

מבוא

רציונל

יחידת הלימוד "עיצוב תכנה" הינה יחידת לימוד מתקדמת לתלמידי תיכון. היחידה מתמקדת בשני אלמנטים עיקריים שבהם עוסקים מעצבי תכנה:

1. בחירת מבנה נתונים וממשק מתאים להגדרת דרישות של פעולות במסגרת נתונה;
2. פיתוח פתרונות אלגוריתמיים לפעולות הנדרשות, תוך שימוש במבנה הנתונים הנבחר.

המיומנות בבחירת מבנה נתונים וממשק מתאימים נגזרת מהיכרות עם מבני נתונים מגוונים ועם פתרונות אלגוריתמיים המשלבים את מבני הנתונים השונים, וחוזרים שוב ושוב. לפיכך, פיתוח המיומנות מחייב היכרות טובה עם מבני נתונים ופתרונות אלגוריתמיים המשלבים אותם.

מטרתו של חומר הלימוד המובא כאן היא הצגת אמצעים לשיפור המיומנות המתוארת. הצגה זו נעשית באמצעות "תבניות פתרון" אשר יתוארו בצורה מפורטת. הרעיון המרכזי הוא הצגה של סכמות אלגוריתמיות עם מבני הנתונים השונים והדגשת הרלוונטיות של סכמות אלה בפתרון בעיות בעיצוב תכנה.

חומר הלימוד כאן נועד ללוות ולעבות את ספר הלימוד "עיצוב תכנה" שפותח על-ידי צוות הוראת מדעי המחשב באוניברסיטה העברית בירושלים. לפיכך, החומר ערוך בהתאמה לפרקי הלימוד של הספר הקיים. עם זאת, ישנן תוספות מתאימות והצגת נושאים בסדר שונה במקצת. חומר הלימוד מתחיל בפרק המציג אלמנטים תבניתיים בנושא רקורסיה, אשר נחוצים לעיבוי ההצגה הראשונית של רקורסיה בספר "יסודות מדעי המחשב". הפרקים הבאים, מלבד האחרון, מתאימים לפרקי ספר הלימוד הקיים ב"עיצוב תכנה". הפרק האחרון מציג תמונה מסכמת, באמצעות בעיות בעיצוב תכנה אשר מתאימות לבחינת בגרות של היחידה, ומשלבות בחירת מבנה נתונים, ניסוח ממשק, וכתובת פתרונות אלגוריתמיים הכוללים שימוש בתבניות שהוצגו בפרקים שלפניו.

תבניות

המושג "תבנית" הינו מושג שגור בקרב אנשי אקדמיה ותעשייה העוסקים בעיצוב תכנה. בפרט, אנשי הנדסת תכנה זיהו והדגישו בעשור האחרון את המושג "תבניות תיכון" (Design Patterns), אשר מהוות אבני יסוד בפיתוח פתרונות אלגוריתמיים במהלך עיצוב תכנה. *תבנית תיכון* מתארת בעיה שחוזרת על עצמה בהקשרים שונים, ומציעה ליבה של פתרון שניתן לשימוש בהקשרים השונים.

חומר הלימוד המוצג כאן מבוסס על תבניות תיכון ברמה בסיסית, המתאימה לתלמידי "עיצוב תכנה" בבית-ספר תיכון. אנו מכנים את תבניות התיכון המתאימות לרמה זו בשם המקוצר **תבניות**. התבניות המוצגות כאן מהוות נדבך נוסף לנדבך התבניות הבסיסי ביותר, שהוצג בחומר לימוד קודם עבור יחידת הלימוד הראשונה בבית-ספר תיכון – "יסודות מדעי המחשב 1". התבניות ב"יסודות מדעי המחשב" וב"עיצוב תכנה" משמשות כמבנים בסיסיים בפיתוח אלגוריתמים. חומר הלימוד המוצג עוסק אמנם בתבניות בסיסיות ופשוטות יחסית, אך דומה בתשתית המושגית ובאופן השימוש לחומר לימוד אודות תבניות תיכון בכל הרמות, כולל הרמות המתקדמות.

