

רציונל

מחקרים שונים בתחום הוראת המדעים מראים שמומחים שומרים בזיכרוןם ידע במבנים מאורגנים, על-פי הקשרים משמעותיים, הנובעים מהיכרות רחבה ומעמיקה עם פתרון בעיות בתחומם. בפרט, מומחים במדעי המחשב, ומתכנתים מנוסים, שומרים בזיכרוןם מבנים, מתכונים, ואפיונים של פתרון בעיות אלגוריתמיות מגוונות. באוגדן זה מוצג חומר לימוד אשר מיועד להדגשת השימוש במבנים מאורגנים, בעלי הקשרים משמעותיים, בפתרון בעיות אלגוריתמיות.

מטרת חומר הלימוד שבאוגדן היא ליצור תוספת העמקה והרחבה לחומר הלימוד של יחידת הלימוד "יסודות מדעי המחשב 1". תוספת זו מציגה את נקודת המבט של מומחה בפתרון בעיות אלגוריתמיות ומאפשרת חיזוק משמעותי 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 למידה של אנשי תוכנה מיומנים. נקודת המבט המוצגת מדגישה את החשיבות הרבה של שימוש במבניות בפתרון בעיות אלגוריתמיות, ומשמשת כנדבך המרכזי בפיתוח תוכנה בכל רמה.

אנשי הנדסת תוכנה באקדמיה ובתעשייה זיהו והדגישו בעשור האחרון את המושג "תבנית תיכון" (Design Pattern), אשר מהווה אבן יסוד בפיתוח אלגוריתמים ופיתוח תוכנה. תבנית תיכון מתארת בעיה שחוזרת על עצמה בהקשרים שונים, ומציעה ליבה של פתרון שניתן לשימוש בכל אחד מן ההקשרים השונים. המושג תבנית תיכון זכה לתהודה רבה בקהילת מפתחי התכנה בכלל ובקרב אנשי תכנות מונחה עצמים בפרט, תוך הצגת הליבה של פתרון המבוסס על תבניות תיכון כאוסף עצמים, או מחלקות, ויחסי הגומלין ביניהם. מפתחי התכנה למדו להעריך את תבניות התיכון כאמצעי עיקרי לשימוש חוזר בתוכנה והעברת ידע בין אנשי מקצוע.

חומר הלימוד המוצג כאן מבוסס על תבניות תיכון ברמה הבסיסית ביותר, המתאימה לתלמידי "יסודות מדעי המחשב". אנו מכנים את תבניות התיכון המתאימות לרמה בסיסית זו בשם המקוצר **תבניות**. תבניות אלה משמשות כמבנים הבסיסיים ביותר בפיתוח אלגוריתמים. דוגמאות לתבניות כאלה הן: תבנית למציאת הגדול מבין שניים או יותר ערכים, תבנית לביצוע מנייה, ותבנית להחלפת ערכים בין משתנים. חומר הלימוד המוצג עוסק אמנם בתבניות בסיסיות ופשוטות יחסית, אך דומה בתשתית המושגית ובשיקולים לגבי דרכי השימוש לחומר לימוד אודות תבניות תיכון בכל הרמות, כולל הרמות המתקדמות.

מבנה תבנית

תבנית היא מבנה של הקשר מופשט המורכב ממספר מרכיבים: שם, משימה לביצוע, מתכונת הביצוע, וקישור המשימה להיבטים שונים בפתרון בעיות אלגוריתמיות. בחומר הלימוד שבאוגדן זה 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 הם 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 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 הן למשל תבנית לחישוב זוגיות של מספר שלם, תבנית למציאת ערך מקסימלי בסדרה, תבנית לצבירת סכום של מספרים, ותבנית לביצוע החלפה בין ערכי שני משתנים. 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. ארגז הכלים המוצג באוגדן כולל את מכלול תבניות היסוד של יחידת הלימוד "יסודות מדעי המחשב 1".

