות על מטרות והשאלות של המערכת וכיצד אתה מתכנן להשיג ידע זה.

---


---

**הצרות נוספות:**

---

---

---

פעילות 1 - לקראת פרויקט 

רשום את שמות תחומי דעת והנושאים הבאים בחשבון.

טבלה 1 - רשימת נושאים אפשריים:

תחום דעת	נושא



1. איתור מקורות מידע:

אתר מקורות מידע מספרות מקצועית: ספרי לימוד, עיתונים, מאמרים, ספריה (אינטרנט, מאגרי מידע), שיחה עם מומחה או ידע אישי וערוך רשימה ראשונית של מקורות מידע. היעזר בנספח ג בפרק 2 "לימוד תחום ידע" המתאר שיטות לאיתור מקורות מידע. לכל מקור מידע רשום: שמות המחברים, שנת פרסום, שם ספר/מאמר, שם הוצאה/כתב עת, מספר פרק / כרך, מספרי עמודים. אם זו כתובת באינטרנט ציין: שמות מחברים, שנת פרסום, שם מאמר, כתובת באינטרנט אם זה מומחה ציין: שם המומחה, תחום הדעת בו הוא מתמחה (או תפקיד)

טבלה 2 מקורות ידע לנושא \_\_\_\_\_

שמות מחברים	שנת פרסום	שם מאמר/ פרק	שם הספר/ כתב עת	הוצאה לאור	מיקום כרך/ פרק, עמודים

1. סקירה ראשונית של הנושא:

אתר את המושגים העיקריים הקשורים לנושא הנבחר והקשרים ביניהם. לשם כך העזר במקורות הידע שרשמת בטבלה 2 ועיין: בתוכן עניינים (ראשי פרקים ותת פרקים), מבוא, תקציר או סיכום (אם יש), באינדקס מצא מושגים עיקריים, העזר בשאלות המופיעות בסוף פרק (בספר לימוד למשל). סמן ורשום לעצמך את המושגים העיקריים שבהם תתמקד בביצוע פרויקט זה, קשרים בין המושגים המרכזיים וכל מידע חשוב הקשור למושגים אלו.

מושג עיקרי יכול להיות אובייקט, קטגוריה, רעיון מרכזי. תיאור של מושג יהיה על ידי הגדרות מילוליות ו/או בצורה גרפית, תיאור התכונות של המושג, תיאור הפעולות שניתן לבצע בעזרת מושג זה.

ניתן לתאר את המושגים והקשרים בצורה מילולית או בעזרת כלים החזותיים לתיאור ידע המתוארים בנספח ב לפרק 2.

2. רעיונות לפרויקט:

רשום לעצמך שאלות שצצות לך בראש, נושאים אחרים המתקשרים לנושא שאתה בודק שאותם תרצה לממש במערכת הממוחשבת שתבנה.



1. האם הנושא ברור ומעניין אותך?
2. האם אתה מעריך שהזמן הדרוש לך ללימוד תחום הידע הדרוש להבנת הנושא? הוא כשבוע?  
\* אם הנושא אינו ברור או שלדעתך לימודו מורכב, בחר נושא אחר.
3. האם אתה מכיר את הנושא (ידע אישי)?
4. האם איתרת חומר על הנושא או האם לדעתך תוכל למצוא חומר בקלות (ספרות, מאגרי מידע, מומחה, ...)?  
\* אם לדעתך לא יהיו לך מספיק מקורות ידע ואין לך מספיק ידע אישי בנושא, בחר נושא אחר.
5. האם זיהת בנושא לפחות כ- 3 מושגים עיקריים? האם קיימים קשרים בין המושגים?
6. האם הנושא מתאים לפרויקט בהיקף הנדרש: האם כל מושג בנושא מאפשר להגדיר מספר הגדרות או שאלות עיקריות? האם השימוש במושג מחייב שימוש בשרשרות היסק (שרשרת היסק בעומק של 2 - 3 לפחות).
7. האם הנושא מתאים ליישום בסביבת פרולוג כתוכנית לוגית? האם יש אפשרות לניסוח טענות לוגיות ושרשרות היסק? האם המושגים העיקריים קשורים זה לזה?  
\* אם איתרת מעט מושגים ולא ניתן לקשר ביניהם, או איתרת מושגים פשוטים שלא יאפשרו בנית שרשרות היסק, בחר נושא אחר.
8. האם השאלות או המושגים העיקריים שעליהם נרצה לקבל מידע מבוססים בעיקר על עובדות ונתונים קבועים?  
\* אם רוב השאלות מבוססות על עובדות ואין שרשרות היסק, חפש שאלות/ מושגים אחרים.
9. האם השאלות או המושגים העיקריים מורכבים מאוד ולדעתך מימוש בשפת תכנות של שאלות אלו יארך זמן רב או דורש ידע בתכנות לוגי שאין בידיך?  
\* אם השאלות מורכבות מדי ולא תוכל לרכוש ידע בתכנות לוגי כדי לענות על שאלות אלו, החלף שאלה זו בשאלה אחר.

10. נקודות למחשבה נוספות שניתן לבחון, פרט:

---

---

סיכום: הנושא שבחרתי מתאים / אינו מתאים

נמק: \_\_\_\_\_

---

---



לאחר ביצוע סקירה ראשונית של הנושא בצע סעיף א' או ב' באלגוריתם הבא:

א. אם זיהת את המטרות:

1. רשום כל מטרה על דף נפרד.
2. הוסף לכל מטרה שאלות המתארות כיצד ניתן להשיג את המטרה.

ב. אם לא זיהת את המטרות האפשריות:

1. רשום את כל השאלות שצצו בראשך במהלך הסקירה הראשונית של הנושא.
2. סווג את השאלות על פי תת-נושאים, ורשום על כל שאלות השייכות לתת נושא בדף נפרד.

3. מחק שאלות החוזרות על עצמן בנוסחים שונים. דוגמה - שאלות שחוזרות על עצמן:

מי אוכל את העכבר?

על ידי מי נאכל העכבר?

4. בדוק אם ניתן להכליל מספר שאלות לשאלה כללית אחת, אם כן צרף אותן ורשום שאלה כללית במקומן. דוגמה - שאלות כגון:

מהם כל אתרי הטיוולים בגליל העליון?

מהם כל אתרי הטיוולים בכרמל?

ניתן לאחד לשאלה אחת: מהם כל אתרי הטיוולים בחבל ארץ כלשהו?

5 רשום ליד כל שאלה: האם יש לך מספיק ידע / מקורות מידע כדי לענות עליה? מה חסר לך כדי לענות עליה?

\* חפש חומר מתאים כדי לענות על שאלה זו או מחק אותה מרשימת השאלות.



6. כמה מהשאלות הן מבוססות ידע (כלומר כדי לענות עליהן נדרש בניית שרשרת של היסק לוגי) וכמה מן השאלות מבוססות מידע (כלומר כדי לענות עליהם ניתן להשתמש בעובדות)?

7. הקפד שיהיו מספר נכבד של שאלות שדורשות ידע ושימוש בכללי היסק לוגיים (שיאפשרו לבנות חוקים משמעותיים ולא יהיו מבוססות על נתונים (עובדות) בלבד. אם רוב השאלות מבוססות על מידע (נתונים), חפש שאלות נוספות.  
דוגמה:

כדי לענות על השאלה "מי הוא יצרן מזון?" או "מי אוכל מי?" נשתמש בעובדות. אבל כדי לענות על השאלה: "מי שייך לשרשרת מזון מסוימת?" נצטרך להשתמש בשרשרת היסק לוגי להצגת חוקים.

8. בדוק האם לאחר ביצוע תהליך זה עד כה נשארו מספיק שאלות משמעותיות שעליהן המערכת תענה?

\* אם מספר השאלות המשמעותיות קטן מדי להיקף הדרוש לפרויקט, נסה למצוא שאלות נוספות או להרחיב את הנושא אותו בחרת.

9. לסיום, נסח מטרה לכל קבוצת שאלות המשתייכת לתת-נושא.

## פרק 2: לימוד תחום ידע - הרחבה

### 2.1 מבוא

לימוד תחום ידע יספק את כל המידע הדרוש לפיתוח מסד הידע. ברור שהיקף העבודה וגודל הנושא דורש שיטות עבודה מתוכננות ומגוונות. תהליך שאיבת ידע הוא ארוך יותר ודורש התעמקות בנושא גדול יותר בעל מושגים וקשרים רבים.

שלב סיכום מסד הידע דומה לשלב הסיכום כמתואר בסעיף 2.2 באוגדן בסיסי. קרא סעיף 2.3 "רכישת ידע" בספר "מבוא למערכות מומחות" ופרק 2 באוגדן הבסיסי והתייחס להרחבות לסעיפים השונים המופיעים בפרק זה.

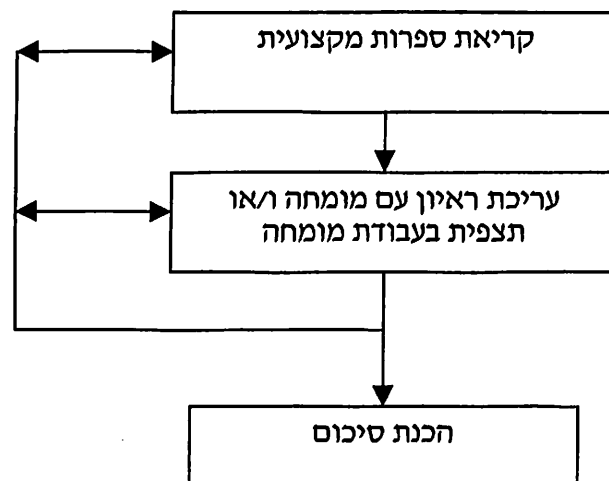
### 2.2 לימוד וחקר הנושא בעזרת כלים לשאיבת ידע.

לימוד תחום ידע מורכב כולל שימוש בשיטות לשאיבת ידע מגוונות. שיטות לשאיבת ידע שנוכל להשתמש בהן במסגרת הכנת פרויקט זה הן:

- קריאת ספרות מקצועית
- ראיון עם מומחה
- תצפית.