הפניה לתבניות מאפשרת הצגה של נקודת המבט של מומחה בפתרון בעיות אלגוריתמיות, ומאפשרת חיזוק של הראייה, מבנה הידע, והיכולת של כל פותר בעיות אלגוריתמיות. נקודת המבט המוצגת בחומר הלימוד, המבוססת על מבנים והקשרים המאפיינים את מתכונת פתרון הבעיות של בעלי הניסיון, מופעלת בהצלחה בשנים האחרונות במקומות רבים ברחבי העולם ברמות שונות של למידה - החל מלמידה של מתלמד מתחיל ועד ללמידה של אנשי תכנה מיומנים.

תבנית היא מבנה של הקשר מופשט המורכב ממספר מרכיבים: שם, משימה לביצוע, מתכונת הביצוע, וקישור המשימה להיבטים שונים בפתרון בעיות אלגוריתמיות. בחומר הלימוד המובא כאן מפורטים המרכיבים הללו באופן הבא:

- **שם התבנית.** השם מבטא בצורה מאד תמציתית משימה לביצוע ו/או את דרך ביצועה.
 - **נקודת מוצא.** נקודת המוצא מציינת את המצב התחילי הנתון של המשימה לביצוע.
 - **מטרה.** המטרה מתארת את המצב הסופי, הפלט הדרוש, או ערך שיש להחזיר עם תום הביצוע.
 - **אלגוריתם.** האלגוריתם מתאר מתכונת לביצוע המשימה. האלגוריתם הוא לב התבנית.
 - **הערות.** בהערות מתוארים הקשרים שונים של המשימה לביצוע והאלגוריתם לפתרון.
- תבנית מוגדרת, אם כן, גם על פי המשימה הנדרשת לביצוע וגם על פי מתכונת הביצוע - האלגוריתם. שם התבנית הוא האמצעי בו אנו משתמשים כאשר אנו מעוניינים להתייחס למשימה לביצוע ולמתכונת ביצועה. ההערות הן האמצעי בו אנו מתארים מאפיינים של התבנית ומקשרים בין התבנית לתבניות אחרות.

ארגז כלים של אבני בניין

כפי שניתן לראות מן המבנה לעיל, תבנית מתארת גרעין סכמתי אשר בעצם מתקשר אצל כל פותר בעיות אלגוריתמיות ומפתח תכנה לאבן בניין שהוא משתמש בה בפיתוח אלגוריתמים. השימוש באבני הבניין חוזר שוב ושוב בפתרון בעיות שונות ומגוונות. אמנם פרטי השימוש באבן בניין שונים מפתרון לפתרון, אך המבנה הסכמתי של אבן הבניין נשמר, ואופן השימוש בה חוזר פעם ועוד פעם מבחינת המאפיינים הבסיסיים.

חומר הלימוד המוצג כולל מעין ארגז כלים של אבני בניין אשר נעשה בהן שימוש שוטף בפיתוח אלגוריתמים. דוגמאות לאבני בניין כאלה כבר ברמת "יסודות מדעי המחשב" הן תבנית למציאת ערך מקסימלי בסדרה ותבנית לצבירת סכום של מספרים. כל אחת מתבניות אלה משמשת שוב ושוב בפתרון בעיות אלגוריתמיות רבות ומגוונות. בכל שימוש בתבנית מופיעים אמנם פרטים שונים במקצת משימוש אחר בה, אך השלד והמאפיינים נותרים אחידים.