מחלקות של תבניות

התבניות שבאוגדן מחולקות לארבע מחלקות, אשר מאפיינות את פעולות היסוד בפיתוח אלגוריתמים, ומהוות מכלול שעליו ניתן לבנות תבניות מורכבות יותר.

- **מחלקת חישובים מספריים.** הכוללת למשל תבנית לחישוב זוגיות של מספר שלם.
- **מחלקת בדיקת מאפיינים וחיפוש.** הכוללת למשל תבנית למציאת ערך מקסימלי בסדרה.
- **מחלקת מניה וצבירה.** הכוללת למשל תבנית לצבירת סכום של מספרים.
- **מחלקת סידור.** הכוללת למשל תבנית לביצוע החלפה בין ערכים של שני משתנים.

אופן הלימוד והשימוש בתבניות

המאפיין המרכזי של לימוד באמצעות תבניות הוא הצגת 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. בכל מחלקה מוצגות התבניות בצורה מתפתחת, מן הפשוטות יותר אל המורכבות יותר. גם הבעיות האלגוריתמיות לפתרון מוצגות בהדרגה, לפי רמת קושי מתפתחת ומורכבות השימוש בתבניות.

התבניות המורכבות בפרקים השונים כוללות לא-פעם בתוכן תבניות פשוטות יותר. בנוסף, פתרון הבעיות האלגוריתמיות המורכבות יותר מצריך לא-פעם שימוש במספר תבניות, אשר משולבות בצורות שונות. אנו מבחינים בשלוש צורות שילוב בסיסיות של תבניות בתוך תבניות מורכבות או בתוך פתרונות של בעיות אלגוריתמיות מורכבות:

- **סידור של תבניות אחת לאחר השניה.** סידור זה מתבטא בשימוש נפרד בתבניות, כך שכל תבנית משמשת כתשתית לפתרון תת-משימה אחרת בסדרה של תת-משימות לביצוע משימה. דוגמה לסידור כזה היא חישוב זוגיות של שני מספרים שלמים. חישוב זה ישתמש באופן סדרתי בתבנית של חישוב זוגיות של מספר שלם - תחילה עבור תת-המשימה של חישוב זוגיות המספר הראשון, ואחר-כך עבור תת-המשימה של חישוב זוגיות המספר השני.
- **הכלה של תבנית פשוטה בתבנית מורכבת יותר.** הכלה כזו מתבטאת בשימוש בתבנית פשוטה בשלמותה כחלק מתבנית מורכבת יותר. התבנית 'המוכלת' היא בעצם "תת-תבנית" לתבנית 'המכילה', והתבנית 'המכילה' היא בעצם "תבנית-על" לתבנית 'המוכלת'. דוגמה להכלה כזו קיימת בתבנית של חישוב ממוצע, אשר כוללת בתוכה את התבנית של צבירת סכום ערכים, לפני חלק נוסף (בחישוב הממוצע) של חלוקת הסכום הנצבר במספר הערכים.
- **שזירה של תבניות זו בזו.** שילוב זה מתבטא במיזוג של תבניות אחת בשניה, כך שבאלגוריתם לפתרון מופיעים חלקי תבניות שונות שזורים לסירוגין זה בזה. דוגמה לשזירה של תבניות מופיעה בתבנית של מציאת מקום הערך המקסימלי בסדרה, אשר בה שזורות תבניות פשוטות יותר – התבנית של מציאת הערך המקסימלי בסדרה והתבנית של מניה. דוגמה אחרת של שזירת שתי תבניות אלה היא חישוב מספר ההופעות של הערך המקסימלי בסדרה.

בחומר הלימוד שבאוגדן קיימת התייחסות לצורות השילוב השונות, במיוחד כאשר תבנית אחת מוכלת באחרת. צורות שילוב שונות מוזכרות במקומות המתאימים, והתלמיד מתבקש במקרים רבים לסמן משפטים בפסאודו-קוד של אלגוריתם לפי שייכותם לתבניות שבהן נעשה שימוש באלגוריתם. התייחסות זו מחדדת את הדגש על מבניות ועל שימוש חוזר ונשנה, בדרכים שונות, באבני הבניין-תבניות - בפתרון בעיות אלגוריתמיות.