תהליך שאיבת ידע מתוכנן היטיב מתבצע על פי איור הבא:

איור 2. תכנון תהליך שאיבת ידע:



בעבודה לקראת כתיבת מסד ידע של מערכת מומחית אנו ממליצים כאמור לשלב קריאה ראשונית של ספרות מקצועית, חשיבה והכנה לביצוע ראיון או תצפית עם מומחה אנושי כדי להכיר את הנושא המושגים העיקריים בו וכדי לתכנן את מהלך הראיון ואו התצפית. לאחר ראיון יתכן ויהי צורך לחזור ולהעמיק בנושאים מסוימים בעזרת קריאת ספרות מקצועית ולעיתים אף לחזור על הראיון או התצפית. כמובן ככל שנקדיש יותר תשומת לב לתכנון של התהליך ותגדיר לעצמך מטרות ברורות של מה אתה רוצה לדעת וללמוד, תוכל לתכנן תהליך שאיבת ידע קצר, יעיל ומסודר יותר.

### 2.2.1 ראיון

המטרה העיקרית של הראיון היא ללמוד את דרכי העבודה, פתרון הבעיות והחשיבה של המומחה, הקשורות לתחום הידע הקשור לנושא הפרויקט.

#### כיצד מפצלים ראיון עם מומחה?

ראיון עם מומחה צריך להיות מתוכנן ויעיל, כך שבמספר מועט ככל האפשר של פגישות, ניתן יהיה להשיג את כל הידע הדרוש. בביצוע ראיון עם מומחה ישנם שלושה שלבים עיקריים:

- **הכנה הראיון:** בראש ובראשונה יש להכין את השאלות אותן רוצים לשאול את המומחה. השאלות תתייחסנה לניסיונו בפתרון בעיות, להיסקים לוגיים והכללים האוריסטיים שהמומחה מפעיל (ושאינם בספרות המקצועית), למושגים שלא הבנת מקריאת הספרות המקצועית. ניתן ללמוד המומחה על מקורות ידע נוספים שאפשר להיעזר בהם, לוודא מה לדעתו על נושאים שכדאי להכליל במסד הידע המיוצג בפרויקט (ולהימנע מנושאים מורכבים מאוד שדרוש זמן ארוך לביצועם).
- **עריכת הראיון:** קביעת פגישה עם המומחה, ביצוע הראיון על סמך השאלות שתכננת לשאול ורישום עיקרי או הקלטה של הדברים במהלך הראיון.
- **סיכום הראיון:** לאחר הראיון רצוי לחזור ולסכם את הדברים בצורה מסודרת. סיכום יגלה מה ברור ומובן ומה דורש עדיין לימוד. לגבי דברים שנשארו לא ברורים, ניתן לבקש הבהרות והסברים נוספים מהמומחה. כמו כן רצוי להראות למומחה את סיכום הראיון, ולבקש להעיר ולהגיב האם אכן הדברים הובנו כהלכה.

### 2.2.2 תצפית

תצפית מאפשרת להסתכל על מומחה בזמן עבודתו ולראות את דרכי פעולתו. בזמן תצפית ניתן לראות את תהליך פעולתו של המומחה. פעולה זו היא פחות שגרתית (בעוד שראיון עם מומחה הוא דבר הכרחי בתהליך שאיבת ידע) וביצועה בעייתי. מומלץ לבצע פעולה זו כאשר חשוב מאוד לראות כיצד תהליכים מתבצעים.

## כיצד מבצעים תצפית?

בביצוע תצפית ניתן לתכנן מראש במה צופים ומתי, אך קשה לצפות את ההתרחשויות עצמן ולכן קשה לתכנן תצפית בצורה מפורטת כפי שמתכננים ראיון. שלבי ביצוע תצפית:

- קבע עם המומחה מתי והיכן לבצע את התצפית ועל מה אתה צופה.
  - בזמן ביצוע התצפית רשום רשימות המכילות תיאור התצפית:
- תאריך, מקום, שעות, ותאור ההתרחשויות: לכל התרחשות תאר את הארועים שהתרחשו ואת הנפשות הפועלות.
- בסיום התצפית הכן סיכום בדומה לסיכום ראיון.

### 2.3 כתיבת מסמך: תיאור תחום ידע.

תיאור תחום הידע יופיע כפרק 3 בתיק המלווה:



פרק 3: תיאור תחום ידע

3.1 תיאור תהליך שאיבת ידע

הסבר: תאר באילו שיטות לשאיבת ידע השתמשת (ספרות מקצועית, מומחה, תצפית) ומהו

התהליך שבצעת בעזרת שיטות אלו. סיכום ראיון או תצפית יצורף לנספחים.

3.2 סיכום תחום ידע

3.3 הגדרת השאלות


3.4 נתונים בסיסיים

הסבר: סעיפים 3.2 – 3.4 יתבצעו בדומה למתואר באוגדן הבסיסי

בתיק מלווה בפרק נספחים יש לצרף כנספחים סיכומים של ראיונות ותצפיות אם נעשו.

## 2.4 משוב

סיימת שלב שני, לפני שתעבור לשלב הבא בדוק את עצמך כדי לדעת שאכן בצעת כהלכה שלב זה.

מה תבדוק? 

1. האם תיארתי בסיכום את המושגים העיקריים הקשורים למטרות המערכת ואת הקשרים ביניהם? כן / לא הערות:

---

---

2. האם הסיכום ברור? האם השתמשת בכלים חזותיים (כגון מפות מושגים, עצים היררכיים, גרפים, טבלאות ...) לתיאור תחום ידע או קטע ממנו. כן / לא, הערות:

---

---

3. האם תיארתי בקצרה כיצד עונים על השאלות שניסחת בפרק? כן / לא, הערות:

---

---

4. האם ידועים לך הנתונים הבסיסיים הדרושים כדי לענות על השאלות שניסחת בפרק? כן / לא, הערות:

---

---

5. האם יש מטרות או שאלות שהגדרת בשלב הראשון שלא מצאת עליהם מידע או הם מורכבים מאוד ולדעתך לא תוכל ליישם במערכת ממוחשבת? כן / לא, אם כן ציין מהן:

---

---

6. האם בעקבות שאלה 5 קיימים שינויים שברצונך לבצע בשאלות ובמטרות? אם כן חזור לשלב ראשון ותקן את הצעת העבודה. פרט את השינויים שהכנסת בהצעת העבודה:

---

---

7. בסיום פרק זה האם הנושא בו בחרת לעסוק ברור לך מספיק כדי לבנות מערכת ממוחשבת שתיישם ידע זה? כן / לא , הערות:

---

---

**הצרות נוספות:**

---

---

---

**כיצד תמשיך?**

1. מה הצעד הבא?

---

---

2. חשוב על "רעיונות" כיצד לתכנן את המערכת הממוחשבת.

---

---

3. חשוב על סוגי נתונים לייצוג ידע ודרכים כיצד לענות על שאלות שהמערכת אמורה לענות עליהן.

---

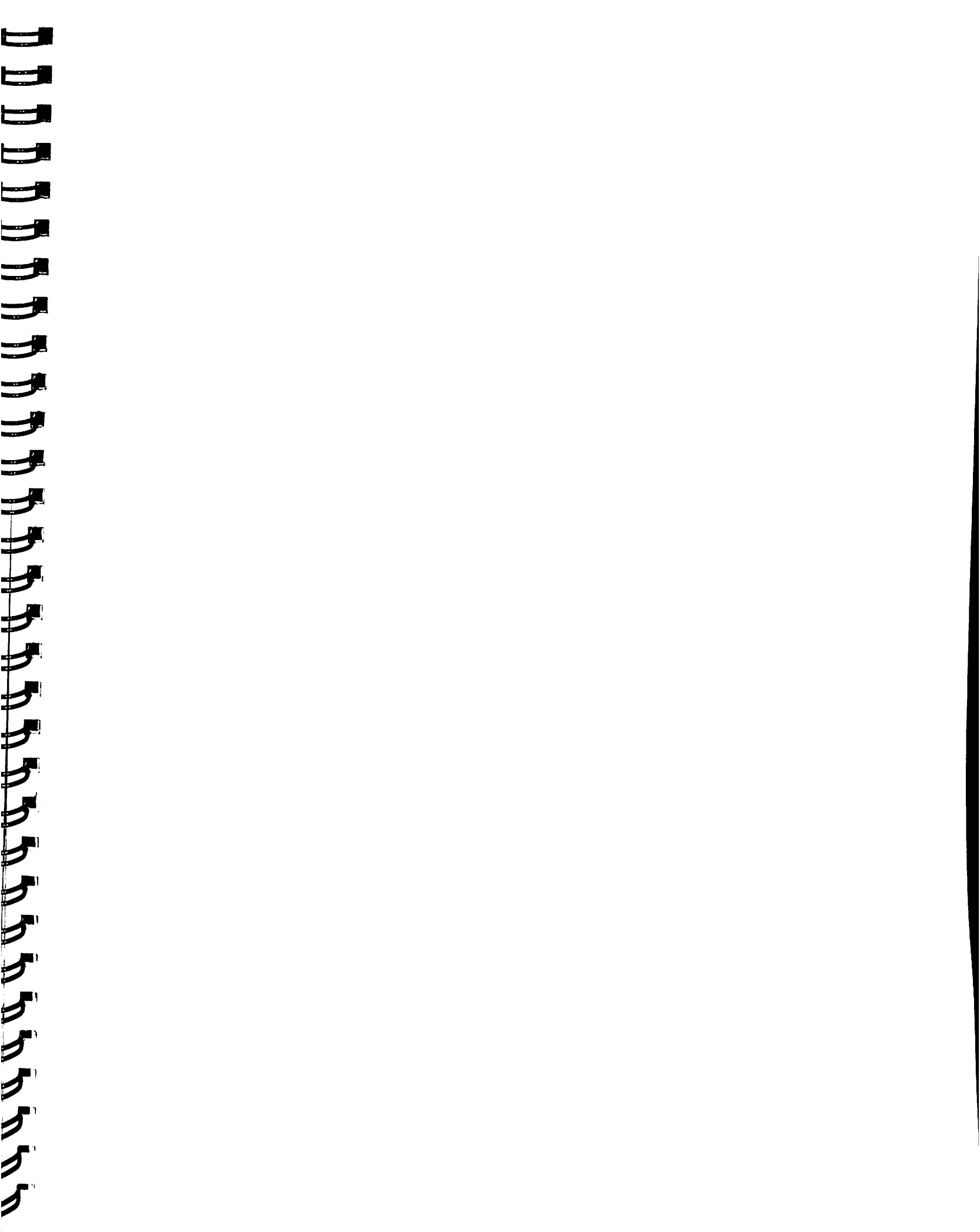
---

**הצרות נוספות:**

---

---

---



## פרק 3 : תכנון מסד הידע



- 3.1. מבוא
- 3.2. בחירת שיטה לייצוג ידע
- 3.3. תיאור מתארי בעיה ספציפיים - עובדות
- 3.4. תיאור מתארי בעיה כלליים - חוקים
- 3.5. תכנון מערך בדיקות
- 3.6. הכנת מסמך תכנון מסד ידע
- 3.7. משוב

