

הכנסת משימות חקר לשיעורים של מדעי המחשב: המקרה של הוראת הנושא של יעילות זמן

חאלד אסעד, מרצה בהתמחות מדעי המחשב, מכללת אל-קאסמי ובית ברל

kasad@qsm.ac.il ; kasad@beitberl.ac.il

למרות שמושג יעילות זמן מוגדר היטב מבחינה מתמטית, עדיין הינו מופשט במידה מסוימת לסטודנטים וכרוכות בו מספר סוגיות ובעיות. על מנת ללמד את המושג יעילות זמן (Time Complexity) ואת החשיבות שלו כמדד לטיב הפתרון האלגוריתמי, נהוג להסביר את הנושא בעזרת השוואה מתמטית בין פונקציות היעילות של אלגוריתמים שהם יעילים ובין אלגוריתמים שהם יעילים פחות. למשל, עבור בעיית המיון, משווים לדוגמה בין פונקציית היעילות של אלגוריתם מיון בועות (Bubble Sort) בעלת יעילות בסדר גודל של $O(n^2)$ לבין פונקציית היעילות של אלגוריתם מיון מיזוג (Merge Sort) בעלת יעילות בסדר גודל $O(n \log n)$. יתרה מזאת, לפעמים מראים את הייצוגים הגרפיים של הפונקציות, משווים ביניהם ומנתחים את המשמעות שלהם מבחינת זמן. כפי שאנו מבחינים, זה מצריך ידע מתמטי טוב בקרב הסטודנטים על מנת להבחין ולהבין את המשמעות. מהניסיון שלי כמורה למחשבים, מציאת פונקציית היעילות של אלגוריתם כביטוי מתמטי, לא בהכרח מספיקה עבור הסטודנטים על מנת להבין כיצד זה מבטא את משך הזמן (בשניות) בו האלגוריתם מתבצע. יתרה מזאת, קיים קושי מסוים אצל הסטודנטים לכתוב במדויק את פונקציית היעילות לכל אלגוריתם נתון.

מושג היעילות כפי שמוגדר בצורה מופשטת בספרות וגישת ההוראה כפי שמוצגת לעיל, מעוררים מספר סוגיות: מצד אחד, פונקציית היעילות שאמורה לבטא את היעילות מבחינת זמן, דווקא, מגדירים אותה במושגים הלא קשורים בזמן; קרי "פנעמים שאלגוריתם מבצע צעד בסיסי כתלות באורך הקלט". מהניסיון שלי, הגדרה כזאת, בעיני הסטודנטים לכאורה, רחוקה מהמושג אותו היא אמורה למדוד (זמן), ולפעמים הם נכשלים במציאת הקשר בין מספר הפעולות הבסיסיות או הצעדים הבסיסיים של האלגוריתם, שפונקציית היעילות מבטאת, לבין הזמן (בשניות) בו נמשך ביצוע אותו אלגוריתם. מצד שני, האם קיימת דרך בה נערב את הסטודנטים בהבניית הידע שלהם מבחינת יעילות זמן של אלגוריתם? הרי כבר הרבה שנים, הולכת וגדלה בקרב אנשי החינוך וחוקרים המודעות לחשיבות הלמידה הקונסטרוקטיביסטית המערבת את התלמידים בתהליך הלמידה והבניית הידע.

לפי התיאוריה הקונסטרוקטיביסטית ככל שהתלמיד מעורב יותר בתהליך הלמידה, כך ההבנה שלו לחומר הלימודי תהיה גדולה. לפי תיאוריה זו, למידה אינה תהליך פסיבי והיא מתרחשת תוך כדי תהליך פעיל בו הלומדים בונים את הידע וההבנה שלהם בעצמם. כלומר, הפדגוגיה ההבנייתית מדגישה את שליטתו ואחריותו של הלומד בהובלת תהליכי ההבניה והעיצוב של הידע, המושגים והמיומנויות (ברוקס וברוקס, 1997). ויגודצקי (Vygotsky, 1978), מצד שני, טוען כי לא ניתן לצפות שהתלמידים יגיעו להבנייה אמיתית של ידע ללא כל תיווך. למורה תפקיד משמעותי בתמיכה, ביצירת מוטיבציה ובהדרכת הפעילות העצמאית של התלמיד. מכאן נשאלת השאלה: עד כמה התלמידים שלנו מעורבים באמת בהבניית הידע והמשמעות הקשורים במושג יעילות?

בהמשך הדף אציג רעיון ושיטה מעשית להוראת הנושא של יעילות. השיטה עשויה לפתור חלק מהסוגיות והקשיים שנזכרו לעיל.

הנושא של יעילות זמן כמשימת חקר

מטרה: לאפשר לתלמידים לחוש ולהפנים את המושג "יעילות זמן" ולהתנסות במשימות חקר גם במדעי המחשב.

השיטה: השיטה להוראת הנושא של יעילות מסתכמת בכך שהופכים את הנושא של 'יעילות' למשימת חקר שלפיה הסטודנטים חוקרים את יעילות הזמן של אלגוריתמים במעבדה. הם משערים השערות, בודקים ממצאים במחשב, בוחנים את ההשערות ומנתחים את התוצאות לאור התיאוריה מהספרות. הניסיון שלי במשימות חקר להוראת "יעילות זמן" ערכתי במסגרת קורס של סמסטר אחד בשם 'אלגוריתמיקה' בקרב הסטודנטים בהתמחות מתמטיקה ומדעי המחשב במכללה להכשרת מורים.