צורת חומר הלימוד

כל תבנית חדשה במחלקות השונות של התבניות מוצגת במסגרת, אשר בה מצויינים שם התבנית, נקודת המוצא, המטרה, והאלגוריתם להשגת המטרה. לאחר המסגרת מופיעות הערות אודות הקשרי התבנית. לאחר ההערות מוצגות מספר שאלות אודות בעיות אלגוריתמיות שיש בהן שימוש בתבנית. השאלות מוצגות ברמת קושי מתפתחת, אשר בהדרגה נדרש בהן צורך בשילוב התבנית עם תבניות נוספות, חלקן מאותה המחלקה של התבנית וחלקן ממחלקות אחרות. ישנן תבניות, כגון התבנית של מניה, שהן שימושיות במיוחד, ומשולבות בפתרונות האלגוריתמיים לשאלות רבות בכל המחלקות.

השאלות מחולקות לשלוש קטגוריות – פיתוח אלגוריתם לבעיה אלגוריתמית נתונה, ניתוח אלגוריתם נתון, ו"ניתוח-פיתוח" של אלגוריתם חלקי שיש להשלים אותו. בכל שאלה מספר סעיפים המדגישים תהליך פתרון מסודר, אשר כולל התייחסות מפורשת לתבניות. תחילה נדרש הפותר לבחור/לציין תבניות שיהיו/ישנן בשימוש, תוך התייחסות לאופן שילובן, ואחר-כך - בשאלות פיתוח - עליו לקשר את השימוש בהן לבחירת המשתנים שיהיו בפתרון, ועליו לכתוב את הפסאודו-קוד לפתרון. בנוסף, כדי לחדד את אופן השימוש והשילוב של תבניות, על התלמיד לסמן בפסאודו-קוד שפיתח, או בפסאודו-קוד נתון (במקרה של אלגוריתם נתון), את המשפטים השונים לפי שייכותם לתבניות.

כתיבת פתרונות אלגוריתמיים בחומר הלימוד נעשית באמצעות פסאודו-קוד בלבד, ואיננה כוללת תכניות מחשב בשפת תכנות כלשהי. הדבר נובע משתי סיבות. פתרון בעיות הכולל ומדגיש תבניות נעשה ברמה מופשטת יותר מן הרמה המפורשת של שפת תכנות, ויחד עם זאת הוא משתלב היטב בניסוח פתרון אלגוריתמי באמצעות פסאודו-קוד. בנוסף, שפות התכנות משתנות במהלך השנים, בעוד התבניות והשימוש בהן נשמרים. המשתמש בחומר הלימוד יבחר ליישם את האלגוריתמים המופיעים כאן בשפת התכנות בה הוא מתכנת, כגון שפת פסקל, שפת C, או שפת ++C. ההיבט המשמעותי אשר בכל זאת צריך להבחין בו הוא ששפת התכנות אשר בה יהיה היישום היא שפה פרוצדורלית אשר מתאימה ליישום אלגוריתמים הנכתבים בפסאודו-קוד.

הערה: בכל האלגוריתמים בתבניות השונות מציינת המילה "החזר" את החזרת תוצאת החישוב. אין שימוש במונח "הצג כפלט", מלבד בתבנית 1.4, כיון שייטכנו שימושים שונים בתבנית, אשר בחלקם אין להציג את תוצאת החישוב כפלט. לעומת זאת ברוב האלגוריתמים בשאלות השונות נעשה שימוש במילים "הצג כפלט", כיון שבהגדרת השאלה מצויין פלט דרוש כתוצאת החישוב.