### 3.1 מבוא

תכנון מסד ידע של מערכת מומחית, שונה מתכנון המתואר באוגדן הבסיסי, משום שמסד ידע במערכת מומחית הוא גדול ומורכב יותר (בכמות נתונים ובמידת המורכבות של הפעולות). בנוסף לכך בפיתוח מערכת מומחית יש להקפיד לפתח תוכניות יעילות למימוש מסד הידע. תוכנית לא יעילה בהקשר של מסדי ידע מורכבים יכולה לגרום לזמן תגובה ארוך לשאילתה או אפילו למחסור בזיכרון. אחת השיטות המתאימות לתכנון נכון היא בחירת שיטה מתאימה לייצוג ידע, הצרנת השיטה לייצוג ידע בעזרת מתארי בעיה ספציפיים (עובדות) ומתארי בעיה כלליים (חוקים), תכנון מערך בדיקות והכנת מסמך תכנון מסד הידע. בפרק זה נתאר את הפעולות שיש לבצע כדי לתכנן מסד ידע מתאים.

### 3.2 בחירת שיטה לייצוג ידע.

#### מהי שיטה לייצוג ידע?

בתכנות לוגי למדת על טיפוסים נתונים כגון עובדות פשוטות ומבנים מורכבים וערכת הכרות ראשונה על טיפוסים נתונים מופשטים (Abstract data type) כמו רשימה, קבוצה, תת קבוצה ועץ. במסגרת



הקורס מבוא לבנינה מלאכותית למדת בהרחבה שימוש בטיפוסי נתונים מופשטים לפתרון בעיות ובקורס מבוא למערכות מומחות הכרת מספר שיטות לייצוג ידע נוספות. נסכם את שיטות לייצוג ידע וטיפוסי התוהים מופשטים המוכרים לך בשלב זה:

## 1. טיפוסי נתונים מופשטים (Abstract data type)

1.1. רשימה

1.2. קבוצה, תת-קבוצה

1.3. טבלה

1.4. עץ (עץ כללי, עץ בינרי, עץ and/or, עץ החלטה).

1.5. גרף (גרף מכוון, גרף לא מכוון, גרף משוקלל, גרף המילטוני, גרף אוילארני).

## 2. שיטות לייצוג ידע המתאימות למערכות מומחות

2.1. בעיות של מצב במרחב

2.2. מסגרות

2.3. רשת סמנטית

2.4. חוקי ייצור

## מה בין שיטה לייצוג ידע לטיפוסי נתונים מופשטים?

טיפוסי נתונים מופשטים מגדירים מבנה נתונים ופעולות ויחסים המותרים על מבנה זה, הם לא תלויים בבעיה (מופשטים) ומוגדרים בדרך כלל במודולים נפרדים. בפתרון בעיה, מתכנת מזהה איזה סוג נתונים מופשט מתאים לפתרון בעייתו ומשתמש במודול המתאים.

שיטות לייצוג ידע הוגדרו בבנינה מלאכותית, כשיטות המייצגות נתונים וידע המתקבל מנתונים אלו בעזרת קשרים ויחסים בין הנתונים. לדוגמה, רשת סמנטית בה מוצגים קשרים בין אובייקטים ותכונות של אובייקטים. קשרים אלו יכולים להיות נתונים וידע המוסק מהם. במערכת מומחית מסד ידע מתאר תחום מסוים, צריך לכלול לא רק נתונים אלא גם, קשרים בין נתונים, כללי היסק, כללי חיפוש מתאימים לפתרון בעיה וכו'. כדי להצרין שיטות לייצוג ידע משתמשים לעיתים בטיפוסי נתונים מופשטים (לדוגמה: רשת סמנטית ממומשת בעזרת גרף, מצב בבעיות של מצב במרחב מוגדר בעזרת רשימה או קבוצה וכו').

באוגדן זה נתייחס לבחירת שיטת ייצוג ידע כשם כולל גם לבחירת טיפוסי נתונים מופשטים.

בחירת שיטה לייצוג ידע מתאימה לפתרון בעיה, משמעותה הפעלת שיקולים לוגיים והיוריסטיים, חיפוש תבניות מוכרות ודומות לידע שעליך להצרין, בחינת האפשרויות הקיימות ובחירת השיטה המתאימה ביותר.

## כיצד תחפש תפניות אוכרות ודואות?

בחן את הנתונים הבסיסיים והפעולות שניתחת בשלב השני (לימוד תחום הידע) ואפיין את הקשרים בין הנתונים הבסיסיים בעזרת טבלה 5 המתארת כללים להתאמת סוגי נתונים (באוגדן הבסיסי סעיף 3.2) וכללי אצבע להתאמת סוגי נתונים מופשטים המהווים הרחבה של טבלה 5:

### כללי אצבע להתאמת סוגי נתונים מופשטים:

1. רשימה: בין כל זוג נתונים ניתן להגדיר סדר, כלומר לכל נתון ניתן לקבוע מי לפניו ומי אחריו. נתון מסוים יכול להופיע מספר פעמים (נוכל להבדיל בין שני נתונים זהים על פי מיקומם).

דוגמאות:

- רשימת אותיות במילה
- מגדל קוביות
- תחנות במסלול אוטובוס
- לוח שידורים בטלוויזיה ביום מסוים.

2. קבוצה: אוסף של נתונים בעלי אפיון משותף. אין חשיבות לסדר בין הנתונים, ולכל נתון יש מופע יחיד בקבוצה.

דוגמאות:

- אוסף כל הפריטים בגדה מסוימת בבעיית הכבש, הכרוב והזאב - הם קבוצה.
- אוסף כל הציונים של תלמיד בתעודה (משום שכל מקצוע מופיע פעם אחת והסדר בין המקצועות לא חשוב).
- קבוצת הפריטים ברשימת קניות למכולת.
- קבוצת החלקים המרכיבים מחשב
- קבוצת כל אתרי התיירות בעיר מסוימת

3. רב קבוצה: אוסף של נתונים בעלי אפיון משותף. אין חשיבות לסדר בין הנתונים, ונתון יכול להופיע מספר פעמים ברב קבוצה.

דוגמא:

רשימה (לא ממוינת) של שמות תלמידים בכיתה (יתכנו מספר תלמידים עם אותו שם).

4. עץ: אוסף נתונים שניתן לייצוג בצורה היררכית המאפשרת חלוקה של קבוצה לתת קבוצות, וחלוקת כל תת קבוצה לתת-תת קבוצות, וכו'. במילים אחרות לכל זוג נתונים ניתן להגדיר קשר של 'אב-בן' ולכל בן יש אב אחד בלבד. הנתונים מוגדרים כצמתים והקשר 'אב-בן' מוגדר בעזרת קשתות. נבחין בין:

♦ עץ כללי: לכל אב יתכנו מספר בנים.

#### דוגמאות:

- מיון בביולוגיה: למשל תיאור מחלקת היונקים.
- ספרים בספריה המחולקים לפי נושאים, תת נושאים וכו'.
- מבנה ארגוני במפעל.

◆ **עץ בינרי:** לכל צומת יתכנו לכל היותר שני בנים ושביניהם יש סדר (בן ימני ובן שמאלי)

#### דוגמאות:

- עץ משפחה (לכל ילד יש זוג הורים).
  - תיאור ביטוי חשבוני או זהות טריגונומטרית.
- **עץ החלטה:** מאפשר תיאור על עצמים בעזרת תכונות וערכים או תיאור של מערכת שיקולים לקבלת החלטה התלויה במספר גורמים ומספר אפשרויות לכל גורם. כלומר את הנתונים ניתן לחלק לעצמים (צמתים שהם עלים) תכונות(צמתים פנימיים) וערכים (מופיעים על קשתות).

#### דוגמאות:

- אבחון מחלות
- זיהוי מצולע
- בחירת סוג ביטוח לפי תכונות הלקוח

◆ **עץ andlor:** מתאר פתרון בעיה ע"י חלוקתה לתת משימות, וכל תת משימה ניתן לחלוקה למספר תת משימות וכך הלאה. יתכנו מספר צירופים שמובילים לפתרון. קשר בין נתונים שניתן לזהות הוא קשר של 'אב-בנים'. כאשר את הבנים של אב ניתן לחלק לקבוצות.

#### דוגמאות:

- תכנון משימה של מטוס, המורכבת ממספר תת משימות שיש לבצע כדי להשיג את המשימה העיקרית. כל תת משימה ניתן לבצע במספר אפשרויות.
- תיאור רשומה של עובד במפעל המכילה נתונים רבים שניתן לסווגם לתת רשומות.
- תיאור מסלולים לימודים לתואר באוניברסיטה (תיאור של הקורסים על פי סדר הלימוד, כאשר לקורס יתכנו מספר צרופים של קורסי קדם).

4. **גרף:** אוסף של עצמים/נתונים כאשר בין שני עצמים/נתונים ניתן להגדיר קשר של סמיכות או כל סוג קשר אחר המאפיין אותם. עצמים אלו יכוננו צמתים והקשרים ביניהם קשתות. בגרף יתכנו צמתים שאין להם אף קשת לשום צומת אחרת (צומת מבודד).