התבניות עבור "עיצוב תכנה" מוצגות בשני אופנים. חלק מן התבניות מוצגות בצורה סכמתית וכללית, ושימוש בהן יכול שילוב מאפיינים של בעיה ספציפית בצורה הסכמתית המוצגת. חלק מן התבניות מוצגות כפתרונות לבעיות ספציפיות, ויש להתייחס אליהן כדוגמאות להצגת עיקרון סכמתי, כללי. המקרה הראשון אמור לגבי רוב תבניות מבני הנתונים השונים, למשל - תבנית בנייה של רשימה. המקרה השני אמור בעיקר לגבי תבניות ברקורסיה, למשל - תבנית של רקורסיה כפולה לא מוצגת באופן סכמתי כללי, אלא מודגמת באמצעות פתרון לחישוב סדרת פיבונאצ'י.

אופן הלימוד והשימוש בתבניות

המאפיין המרכזי של לימוד באמצעות תבניות הוא הצגה מגוונת ככל האפשר של שימוש בתבניות כאבני בניין בפיתוח אלגוריתמים. מסיבה זו בנוי חומר הלימוד במתכונת קבועה אשר בה מוצגות

התבניות אחת אחת, ולאחר הצגה של כל תבנית מופיעות בעיות אלגוריתמיות אשר בפתרון יש צורך להשתמש בתבנית.

תבניות שונות בפרקים השונים כוללות לא-פעם בתוכן תבניות פשוטות יותר. לעיתים, יש פניה ושימוש בתבניות שהוצגו עבור "יסודות מדעי המחשב". אנו מבחינים בשלוש צורות שילוב בסיסיות של תבניות בתוך תבניות מורכבות או בתוך פתרונות של בעיות אלגוריתמיות מורכבות:

- **סידור** של תבניות בזו אחר זו. סידור זה מתבטא בשימוש נפרד בתבניות, כך שכל תבנית משמשת כתשתית לפתרון תת-משימה אחרת, בסדרה של תת-משימות לביצוע משימה.
- **הכלה** של תבנית פשוטה בתבנית מורכבת יותר. הכלה כזו מתבטאת בשימוש בתבנית פשוטה בשלמותה כחלק מתבנית מורכבת יותר. התבנית 'המוכלת' היא למעשה "תת-תבנית" לתבנית 'המכילה', והתבנית 'המכילה' היא "תבנית-על" לתבנית 'המוכלת'.
- **שזירה** של תבניות זו בזו. שילוב זה מתבטא במיזוג של תבניות זו בזו, כך שבאלגוריתם לפתרון מופיעים חלקי תבניות שונות שזורים לסירוגין זה בזה.

המלצתנו למשתמשים בחומר הלימוד היא ללמוד את התבניות השונות בהדרגה, תוך כדי לימוד ספר הלימוד הקיים. אנו רואים בתבניות אמצעי להרחבה והעמקה של פרקי ספר הלימוד של היחידה, דרך פתרון בעיות בה, תוך זיהוי וחיזוד סכמות הפתרון. הפרק האחרון מיועד להצגת מבט מסכם וכדאי להיעזר בו לקישור בין האלמנטים השונים בחומר הלימוד כולו, כולל השימוש בתבניות.

צורת חומר הלימוד

רובו של חומר הלימוד כולל תבניות, אך ישנם בחומר פרקים שהדגש בהם איננו תבניות. פרקים אלו פונים לאלמנטים נוספים בעיצוב תכנה כגון הרעיון של מבנה נתונים מופשט, הנושא יעילות של אלגוריתמים, השימוש ביחידות ספריה, והצגת בעיות מסכמות אשר בפתרונותיהן יש לבחור מבנה נתונים ולנסח ממשק, בנוסף לשימוש ספציפי בתבניות.

בפרקים בהם המוקד הוא תבניות, מוצגת כל תבנית במסגרת, אשר בה מצויינים שם התבנית, נקודת המוצא, המטרה, והאלגוריתם להשגת המטרה. לאחר המסגרת מופיעות לפעמים הערות אודות הקשרי התבנית. לאחר ההערות מוצגת מספר שאלות אודות בעיות אלגוריתמיות שיש בהן שימוש בתבנית. השאלות מוצגות ברמת קושי מתפתחת, אשר בהדרגה נדרש בהן צורך בשילוב התבנית עם תבניות נוספות.