פרקי הלימוד

חומר הלימוד כולל תחילה ארבעה פרקים, הממוספרים מ-1 עד 4 - פרק לכל מחלקה של תבניות. אחרי פרקים אלה, מוצג פרק נוסף - פרק 5, אשר מכוון למבט רחב ומעמיק יותר על תבניות, ומקשר את השימוש בתבניות לנושאי יסוד במדעי המחשב - מבניות, נכונות ויעילות של אלגוריתמים. בפרק זה שלושה חלקים. בחלק הראשון מוצג דגש על מבניות בצורה עוד יותר מפורשת ומעמיקה מזו המוצגת בפרקים 1 עד 4. בחלק השני מוצג דגש על נכונות במובן של בחירה בתבניות המתאימות במהלך פתרון בעיה אלגוריתמית, ושימוש נכון בתבניות שנבחרו. בחלק השלישי מוצג דגש על יעילות במובן של בחירת התבניות שיהוו את הבסיס לפתרון היעיל ביותר, מתוך אוסף של תבניות אשר עימן ניתן לפתור בדרכים שונות, שחלקן יעילות יותר וחלקן יעילות פחות.

הפרק האחרון בחומר הלימוד - פרק 6 - כולל תשובות לשאלות נבחרות. מבנה כל תשובה כולל רעיון לפתרון, ציון התבניות הנבחרות, תאור אופן השימוש בתבניות, ותאור ההתאמה בין המשתנים שישמשו בפסאודו-קוד לפתרון לבין המשתנים המופיעים בהגדרת התבניות שבשימוש. מבנה זה מציג תהליך מסודר ומודרג של פתרון, אשר מדגיש את החשיבות הרבה של תבניות המהוות את השלד של פתרון אלגוריתמי. תלמיד המשתמש בתשובות מוזמן להשלים את הפתרון על-ידי כתיבת הפסאודו-קוד המתאים ואף ליישם אותו בשפת תכנות.

צורת השימוש המומלצת בחומר הלימוד

המלצתנו למשתמשים בחומר הלימוד היא ללמוד את התבניות השונות בהדרגה, תוך פתרון השאלות המופיעות אחרי כל הצגה של תבנית. פרקים 1-4 אינם מסודרים ביניהם לפי רמת מורכבות מתפתחת, אלא לפי קטגוריות של תבניות. כל פרק בנוי בתוכו לפי רמת קושי מתפתחת. לכן מומלץ להתקדם בפרקי הלימוד במקביל - מן התבניות הפשוטות בכל פרק (מחלקה) אל התבניות המורכבות יותר. צורת התקדמות זו חשובה גם כיון שבכל פרק ישנה התייחסות לתבניות הפשוטות שבפרקים האחרים, ואף שימוש בהן. פרק 5 מתאים ללימוד לאחר סיום לימוד הפרקים 1-4.

ניסיוננו מלמד שחומר הלימוד שבאוגדן מתאים ללימוד בכל כיתה בה לומדים "יסודות מדעי המחשב" (להלן "יסודות"), ובפרט בכיתות הטרוגניות. חומר זה הינו נדבך נוסף, ומשמעותי, לחומר

הלימוד השוטף הנלמד בכיתה. ניתן לשלבו בחומר הלימוד השוטף על-ידי שימוש בדפים המציגים תבניות ובדפי השאלות כבסיס לדפי עבודה שילוו את חומר הלימוד הנוכחי. מגוון השאלות והדגשים שבהן מהווים חיזוק ללמידה של התלמיד את החומר השוטף. ניתן לבחור מתוך האוגדן את השאלות המתאימות לתרגול נושא הלימוד הנוכחי ב"יסודות", ולפי רמת הקושי והמורכבות המתאימה לתלמידים. בחירה מתאימה של שאלות, תוך דגש על השימוש בתבניות, תרחיב את נקודת המבט ומבנה הידע של כל תלמיד, ותאפשר תקשורת בין תלמידים בשפה מדעית ברורה והולמת.