ניתן להבחין בין: גרף מכוון, גרף לא מכוון, גרף החלטה, גרף andlor, גרף אוילראני וגרף המילטוני.

#### דוגמאות:

- תיאור מפת כבישים עירונית ע"י גרף מכוון או מפת כבישים בין עירונית ע"י גרף בלתי מכוון. הקשר בין זוגות נתונים הם כביש אם קיים או לא. הנתונים הם הערים.

- תיאור מסלול חלוקה של מזון או איסוף עובדים (גרף בעל מסלול המילטון).
- שימוש ברשת פרט לתכנון עבודה במפעל (גרף מכוון) . הנתונים הם פעולות לביצוע והקשר בין הנתונים הוא סדר הפעולות.
- תיאור רכיבים במעגל חשמלי (הקשר זוג נתונים הוא החיבור בין שני רכיבים).

**5. בעיות של מצב במרחב:** משמש לפתרון בעיה שנתוניה מאפיינים מצבים ופעולות. מצב מתואר על ידי קבוצת נתונים המאפיינת את הבעיה ברגע מסוים. פתרון הבעיה כרוך במעבר ממצב למצב עד למצב שמוגדר כמצב פתרון. כדי לעבור ממצב למצב אחר (שינוי ערכי הנתונים המתארים מצב) יש לבצע פעולה מתוך קבוצת פעולות נתונה. מודל זה מגדיר גרף דינמי מכוון שבו הקשתות אינן עובדות (כמו בגרף) אלא נבנות במהלך הפתרון כתלות בפעולות שנבחרו. דוגמאות:

- תכנון משחקים כמו שחמט, דמקה וכו'
- סימולציה לפתרון בעיות כמו בעיית כרוב, הזאב והכבש
- תכנון מהלכים במשחק כמו כדורגל או כדורסל (בהינתן מצב במשחק איזה מהלך כדאי לבצע כדי להשיג מטרה מסוימת). מצב מתאר את השחקנים, מיקומם ותפקידם במשחק, והמהלך המתבצע נבחר מאוסף פעולות שניתן לבצע במשחק (בכדורסל לדוגמה: זריקה לסל, העברה משחקן לשחקן, חסימה וכו'). הפעולה שנחרה מעבירה את המשחק ממצב נוכחי למצב משחק חדש.

**6. מסגרות:** תיאור של עצמים שיש ביניהם היררכיה (קשר 'סוג שלי'), הכוללים נתונים רבים. שימוש במסגרות מאפשר להציג מינימום נתונים ולהורישם ממסגרת למסגרת. כמו כן ניתן לחלק את הנתונים על פי נושאים (שימוש בקשר 'חלק שלי'). המסגרות יכולות להיות מאורגנות כעץ או כגרף. דוגמאות:

- תיאור של היררכיה בביולוגיה למשל מחלקת היונקים.
- תיאור מכונה המורכבת מחלקים שונים
- תיאור משפחות של יסודות בכימיה ותכונותיהן.
- תיאור עץ מוצר

**7. רשת סמנטית:** בדומה למסגרות ניתן לייצג עצמים ותכונות של העצמים. תתכן היררכיה בין העצמים (ואז ייצוג זה שקול לייצוג בעזרת מסגרות) אך אין חובה שתהיה היררכיה. הערה: ניתן לראות בטיפוס נתונים גרף מקרה פרטי של רשת סמנטית. בגרף כל הקשתות מאפיינות אותו סוג קשר. ברשת סמנטית קשתות יכולות לאפיין קשרים מסוגים שונים. דוגמאות:

- תיאור יונקים ותכונותיהם
- תיאור אתרים באינטרנט והקשרים בין אתרים שונים

8. חוקי ייצור: חוקי ייצור בדומה לחוקי if-then מאפשרים הגדרה של מסד ידע הכולל תלות של חוקים לוגיים בין הנתונים.

דוגמאות:

- משפחה תנכית
- חיזוי מזג אוויר

פעילות 5. כיצד תבחר שיטה לייצוג ידע?



בחירת שיטה לייצוג ידע תתבצע בשני שלבים עיקריים:

1. העלאת רעיונות לפתרון - אפיין את נתונים הבסיסיים בחן את סוג הקשרים בין הנתונים הבסיסיים (העזר בטבלה 5 ובכללי אצבע להתאמת טיפוסים נתונים מופשטים). לדוגמה: האם הקשרים מצביעים על סדר (רשימה?) או היררכיה (עץ?). הגדר באילו פעולות ויחסים המוגדרים בשיטת ייצוג ידע תשתמש כדי לענות על השאלות בהגדרת בהצעת העבודה.

2. בחן את הרעיונות שתארת בשלב הקודם בעזרת קריטריונים ובחר את השיטה המתאימה ביותר לדעתך. כדי לבחון ולהחליט מהו שיטת ייצוג ידע המתאימה ביותר למסד ידע שלך, היעזר בקריטריונים הבאים:

- יעילות - האם שיטת ייצוג ידע מאפשרת ייצוג מינימלי של נתונים, האם מימוש הפעולות מאפשר עיבוד יעיל של הנתונים (כלומר זמן קצר וכמות סבירה של זיכרון).
- כלליות - האם ניתן לייצג בשיטה זו את כל הנתונים? האם השתמשנו רק בנתונים הכרחיים כדי לענות על השאלות (מינימום מידע)?
- שימוש חוזר reuse - האם ניתן להשתמש במודולים מוכנים שלמדת או בתוכניות דומות לפתרון הבעיה הנוכחית.
- אפשרות להרחבה - האם קל יהיה להוסיף שאלות נוספות בתחום הידע?

השתמש בטבלה 6 (המהווה הרחבה של טבלה 6 הנתונה באוגדן הבסיסי) לתיאור הרעיונות והשיקולים לבחירת שיטה לייצוג ידע המתאימה ביותר.

טבלה 6: בחירת שיטה לייצוג ידע

שיטה ב	שיטה א	קריטריון לבדיקה
		שם שיטה לייצוג ידע
		נימוקים לבחירה (על סמך אפיון נתונים בסיסיים)
		פעולות ויחסים לביצוע השאלות העיקריות:
		מידת ההתאמה של הפעולות בשיטה לייצוג לבצוע השאלות שהוגדרו בהצעת העבודה
		יעילות
		כלליות
		שימוש במודולים מוכנים - reuse
		אפשרות להרחבה בעתיד

מסקנות: השיטה המתאימה ביותר היא: \_\_\_\_\_

סיבות: \_\_\_\_\_

דוגמאות לבחירת שיטה לייצוג ידע:

דוגמה 1:

מסד הידע שמתאר את מחלקת הציפורים ומטרתו לתת מידע על ציפורים ולסייע בזיהוי ציפור. השאלות העיקריות הן:

- תיאור תכונות של ציפור
- זיהוי ציפור על סמך תכונותיה
- תיאור כל הציפורים המשתייכים לסדרה מסוימת.

בחינת השיטה לייצוג ידע:

שיטה א	קריטריון לבדיקה
<p>השיטה הנבחרת לייצוג ידע היא: מסגרות. כל מסגרת מתארת ציפור במחלקת הציפורים ואת תכונותיה הייחודיות. בין הציפורים יש קשר של יסוג שלי הנובע מהיררכיה. כל ציפור משתייכת לקבוצה אחת, לכן המסגרות מאורגנות בעץ.</p>	<p>שם שיטה לייצוג ידע</p>
<p>השיטה לייצוג ידע מתאימה היא מסגרות משום שקיימת היררכיה במחלקת הציפורים ולכל ציפור יש כמות גדולה של נתונים. שימוש במסגרות מאפשר לייצג היררכיה זו ולהצרין מינימום נתונים כדי לתאר כל ציפור ע"י שימוש בהורשה.</p>	<p>נימוקים לבחירה (על סמך אפיון נתונים בסיסיים)</p>
<p>1. תיאור של תכונות ציפור – שימוש בפעולה מסלול מציפור מבוקשת אל השורש וצבירת כל התכונות של הציפורים במסלול (תוך ניפוי תכונות אם יש צורך).</p> <p>2. זיהוי ציפור – שימוש בפעולה חיפוש לעומק החל משורש העץ עד למסגרת ברמה הגבוהה אותה ניתן לזהות בוודאות (על ידי אימות כל התכונות שלה). כלומר אם ציפור מסוימת זוהתה בוודאות, החיפוש יסתיים בעלה, אחרת הזיהוי יחזיר את משפחה או סדרה האחרונה (צומת פנימית) שזוהתה בוודאות.</p> <p>3. תיאור כל הציפורים המשתייכים לסדרה מסוימת – שימוש בפעולה חיפוש לרוחב בתת עץ ששורשו הוא הציפור המבוקשת.</p>	<p>פעולות ויחסים לביצוע השאלות העיקריות:</p>

יעילות	יש ייצוג מינימלי לנתונים (לכל מסגרת תכונות ייחודיות שאינן חוזרות על עצמן בתת עץ של אותה מסגרת). ניתן לחלק את המסגרות לקבצים שונים (וכך להקטין את כמות הנתונים בזכרון). הפעולות בהם נשתמש בשיטת ייצוג ידע זו מאפשר מימוש יעיל (זמן קצר יחסית לעיבוד שאילתה).
כלליות	שיטת ייצוג ידע זו מאפשרת להציג בכלליות ציפורים תכונות וערכים, כך שיישום בתוכנית מאפשר כתיבת חוקים כלליים המתייחסים למתוארים: _תכונה, _ערך_תכונה, _שם_ציפור.
שימוש מוכנים	קיימים אלגוריתמים מוכנים בספר הלימוד לתיאור תכונות ציפור ומציאת כל הציפורים המשתייכים לסדרה מסוימת שאפשר בקלות להסב אותם ולהשתמש בהם במסד ידע זה.
אפשרות בעתיד	ניתן בקלות להוסיף מסגרות וקישורן על ידי הקשר 'סוג שלי' למבנה הקיים.

דוגמה 2:

מסד הידע שמטרתו לסייע בתכנון מסלול נסיעה בין עירוני.