כתיבת פתרונות אלגוריתמיים בחומר הלימוד נעשית הן באמצעות פסאודו-קוד והן באמצעות מימוש בשפות פסקל ו/או C. יחד עם זאת יש להדגיש שסכמת הפסאודו-קוד היא היותר חשובה, כיון שהמטרה העיקרית היא דגש ברמה מופשטת יותר מן הרמה המפורשת של שפת תכנות.

כיון שהדגש הוא על הרמה המופשטת, אין פירוט של אופן הקליטה של נתונים, אלא ציון סכמת בפיסאודו-קוד של קליטת הנתון הבא. ברמת המימוש בשפת תכנות מצוינת פעולה זו כפונקציה בשם `get_element`. באופן דומה, סימון סוף הנתונים מצוין בצורה סכמתית בפסאודו-קוד, ובאמצעות הפונקציה `end_of_data` בקוד בשפת תכנות. ישנן פעולות שביצוען מותנה בקיום תנאי. תנאי מצוין בצורה סכימתית בפסאודו-קוד, ובאמצעות הביטויים `condition1`, `condition2` בקוד.

לאחר ההצגה של כל תבנית מופיעות שאלות, ברמת מורכבות מתפתחת. מומלץ לפתור אותן לפי הסדר. התשובות לשאלות מופיעות במדריך למורה. בסוף חומר הלימוד מובא פרק של בעיות מסכמות, אשר דומות בצורתן ובהיקפן לשאלות בבחינת הבגרות. גם שאלות אלו מוצגות לפי רמת

מורכבות מתפתחת. לאחר כל שאלה מוצג רעיון לפתרונה, כולל פירוט השיקולים לבחירת מבנה הנתונים המתאים לפתרון.

בחירת מבנה נתונים מתאים נגזרת מפשטות, "נוחיות", ויעילות העיבוד של נתונים בפעולות המתוארות בהגדרת הבעיה. פשטות ו"נוחיות" נמדדות על-פי מורכבות הפסאודו-קוד של הפעולות, והיעילות נמדדת על-פי מדד הסיבוכיות של פעולות אלו. קטגוריות הפשטות והיעילות הן מרכזיות בעיצוב של כל מערכת תכנה – החל מהפשטות ועד המורכבות ביותר. לפעמים שיקולי פשטות סותרים שיקולי יעילות. בפעמים כאלו עדיפים בדרך כלל שיקולי היעילות, אלא אם הם מובילים לפסאודו-קוד מורכב מדי.

מימוש הפסאודו-קוד יכול לפעמים להתבצע במספר דרכים, אשר שונות אחת מן השניה במאפייני היעילות שלהן. בפרט, ישנם הבדלים בין מימוש רשימה באמצעות "שרשרת חוליות" לבין מימושה באמצעות מערך. האפשרות הראשונה היא היותר מתאימה, הן מבחינה קונספטואלית והן מבחינת יעילות. אנו ממליצים לבחור בה בדרך כלל, למעט מקרים חריגים! (בכל זאת, בפרק היעילות ובפתרונות לשאלות שונות אנו מציגים את חישובי הסיבוכיות עבור שתי צורות המימוש).

פרק הבעיות המסכמות מציג תהליכים של פתרונות, אשר מאפיינים את מהלכי הפתרון של מומחים. אנו ממליצים ללמוד אותם באופן שבו הם מוצגים ולא לפנות מייד לפתרונות הסופיים, כיון שלימוד תהליכי פתרון חשוב לא פחות מהבנת הפתרונות הסופיים. בתהליכים אלו משולבת פנייה חוזרת ונשנית לתבניות, אשר הן ה"מוטיב" המרכזי בחומר הלימוד המוצג. "מוטיב" זה מאפיין את אופן עבודתם של מעצבי תכנה בכל הרמות.