תיאור מתומצת של משימת החקר

הנושא: חקר יעילות הזמן של שניים מאלגוריתמי המיון, כגון: Bubble Sort & Merge Sort.

שלב א: סקירה תאורטית

הסטודנטים מתבקשים לבחור שניים מאלגוריתמי המיון הידועים או מאלה שלמדו, ולאור הספרות לכתוב השוואה ביניהם מבחינת יעילות הזמן.

שלב ב: כתיבת השערות

לאור התיאוריה, הסטודנטים כותבים עבור שני האלגוריתמים השערה כללית אחת, או כותבים שתי השערות מפורטות יותר אודות התנהגותם של שני האלגוריתמים, אחד ביחס לשני, מבחינת יעילות הזמן שלהם מול מקרי אורך קלט שונים.

שלב ג: תיעוד שיטת החקר והגנתה

הסטודנטים מסבירים את שיטת החקר שרוצים לנקוט, כגון: מה הם מכינים במחשב? כיצד מריצים את האלגוריתמים? כיצד מבטיחים שהתוצאות יהיו מהימניות? ומנמקים למה שיטה זו היא עובדת ומספיק "טובה". כלומר, להסביר מה יעשו על מנת לקבל תוצאות מספיק "טובות".

שלב ד: ביצוע משימת החקר במעבדה

- א. לכתוב את כל אחד מהאלגוריתמים כתוכנית מחשב (עדיף, תת-תוכנית) בשפה כמו C# או Java. בנוסף, לכתוב לכל אחת מהתוכניות את פונקציית היעילות $f(n)$ שלה. (אפשר להשיג מהאינטרנט)
- ב. לכתוב תוכנית ראשית המממשת את משימת החקר. התוכנית משווה בין זמני הביצוע של שני האלגוריתמים ומפיקה את התוצאות. ראה להלן תיאור מתומצת של השיטה.

עיקר הדברים של משימת החקר ליישום בתוכנית

- 1) בחירת n נתונים באופן אקראי, הכנסתם לשני מערכים זהים.
- 2) הפעלת האלגוריתם הראשון על הנתונים במערך הראשון.
- 3) מדידת זמן הביצוע של האלגוריתם הראשון (בשניות).
- 4) הפעלת האלגוריתם השני על אותם נתונים במערך השני.
- 5) מדידת זמן הביצוע של האלגוריתם השני (בשניות).

- (6) לחזור על השלבים 1 ועד 5 עשרים פעמים ולחשב את זמן הביצוע הממוצע של כל אחד מהאלגוריתמים.
- (7) הפקת תוצאות משימת החקר להשוואה בין שני האלגוריתמים באופן מפורט או באופן מתומצת (לפי בחירת המתכנת).
להלן, דוגמה של טבלה לסיכום התוצאות .

האלגוריתם	זמן הריצה הממוצע של האלגוריתם עבור אורך קלט n=30,000	זמן הריצה הממוצע של האלגוריתם עבור אורך קלט n=30
מיון בועות – Bubble Sort		
מיון מיזוג – Merge Sort		
הפרשים		

(*) זמן הריצה הממוצע שווה לממוצע זמני הביצוע של (לדוגמה) 20 הרצות של אותו אלגוריתם על נתונים אקראיים שונים.

הערות

- כדי לחקור את התנהגותם של שני האלגוריתמים בשני מצבים שונים, יש לחזור על השיטה הנ"ל כמה פעמים עבור אורכי קלט שונים. לדוגמה, עבור אורך קלט קטן כמו, $n=20$ ופעם נוספת עבור אורך קלט גדול כמו, $n=10,000$.
- נשתמש בשעון הפנימי של המחשב למדוד את זמני הביצוע (ב-C# אפשר להשתמש במחלקה Stopwatch)

שלב ה: דיון ומסקנות

בשלב זה, הסטודנטים עושים את הדברים הבאים :

- (1) ניתוח התוצאות שהתקבלו לאור ההשערות, וניתוח התוצאות שהתקבלו בהשוואה לפונקציות היעילות של כל אחד מהאלגוריתמים.
- (2) כתיבת דיון ומסקנות אודות שני האלגוריתמים.
- (3) כתיבת רפלקציה אישית אודות משימת החקר והנושא של יעילות.

הצעה להצגה בכנס המורים הארצי

משך ההצגה: 30 דקות

עיקר הדברים המוצעים להצגה :

- (1) הצגת הסוגיות הקשורות בהוראת המושג יעילות כפי שהזכרתי בהתחלה
- (2) דיון קצר על הבעייתיות של יישום משימת החקר במעבדה וכיצד מתגברים על זה.
- (3) הצגת השלבים של משימת החקר עם הדגמות
- (4) הצעת גרסה מצומצמת של משימת החקר (מתאימה לתיכון)
- (5) הצגת חלקים מהמשוב של הסטודנטים שעשו את אותה משימת החקר במכללה.
- (6) הצגת נספחים, כמו המחלקה Stopwatch.