השאלות העיקריות הן:

- מציאת מסלול אפשרי בין צומת מוצא לצומת יעד
- מציאת המסלול הקצר ביותר בין צומת מוצא לצומת יעד נתונה
- מציאת מסלול העובר בין קבוצת צמתים נתונה

בחינת השיטה לייצוג ידע:

קריטריון לבדיקה	שיטה א
שם שיטה לייצוג ידע	השיטה הנבחרת לייצוג ידע היא: גרף לא מכוון משוקלל. קבוצת צמתי הגרף הם הערים והקשתות מציינות את הכבישים הישירים בין כל שתי ערים. על קשת נציין את המרחק בק"מ בין עיר לעיר.



<p>נימוקים לבחירה (על סמך אפיון נתונים בסיסיים)</p>	<p>השיטה לייצוג ידע מתאימה היא גרף לא מכוון משום שיש קשר של סמיכות בין כל שתי ערים שיש ביניהן כביש. קשר זה חשוב לזיהוי משום שהוא מהווה בסיס לתכנון מסלולי נסיעה. (הערה: בין שתי ערים ניתן להגדיר קשרים אחרים למשל ערים תאומות, ערי תיירות וכו', אבל קשרים אלו לא רלוונטיים למטרה שלשמה מוקם מסד ידע זה).</p>
<p>פעולות ויחסים לביצוע השאלות העיקריות:</p>	<p>1. מציאת מסלול נסיעה אפשרי מעיר מוצא ליעד - שימוש בפעולה מסלול.  2. מציאת המסלול הקצר ביותר בין עיר מוצא לעיר יעד - שימוש בשיטת חיפוש היוריסטית best first. יש להשתמש בשיטת חיפוש היוריסטית משום שכמות המסלולים גדולה מאוד ומציאת המסלול הקצר ביותר מבין כל המסלולים הקיימים יגרום לפיצוץ קומבינטורי. כדי להשתמש בשיטת חיפוש היוריסטית זו יש לבנות פונקציית הערכה. פונקציית הערכה תתייחס למרחק אווירי בין צומת לצומת (שניתן לחישוב על ידי קורדינטות) בהנחה שתוואי הכביש שואף להיות הקצר ביותר. מאחר ותנאי השטח לעיתים לא מאפשרים זאת יתכן שיש להכפיל את המרחק האווירי במקדם מתקן.  3. מציאת מסלול נסיעה העובר דרך מספר ערים - שימוש בפעולה מציאת מסלול המילטוני שעוברת דרך תת קבוצה של הצמתים (דומה לבעיית הסוכן הנוסע).</p>
<p>יעילות</p>	<p>יש ייצוג מינימלי לנתונים כל עיר וכביש מוצרן פעם אחת. שימוש בשיטת חיפוש היוריסטית שניתנת ליישום בגרף המתואר מאפשרת לבצע את שאלה 2 ביעילות מרבית.</p>
<p>כלליות</p>	<p>שיטת ייצוג ידע זו מאפשרת להציג כל מפת ערים קיימת. כלומר ניתן להחליף קובץ עובדות המתארות מפות מסוימות בקובץ אחר ושלקבל תשובות לאותן השאלות ללא שינוי החוקים.</p>
<p>שימוש מוכנים במודולים</p>	<p>כל הפעולות הללו: מסלול בין עיר לעיר, שיטת חיפוש היוריסטית best first, מסלול המילטון קיימות בספר הלימוד וכדי להשתמש בהם לעדכן אותן במידת הצורך.</p>
<p>אפשרות בעתיד להרחבה</p>	<p>ניתן בקלות להוסיף ערים וכבישים נוספות. אם יהיה צורך, ניתן יהיה לבצע פעולות חדשות על מפת הכבישים שטיפוס נתונים מופשט גרף מאפשר.</p>

לאחר בחירת השיטה לייצוג ידע (יתכנו מספר שיטות לייצוג ידע להצגת מסד ידע אחד כשכל שיטה מאפיינת בצורה אחרת את הנתונים), עלינו להצרין את השיטה הנבחרת כתוכנית בשפת מחשב. פעולות 3.3 (הצגת הנתונים כעובדות) ו-3.4 (הצגת הפעולות כחוקים) ממירות את שיטת ייצוג ידע לשפת פרולוג.

### 3.3 תיאור מתארי בעיה ספציפיים - עובדות

בסעיף זה נתאר כיצד להצרין את הנתונים הבסיסיים על פי שיטת ייצוג ידע שנבחרה. כל שפת תכנות מאפשרת מספר טיפוסים נתונים בסיסיים המובנים בשפה. לדוגמה בפסקל: שלמים, ממשיים, תווים, בוליאני, רשומות ומערכים. בפרולוג טיפוסים נתונים בסיסיים מובנים בשפה הם: עובדות פשוטות, מבנים מורכבים - מארזים, רשימה built in. כמו כן ניתן להוסיף טיפוסים נתונים מופשטים לטיפוסים נתונים בסיסיים כמו: קבוצה, עץ, גרף וכו' הניתנים למימוש בעזרת טיפוסים נתונים בסיסיים.

דוגמאות:

א. בתוכנית "תזונת בעלי חיים" (המתוארת באוגדן הבסיסי) בחרנו לייצג נתונים בעזרת טיפוס נתונים מופשט קבוצה. נוכל לממש קבוצה זו בשתי דרכים: בעזרת רשימה בפרולוג:

$\% \text{אוכל}(X, \text{רשימת_פריטים\_שהוא\_אוכל})$ .

או בעזרת עובדות פשוטות:

$\% \text{אוכל}( \text{מי}, \text{את\_מי} )$ .

ב. תיאור של ילדי המשפחה לפי גיל ניתן לייצג:

בעזרת רשימה בפרולוג:

$\% \text{ילדי\_המשפחה}(\text{[חנן, דנה, יפה, מעיין]})$ .

או בעזרת עובדות פשוטות המייצגות את הקשר עוקב:  $\% \text{נולד\_אחרי}(\text{ילד}, \text{נולד\_אחרי})$ .

נולד\_אחרי(דנה, חנן).

נולד\_אחרי(יפה, דנה).

נולד\_אחרי(מעיין, יפה).

פעילות 6 - בחירת מתארי בעיה ספציפיים:



על פי שיטת ייצוג ידע שבחרת החלט כיצד לייצג את היחסים הבסיסיים כעובדות.

לכל סוג עובדות תאר:

• תיאור כללי - %מתאר(מתוארו, מתואר 2, ...).

הקפד לבחור בשמות מתארים ומתוארים משמעותיים

• תיאור מפורט של מתוארים -

• אם המתואר הוא רשימה יש לפרט את סוג האיברים שהיא מכילה

• אם המתואר הוא מארז יש לפרט את השדות במארז

• אם למתואר יש ערכים קבועים יש לפרט את הערכים האפשריים.

• לכל סוג עובדה תן שתיים - שלוש דוגמאות מייצגות

דוגמאות:

דוגמה 1: מסד הידע מתאר את מחלקת הציפורים - שיטת ייצוג ידע שנבחרה היא מסגרות.

ייצוג מסגרת על ידי עובדות פשוטות מהמבנה:

%ערך\_תכונה(שם\_מסגרת, תכונה, ערך\_תכונה).

תכונה יכולה להיות אחת משלוש האפשרויות הבאות:

א. תכונה המאפיינת ציפור כמו: צבע כנף, גודל מקור, צורת מקור וכו'.

ערך\_תכונה יהיה ערך יחיד מתוך רשימת ערכים אפשרית לכל תכונה.

ב. ייצוג של שם מסגרת:

%ערך\_תכונה(שם\_מסגרת, מסגרת, שם\_מסגרת).

ג. קשר יסוג שלי:

%ערך\_תכונה(שם\_מסגרת, סוג\_של, שם\_מסגרת\_אחרת).

דוגמאות:

ערך\_תכונה(בזיים, מסגרת, בזיים).

ערך\_תכונה(בז\_מצוי, סוג\_של, בזיים).

ערך\_תכונה, בזיים, צורת\_מקור, מעוקל).

ערך\_תכונה(בזיים, צבע, אפור).

דוגמה 2: מסד ידע לתכנון מסלול נסיעה בין עירוני - שיטת ייצוג ידע שנבחרה היא גרף לא מכוון

משוקלל. ייצוג נתוני גרף מתבצע על ידי הצרנת קבוצת הצמתים וקבוצת הקשתות.

קבוצת הצמתים תוצרן על ידי עובדות פשוטות מהצורה

% צומת(שם\_צומת, קורדינטה $X$ , קורדינטה $Y$ ).

דוגמאות:

צומת(תל\_אביב, 30, 32).

קבוצת הקשתות תוצרן על ידי עובדה פשוטה לכל כביש המחבר בין שתי ערים מהצורה:  
%קשת) שם\_צומת, שם\_צומת\_מחוברת, אורך\_כביש\_בק"מ).  
קשת)תל\_אביב, הרצליה, 5).  
קשת)ראשון\_לציון, תל\_אביב, 10).

הערה: ייצוג של גרף לא מכוון יתבצע בעזרת החוק צמתים\_סמוכים המאפשר להתייחס לכביש בין חיפה לתל אביב ולהפך.

### 3.4 תיאור מתארי בעיה כלליים - חוקים:

נגדיר מתארי בעיה כלליים בעזרתם נבצע את הפעולות שהמערכת אמורה לבצע. בצע פעילות 7 המתוארת באוגדן הבסיסי סעיף 3.3.  
הערה: במידה והתיאורים ארוכים מומלץ לא להשתמש בטבלה ולתארם בזה אחר זה.

#### פעילות 7 - בחירת מתארי בעיה כלליים - חוקים



לכל שאלה שהגדרת בהצעת עבודה בחר מתאר בעיה כללי שהצרתו תאפשר לענות על שאלה זו והגדר אותו בצורה הבאה בטבלה ד:

• תיאור כללי - %מתאר( מתוארו, מתואר2, ... )

הקפד לבחור בשמות מתארים ומתוארים משמעותיים. אם אינך יכול לבחור שם מתאר

או מתואר משמעותי, הסבר את תפקיד המתואר בהערה.

• תיאור מפורט של מתוארים

• אם המתואר הוא רשימה יש לפרט את סוג האיברים שהיא מכילה

• אם המתואר הוא מארז יש לפרט את השדות במארז

• אם למתואר יש ערכים קבועים יש לפרט את הערכים האפשריים.

• לאילו שאלות הוא מתייחס

• כיצד אתה מתכנן להצרינו – פרט טענות לוגיות המגדירות את מתאר הבעיה או תיאור הפעולות הקשורות לסוגי הנתונים בהן תשתמש. כמו כן אם יש צורך ציין מהן טענות עזר בהן תשתמש להצרות מתאר הבעיה.

טבלה 7 - מתארי בעיה כלליים

מס	מתאר בעיה כללי %מתארן_מתוארו, _מתואר2,....)	עונה לשאלה	כיצד תצרין	קשור למתאר בעיה

דוגמה : מסד הידע מתאר את מחלקת הציפורים.

1. % תיאור\_תכונות\_ציפור (שם\_ציפור, רשימה).

\_רשימה הינה רשימת מארזים מהצורה: תכונה/שם\_תכונה, \_ערך\_תכונה).

מטרת החוק ליישם את השאלה "תיאור תכונות של ציפור": תכונות ישירות של ציפור ותכונות מורשות.

תיאור מילולי:

תיאור\_תכונות\_ציפור

מצא תכונות ישירות של ציפור

מצא את התכונות של האבות הקדמונים של הציפור (השתמש בתכונות ישירות של ציפור).

מצא תכונות של אבות קדמונים של הציפור:

מצא אב של ציפור

בצע כל עוד אב לא שורש

מצא תכונות אב של ציפור

חבר תכונות אב לתכונות ציפור

מצא צומת אב של ציפור נוכחית

מצא תכונות של אבות קדמונים של צומת אב חדשה.

אם הגעת לשורש

מצא תכונות של צומת השורש

חבר תכונות צומת שורש לתכונות של אבות קדמונים והורד תכונות כפולות

החזר תכונות שנאספו.

מתאר 'חבר תכונות' מתקבל שתי רשימות ובונה רשימה שלישית שהיא איחוד של שתי הרשימות ללא איברים חוזרים (בונה קבוצת תכונות חדשה). מתאר זה נמצא בקובץ חוקי עזר.

### 3.5 תכנון מערך בדיקות:

ראה באוגדן הבסיסי פעולה 3.4 (תכנון מערך בדיקות) ובצע פעילות 8.

פעילות 8 - תכנון מערך בדיקות



לכל מתאר בעיה שהגדרת בסעיף הקודם הגדר את סוג הבדיקות שברצונך לבצע (בטבלה 8) וסמן ליד כל בדיקה האם היא אמורה להצליח (כלומר נקבל את התשובה 'כן' /או הושם ערך למתואר. שאילתה לא הצליחה אם נקבל את התשובה 'לא' ) בעזרת הסימנים הבאים:

✓ - השאילתה שונסה בבדיקה זו תצליח

X - השאילתה שונסה בבדיקה זו תיכשל

טבלה 8: מערך בדיקות

מתאר בעיה	האם אני מצפה שהשאילתה תצליח?	בדיקה

### 3.6 כתיבת מסמך: תכנון מסד ידע

סיכום שלב זה יתועד במסמך שיקרא: "תכנון מסד ידע" שיצורף לתיק המלווה. שים לב מסמך זה הוא פרק 4 בתיק המלווה (ראה בפרק המבוא). בסעיף זה מפורט תוכנו של כל תת סעיף במסמך.



#### פרק 4. תכנון מסד הידע

##### 4.1 בחירת שיטה לייצוג ידע

הסבר: בתת סעיף זה תאר שיקולים בבחירת סוגי נתונים והעזר (או צרף) בטבלאות 4 ו- 6 (בהן השתמשת בפרק זה).

##### 4.2 תיאור מתארי בעיה ספציפיים - עובדות

תאר את סוגי העובדות שבחרת על פי המתואר בסעיף 3.3 בפרק זה. לכל סוג עובדה: תיאור כללי, מטרה, תפקדי מתוארים ושתיים - שלוש דוגמאות (ראה פעילות 6).

##### 4.3 תיאור מתארי בעיה ספציפיים - חוקים

הסבר: בתת סעיף תאר שיקולים מיוחדים (אם יש) בתכנון מתארי בעיה כלליים על פי המתואר בסעיף 3.4 בפרק זה (ראה פעילות 7). לכל מתאר בעיה כללי פרט: תיאור כללי, לאיזו שאלה הוא עונה, מטרה, תפקיד מתוארים ותיאור מילולי של כללים לוגיים או אלגוריתם מילולי. תאר גם את חוקי העזר העיקריים של מתאר בעיה כללי.

##### 4.4 תיאור מערך בדיקות

הסבר: בתת סעיף זה תאר כיצד תכונת מערך בדיקות (ראה פעילות 8).

סיימת שלב שלישי, לפני שתעבור לשלב הבא בדוק את עצמך, כדי לדעת שאכן בצעת כהלכה שלב זה.

מה תבדוק?



1. האם לכל שאלה שניסחת בפרק 1 בחרת מתאר בעיה כללי מתאים? כן/לא? הערות:

---

---

2. האם בעזרת שיטת ייצוג הידע שהצעת, אפשר לכתוב תוכנית שתענה על כל שאלה המוגדרת בפרק 1? כן/לא? הערות:

---

---

3. אם יש מספר שיטות לייצוג ידע, האם בחרת את המתאימה ביותר? כן/לא? הערות:

---

---

4. האם לכל מתאר בעיה בחרת מתוארים מתאימים? כן/לא? הערות:

---

---

5. האם יש מתאר בעיה שאפשר בעזרתו להצדין מתאר בעיה אחר? בטל מתארי בעיה "כפולים".

6. האם בחרת היטיב מתארי בעיה ספציפיים? כן/לא? הערות:

---

---



7. האם יש שאלות שאינני יכול לענות עליהם בעזרת שיטת ייצוג הידע שבחרתי? כן/לא?

הערות:

---

---

שקול להשתמש בשיטת ייצוג ידע אחרת או נוספת.

8. האם מערך הבדיקות מתוכנן היטב? כן/לא? הערות:

---

---

**הצרות נוספות:**

---

---

---

**כיצד תאשיק?**

1. חשוב ורשום מהן העובדות שתכניס למסד בידע בתוכניתך.

---

---

2. מה תהיה שיטת ההצגה של החוקים: מלמעלה למטה או מלמטה למעלה?

---

---

3. האם יש מתארי בעיה שתתקשה בהצגתו? כן/לא? הערות

---

---

כיצד אתה מתכנן להתגבר על כך?

---

---

**הצרות נוספות:**

---

---

## פרק 4: מימוש וניסוי מסד הידע - הרחבה

קרא בעיון פרק 4 באוגדן הבסיסי.

### 4.1 מבוא – הרחבה:

מומלץ לממש מסד ידע במספר קבצים על פי נושאים. לדוגמה:

- תוכנית המכילה עובדות
- תוכנית (אחת או יותר) המכילה חוקים המממשים את מתארי בעיה ראשיים
- תוכנית המכילה חוקי עזר או מימוש של טיפוס נתונים מופשט בו אתה משתמש.

מומלץ לחלק למספר קבצים גם את המעטפת:

- תוכנית ליישום מנגנון היסק
- תוכנית ליישום מנגנון הסבר
- תוכנית המכילה תבניות
- תוכנית המיישמת א ממשק קלט/פלט

בסיום העבודה יש לכתוב תוכנית הטוענת את כל הקבצים ומפעילה את המערכת.

דוגמה לתוכנית מתאימה (קובץ start.pro):

:-

טען (data),

טען (rules),

טען (prove),

טען (explain),

טען (menu),

כתוב (להפעלה רשום התחל!).

בטעינת קובץ start תתבצע טעינה של קבצי המערכת ותופיע ההודעה כיצד להפעילה.

### 4.2 כתיבת מסמך – תיאור התוכניות

פרק 9 – נספחים הוא בתיק המלווה של מערכת מומחית. (פרק זה מהווה הרחבה של פרק 4 בתיק המלווה של פרויקט בהיקף 1 יח"ל כפי שמתואר בפרק 4 באוגדן הבסיסי)

פרק 9. נספחים

9.1 הוראות הפעלה:

רשום בבהירות אילו קבצים יש לטעון כדי להפעיל את המערכת הממוחשבת, הוראות מיוחדות לאופן הרצת השאילתות.

9.2 דוגמאות הרצה

צרך תדפיס של דוגמאות הרצה לכל שאלה שהגדרת בהצעת העבודה. צרך עם דוגמאות להסבר המתקבל מהרצת השאילתה.

9.3 תוכניות מקור

עבור לכל תוכנית שכתבת רשום:

1. שם תוכנית ( xxx.pro )

2. תיאור קצר של התוכנית ומה היא מכילה.


3. תדפיס מלא של התוכנית המתועדת.

9.4 ביבלוגרפיה

יש להקפיד על רישום בכילוגרפיה בצורה תקינה (ראה באוגדן הבסיסי סעיף 1.2 "סקירה ומיפוי ראשוניים של הנושא").

### 4.3 משוב

סיימת את כתיבת ובדיקת המערכת הממוחשבת, לפני שתעבור לשלב הבא בדוק את עצמך, כדי לדעת שאכן בצעת כהלכה שלב זה.

מה תבדוק? 

1. האם הכנסת מדגם מתאים ומייצג של מתארי בעיה ספציפיים? כן/לא? הערות:

---

---

2. האם בדקת את תוכניתך בעזרת מערך הבדיקות שתכננת בפרק קודם? כן/לא? הערות:

---

---

3. האם בכל השאלות ששאלת קבלת תוצאות נכונות? כן/לא? הערות:

---

---

4. האם התוכניות מתועדות כהלכה? כן/לא? הערות:

---

---

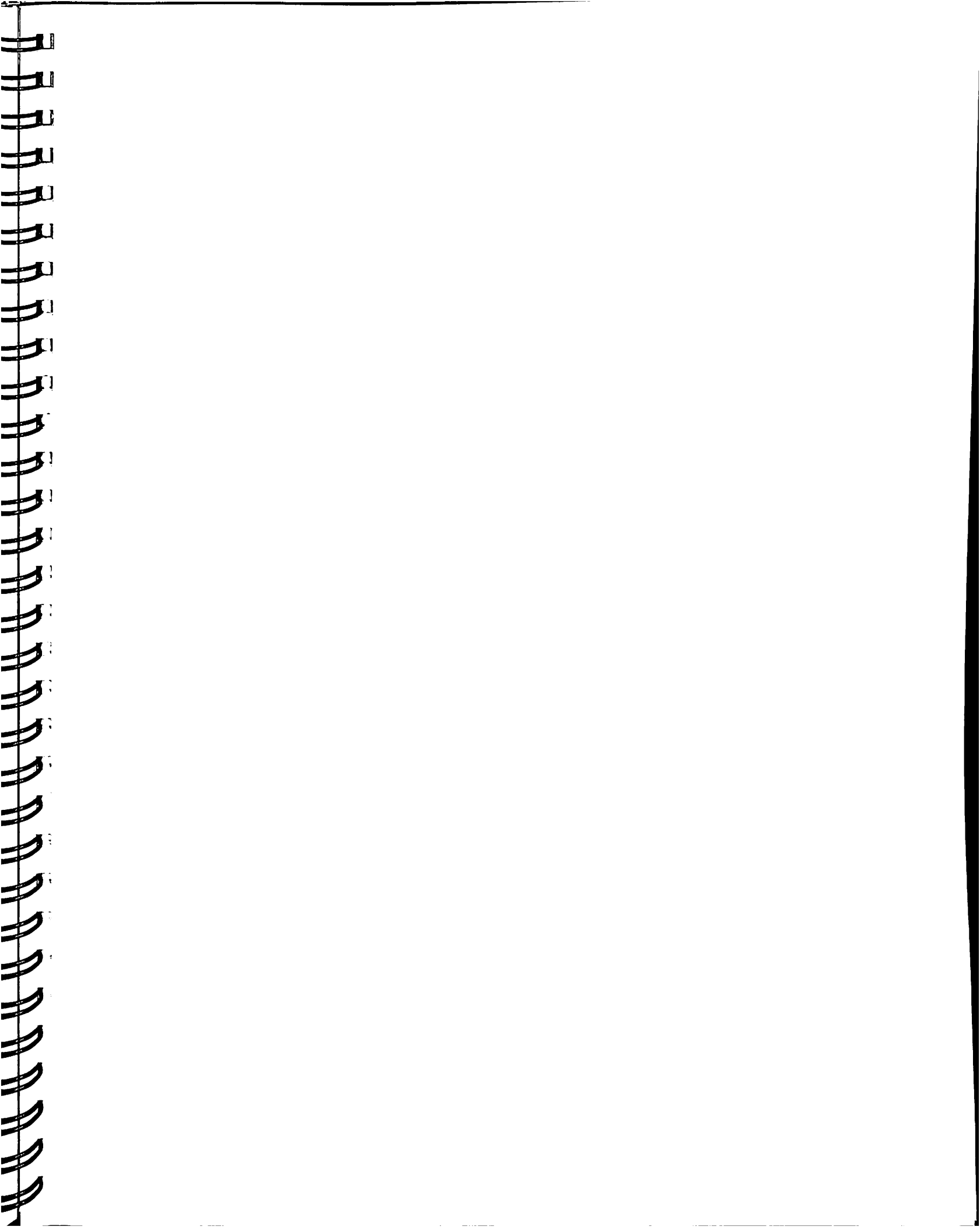
הערות נוספות:

---

---

---

כיצד תמשיך?



## פרק 4א' – בניית מעטפת:



- 4.1 פיתוח מנגנון היסק
- 4.2 פיתוח מנגנון הסבר
- 4.3 פיתוח ממשק למשתמש
- 4.4 אינטגרציה וניסוי המערכת
- 4.5 משוב

### 4.1 א'פיתוח מנגנון היסק

⊗ שיטת בניית מנגנון היסק והתאמתו למסד ידע מתוארת בספר "מבוא למערכות מומחות", פרקים 4 - 6. קרא פרקים אלו בעיון והרחב במידת הצורך את התוכניות לדוגמה המתייחסות לגרעין מערכת המומחית המתואר בנספחים הבאים:

- נספח 6.7 המתאר את תוכנית expertd.pro
- נספח 7.8 המתאר את תוכנית experte.pro
- נספח 8.7 המתאר את התוכנית expertf.pro

עליך להתאים את מנגנון ההיסק שבנית לתוכניתך כך שלא יהיה חוק בתוכניתך שמנגנון ההיסק של הפרולוג יוכל להוכיחו ומנגנון ההיסק שלך ייכשל בהוכחתו. כדי לבדוק זאת:

1. הפעל כל חוק כשאילתה תחת מנגנון ההיסק של הפרולוג

!-\_מטרה.

2. הפעל כל חוק כשאילתה בעזרת מנגנון ההיסק שבנית

!- הוכחה\_מטרה, \_תשובה, \_הסבר).

שים לב מנגנון ההיסק שבנית צריך להצליח בהוכחת חוקים שמנגנון ההיסק של הפרולוג מצליח ולתת את אותם התשובות.

⊗ כדי להתאים את גרעין מנגנון ההיסק לתוכניתך להתייחס לשני גורמים:

- מתארים שפרדיקט 'פסוק/2' ייכשל במציאת גוף הפרדיקט. כל הפרדיקטים שאין להם גוף חוק והם כל הפרדיקטים המופיעים בקובץ עזרה של תוכנת פעמון ופרדיקטים הנמצאים בתוך מבנית.
- חוקים שברצונך לחסום את ההסבר שלהם (כמו חוקי עזר).

⊗ פיתוח מערכת מומחית חוקרת (פרק 7 בספר "מבוא למערכות מומחות") מאפשרת לשאול שאלות גם לגבי נתונים שלא קיימים במסד הידע. המערכת תלמד על נתונים אלו (תוך כדי תשאול המשתמש) במהלך הרצת השאלה ותשתמש בנתונים החדשים כדי לענות על השאלה. חקר מתאים בעיקר למסד נתונים המוצרן בעזרת חוקי ייצור. שימוש בחקר דורש הרחבת מנגנון ההיסק אבל חוסך את הצורך לכתוב תוכנית לביצוע תשאול המשתמש במסד הידע. יש לשים לב שלא ניתן להשתמש במנגנון חקר זה אם העובדות עליהם המערכת המתשאלת נמצאים בגוף חוק המוגדר כחוק חסום (חוק שמנגנון ההיסק אינו עוקב אחר ביצועו למשל מתאר רשימה). בנוסף לכך, לעיתים יש לקלוט מן המשתמש לא עובדות בעלות מבנה פשוט אלא עובדות שבהן אחד המתוארים הוא רשימה. במקרה זה יש להרחיב את מנגנון החקר הכתוב בספר הלימוד.

⊗ הרחבות שניתן לבצע במנגנון ההיסק:

- טיפול במעקב אחר חוק שנכשל ומתן הסבר לכישלון. לדוגמה: מתן הסבר לשאלה " האם ירד גשם? " ומתן הסבר (במידת הצורך) מדוע לא ירד גשם בתנאים נתונים.
- ניתן להרחיב את מנגנון ההיסק בשלב החקר כדי לקבל הסבר why מדוע אתה שואל שאלה.

⊗ בסיום פיתוח מנגנון ההיסק וקישורו למסד הידע הכן את מסמך "תיאור מנגנון ההיסק", שיצורף לתיק המלווה. בסעיף זה מפורט תוכנו של כל תת סעיף.



פרק 5. תיאור מנגנון ההיסק:

במסמך זה תאר מבנה מנגנון ההיסק שמוצרן במתאר בעיה 'הוכחה/3'. תאר את מטרת המתאר ותפקיד המתוארים ואת המקרים אליהם מתייחס מנגנון ההיסק על פי הפירוט הבא:

- טיפול בעובדות
- טיפול בחוקים
- טיפול בשלילה
- טיפול בשאלות מורכבות
- טיפול בפרדיקטים שמתאר 'פסוק/2' נכשל :
- טיפול בביטויים חשבוניים וביטויים לוגיים

- טיפול במתארי רשימה
- טיפול בפרדיקטים דוגמת: קלט, פלט, ....
- טיפול בחוקים חסומים
- טיפול במקרה וההוכחה נכשלת
- הרחבות שבצעת במנגנון ההיסק

## 4.2 א' פיתוח מנגנון הסבר

✳ שיטת בניית מנגנון הסבר מתוארת בספר "מבוא למערכות מומחות", פרק 8. קרא פרק זה בעיון והרחב במידת הצורך את התוכניות לדוגמה המתייחסות למנגנון ההסבר המתואר בנספחים הבאים:

- נספח 8.7 המתאר את תוכנית expuesfa.pro
- נספח 8.7 המתאר את תוכנית expuer2.pro

✳ יש מקרים שניתן להשתמש במנגנון הסבר שונה מזה המתקבל בעזרת המעטפת. במקרים אלו ההסבר הוא מותאם לתוכנית מסוימת כמו:

- מערכת שמטרתה תכנון מסלולי נסיעה - ניתן לבנות הסבר גרפי.
- מערכת שבה שיטת ייצוג הידע היא מודל של מצב במרחב ניתן להשתמש באוסף הפעולות והמצבים המתקבל במהלך הפתרון ולהציגו כהסבר ללא צורך בבניית מנגנון היסק ומנגנון הסבר.
- במערכת המיוצגת על ידי עץ החלטה - לפעולה זיהוי בעזרת עץ החלטה לעיתים אין טעם לבנות רשימת הסבר. זאת משום שההסבר המתקבל הוא בדרך כלל כולל: הצגת שאלה וקבלת תשובה ללא שום היסק לוגי מעניין.
- בפעולות המשתמשות בשיטת חיפוש היוריסטי החלק המעניין להצגה בדרך כלל הוא שימוש בפונקציה היוריסטית ואותו מומלץ להציג כהסבר.
- יש תוכניות שההיסק הלוגי המעניין נמצא בתוך חוק חסום דוגמת מצא כל/3. במקרה רצוי לשקול שאילתה נוספת המאפשרת לעקוב אחר השיקולים הלוגיים הללו.

✳ אם רשימת הסבר גדולה מדי, מומלץ לחלק את ההסבר לחלקים ולהציגם בשאילתות נפרדות.

✳ ניתן לשמור רשימת הסבר המתקבלת משאילתה מסוימת ולהשתמש בהסבר זה בשאילתה אחרת. (לדוגמה במערכת להוכחת ביטויים טריגונומטריים ניתן לשמור רשימת הסבר לזהות טריגונומטרית פשוטה ולהשתמש בה בזהות טריגונומטרית מורכבת יותר המשתמשת בה).



⊛ שימוש בתבניות צריך לאפשר לקבל הסבר ידידותי ומשמעותי ככל האפשר המותאם למשתמש, לכן רצוי לשקול:

- שימוש בתבניות המכילות תיאור המופיע בספרות מקצועית הקשורה למסד הידע.
- לבנות כמה רמות של משתמשים ובהתאם לכך לבנות מספר סטים של תבניות (למשל למשתמש מומחה ומשתמש לא מיומן).
- לשקול מהם המתוארים שרצוי להציגם כהסבר למשתמש. לדוגמה הסבר לפעולה שרשר/3:
- תבנית(שרשר(A, B, C), (C, J, היא, רשימת, השרשר), 0).
- ניתן לבנות לחוק רקורסיבי שתי תניות שונות אחת לתנאי העצירה והשני לתנאי הרקורסיבי:
- תבנית(מספר\_איברים(0, 1), (מספר\_איברים\_ברשימה, ריקה, הוא, אפס), 0).
- תבנית(מספר\_איברים(L, A, N), (מספר האיברים, ברשימה, L, הוא, A, +, N), 0).



#### פרק 6. תיאור מנגנון ההסבר

מסמן זה מתאר את מנגנון ההסבר וכיצד הצרנת אותו בשפת פרולוג. ניתן לחלק את ההסבר על פי התפקידים שממלא מנגנון ההסבר:

- הצגה בשפה טבעית - שימוש בתבניות כדי להציג את ההסבר בשפה טבעית ולא בשפת פרולוג.
- הצגה בצורה ידידותית - שימוש בתפריט כדי לאפשר למשתמש לעקוב אחר חלקים נבחרים מההסבר.
- הצגת ההסבר בצורה נאותה - עריכת המסכים המתארים את ההסבר המתקבל. תאר את החוקים הראשיים במנגנון ההסבר, תפקידם ואלגוריתם המתאר את פעולתם. לדוגמה: חוקים המטפלים בהצגה טבעית: כיצד חוק או עובדה בפרולוג מומרת לשפה טבעית.

#### 4.3 א' פיתוח ממשק למשתמש:

⊛ פרק 9 בספר "מבוא למערכות מומחות", מתאר כיצד לבנות ממשק כללי למשתמש. ממשק כללי מתאים לכל מסדי הידע תוך שימוש בתבניות להצגת האפשרויות העיקריות בתפריט. קרא פרק

זה בעיון והרחב במידת הצורך את התוכניות לדוגמה המתייחסות לממשק למשתמש המתוארים  
בנספח 9.7.

⊗ שים לב ממשק קלט/פלט תמיד ימומש בעזרת לולאה (חזור ... עד ש ...) ולא ימומש רקורסיבי.

⊗ ניתן לבנות ממשק למשתמש המוגדר למסד ידע מסוים שבו התפריט הראשי יכול את השאלות  
העיקריות שעליהן מסד הידע עונה.

⊗ ממשק למשתמש כולל עיצוב מסכי קלט, מסכי פלט ותפריט. שים לב בעיצוב למבנה מומלץ של  
מסך:

שם הנושא	שם מתכנת ושנה
{ תוכן המסך }	
הוראות הפנולה ונחרה	

⊗ בתכנון מסך קלט שקול:

אם הקלט מתוך קבוצת ערכים קבועה - עדיף מסך בחירה מתפריט המציג את כל האפשרויות אם  
הקלט הוא מחרוזת - בנה מסך קלט המאפשר קליטה בעברי מימין לשמאל, מספרים ואנגלית  
משמאל לימין.

⊗ בתכנון מסך פלט שקול:

- האם ניתן להשתמש ברשימת הסבר כתשובה
- האם לבנות מסך המציג פלט לשאלתה ללא שימוש ברשימת הסבר
- האם להשתמש בהצגה גרפית כפלט (תיאור גרפי של מסלול).



פרק ד. תיאור הממשק למשתמש:


במסמך זה פרט את:

- מבנה עץ התפריטים המתאר את האפשרויות שהמשתמש יכול להפעיל במערכת המומחית.
- סוגי מסכי קלט ופלט שניתן להשתמש בהם - לכל סוג מסך תאר אלגוריתם למימוש.

#### 4.4 א' אינטגרציה וניסוי המערכת

לאחר סיום בניית חלקי המערכת יש לבצע לאחד את החלקים למערכת אחת ולבדוק שאכן המערכת בשלמותה פועלת.

סיימת את בניית המעטפת ושילובה עם מסד הידע, לפני שתעבור לשלב המסכם בדוק את עצמך, כדי לדעת שאכן בצעת כהלכה שלב זה.

מה תמקדוק? 

1. האם המערכת כולה עובדת היטב ללא תקלות?
2. האם לכל שאלה שהגדרת אכן המערכת נותנת את כל התשובות הנכונות.
3. האם הממשק למשתמש עובד בצורה תקינה?
4. האם כלולות הערות והסברים להפעלת המערכת כולה?
5. האם ההסבר המתקבל הוא בשפה טבעית וברור למשתמש?

7777 9-1

Handwritten text, possibly a list or index, located on the left edge of the page. The text is oriented vertically and appears to be a series of characters or symbols, possibly representing a page number or a reference code.

## פרק 5 : סיכום והכנת תיק מלווה - הרחבה

### 5.1 סיכום

פרק זה באוגדן הבסיסי מתייחס לשלב האחרון בביצוע הפרויקט בתכנות לוגי והוא השלב האחרון בפיתוח מערכת מומחית. לכן קרא את פרק 5 – סיכום, באוגדן הבסיסי ובצע פרק זה בסיום עבודתך (לאחר שלב האינטגרציה וניסוי המערכת). בפרק זה הערך וסכם את המערכת שפתחת, התייחס בסיכומך אתה יכול להתייחס לשאלות המופיעות באוגדן לתלמיד.

### 5.2 כתיבת מסמך : הרחבות ושיפורים לעתיד ורפלקציה

פרק זה יתאר את :

- השיפורים וההרחבות שהכנסת במערכת המומחית המתייחסים לפעולות שלא למדת במסגרת הקורסים מבוא למערכות מומחות ומבוא לבינה מלאכותית.
- אפשרויות להרחבות עתידיות למערכת המומחית. הרחבה מתייחסת לפעולות הקשורות למסד הידע שלא נכללו במערכת (פעולות שהוגדרו בהצעת עבודה) או לפעולות אחרות שלהן ניתן להגדיר מטרות ושאלות הקשורות למסד הידע.
- סיכומך והערכתך האישית על הפרויקט, התוצר שבנית והתהליך שעברת.



### פרק 8: סיכום - הרחבות שיפורים לעתיד ורפלקציה

#### 8.1 הרחבות שבוצעו במערכת והצעות לשיפורים בעתיד:

התייחס והסבר להרחבות במסד ידע כמו: לימוד נושא מורכב מאוד, לימוד נושא חדש שאינו בתוכנית הלימודים, תכנון אלגוריתמים חדשים או שיפור של אלגוריתמים שבצעת, מימוש מסד ידע גדול בהיקפו.וכן להרחבות במעטפת מתייחסות להרחבת מגוון היסק או הרחבת מנגנון ההסבר או תכנון ממשק מיוחד למשתמש. הרחבות יכולות להתייחס גם לכלי תוכנה שפתחת ושלבת במסגרת המערכת או שילוב של תוכניות בשפות תכנות שונות עם שפת פרולוג.

הצעות לשיפורים בעתיד מתייחסות לפעולות ושאלות הקשורות למסד הידע שניתן לממש ולא ממשות במערכת שבינת.

## 8.2 רפלקציה

הערך את המערכת שבינית, העזר בפרק 5 סעיף 5.1 באוגדן הבסיסי.

## 5.3 הכנת תיק מלווה

פעולה זו מתבצעת לאורך כל תהליך הפיתוח ומגיעה להשלמה לקראת סיום הפרויקט כולו. אסוף את המסמכים שיש לכלול בתיק המלווה וערוך את התיק המלווה בהתאם להנחיות המופיעות בסעיף זה באוגדן הבסיסי.

## 5.4 הגנה על הפרויקט והצגתו

בסיום העבודה עליך להציג את הפרויקט בפני המורה, משתמשים שונים במערכת ובפני הבוחן. כדי להתכונן להצגה מומלץ:

1. להכין מצגת קצרה המתארת את המערכת וכוללת:
  - פתיחה המציגה את המערכת, את פרטיך ואת פרטי המנחה ובית הספר
  - שקף המציג את מטרות המערכת והשאלות העיקריות
  - שקף המציג את הקשיים העיקריים אתם התמודדת בתחום הידע
  - שקף המציג את שיטת לייצוג ידע
  - שקף המסכם את ההרחבות שפתחת ושיפורים אפשריים בעתיד.
4. הכן מסלולי הדגמה הכוללים נתונים אותם תרצה להציג בפני המשתמשים השונים. בחר מסלול הדגמה מעניין שידגים היטיב את המערכת שפתחת.
5. הכן מערכת תקינה ועובדת שתוכל להפעילה במהירות. צרף הנחיות מדויקות להפעלתה.

005.131 POL

פולק, שרה  
אוגדן לפיתוח פרויקטים במדעי ה

00 [תשס"א]

77779 -- 000 -- 001

מס' מעד בת  
SYSTEM NO.

77779 - 1