

## מושגי יסוד בקורס המבוא למדעי המחשב: הפרדיגמה הפרוצדוראלית מול

### הפרדיגמה מונחית העצמים – חקר מקרה

Fundamental Concepts of CS1: Procedural vs. Object Oriented  
Paradigm – A Case Study

Tamar Vilner, Ela Zur, Judith Gal-Ezer

המאמר השלם ניתן להורדה בכתובת:

<http://db.grinnell.edu/sigcse/iticse2007/Program/viewAcceptedProposal.asp?sessionType=paper&sessionNumber=79>

הוצג בכנס ITiCSE שהתקיים בדנדי סקוטלנד 2007

המאמר מדווח על מחקר שהתקיים באוניברסיטה הפתוחה בישראל. המחקר בדק שתי קבוצות שלמדו את הקורס הראשון במדעי המחשב: קבוצה אחת למדה בגישה הפרוצדוראלית (בשפת ++C) והקבוצה השנייה למדה בגישה מונחית עצמים (בשפת ג'אווה). המחקר התמקד בהשפעה של הקורס על ההבנה של הסטודנטים, בוגרי הקורסים, את המושגים הבסיסיים.

#### רקע

בקהילה האקדמית קיים ויכוח מתמשך לגבי היתרונות והחסרונות של המעבר מהפרדיגמה הפרוצדוראלית לפרדיגמה מונחית העצמים במסגרת קורסי המבוא במדעי המחשב ונכון לעכשיו, טרם התקבלה החלטה חד משמעית בנושא.

המעבר לסגנון מונחה העצמים מעסיק אנשי מקצוע ברחבי העולם ונערכו הרבה מחקרים בנושא. למשל, Ratcliffe מצא שמספר גדול של סטודנטים מתקשים בהבנת העקרונות של תכנות מונחה עצמים. גם McCracken מצא שבארה"ב ואנגליה כ-30% מהסטודנטים לא מבינים את מיומנויות התכנות הבסיסיות. אחת מהדרכים להסביר זאת (למשל על ידי Cooper et al) היא כך: לפי דרך ההוראה הקלאסית בקורס הראשון נהוג להתחיל עם תכניות פשוטות ולהתקדם בהדרגה לדוגמאות מורכבות ופרויקטים. גישה כזו מאפשרת לסטודנט להטמיע את החומר ולבנות את הידע באופן הדרגתי. בגישת עצמים תחילה הסטודנט חייב לצלול מיד מההתחלה לתוך מחלקות ועצמים, הכמסה ושיטות, בנוסף לשליטה במושגים הרגילים של תכנות. גם חוקרים אחרים חושבים שהלימוד בגישת עצמים תחילה מעמיס על הלומדים פרטים טכניים ומקשה עליהם בלימוד העקרונות התכנותיים (למשל Proulx et al או Roberts).

מצד שני, יש מחקרים שתומכים דווקא בגישה של עצמים תחילה. למשל, Kolling (מהמפתחים של BlueJ) טוען שלימוד תכנות בסגנון מונחה עצמים נראה קשה רק אחרי שמתרגלים לסגנון הפרוצדוראלי. אבל לסטודנטים אין קשיים משמעותיים להבין את העקרונות של הגישה מונחית העצמים אם הם נלמדים תחילה. לטענתו, הקושי הוא במעבר בין הפרדיגמות ולא בפרדיגמה מונחית העצמים כשלעצמה.

הויכוח הסוער ביחס למעבר הפרדיגמה הוביל לפאנל שהתקיים בכנס SIGCSE בשנת 2005. הפאנל עסק בשאלה האם עצמים צריכים להילמד תחילה או מאוחר יותר בקורס המבוא CS1 ואיך צריך ללמד את הנושא, או האם צריך לדחות את הלימוד של שפות מונחות עצמים לקורס השני.

## האוניברסיטה הפתוחה בישראל

האוניברסיטה הפתוחה בישראל שואפת למצוינות אבל מקיימת מדיניות של קבלה פתוחה (כל מי שרוצה יכול להתקבל) ולכן הקורסים הראשונים משמשים כמערכת סינון לסטודנטים. כלומר, הקורסים האלה מסייעים לסטודנטים לקבל החלטה האם הם יכולים להתמודד עם לימודים אקדמאיים. ואכן יש בקורסי המבוא שיעורי נשירה לא מבוטלים, (למשל, בקורסים הראשונים במתמטיקה יש רק 30% של הצלחה, ובקורסי המבוא במדעי המחשב אחוז הנשירה הוא 45%). שיטת ההוראה באוניברסיטה הפתוחה מבוססת על למידה מרחוק ולמידה עצמית. המרכיב המרכזי בקורס הוא ספר קורס שפותח במיוחד ללמידה עצמית וכל קורס כולל גם מפגשי פנים אל פנים. הסטודנטים חייבים להגיש עבודות ותרגילים במהלך הסמסטר והם מקבלים ציון ומשוב על כל משימה. הסטודנטים חייבים לעבור את המבחן המסכם. כדי לשפר את הלמידה מרחוק, האוניברסיטה פתוחה משתמשת גם בטכנולוגיה אינטרנטית שמספקת חומרי לימוד וקשר רציף עם סגל הקורס והסטודנטים האחרים.

## קורס המבוא CS1 באוניברסיטה הפתוחה בישראל

קורס המבוא CS1 של האוניברסיטה הפתוחה דומה לזה שניתן באוניברסיטאות אחרות וכולל את הנושאים המומלצים בתכנית Computing Curricula 2001. לפי תכנית זו, קורס המבוא צריך לחשוף את הלומדים לתכנון, בנייה ויישום של מערכות מחשב. הקורס צריך גם להציג בפני הלומדים הבטים אינטלקטואליים מרכזיים של הדיסציפלינה.

קורסי המבוא צריכים לספק ללומדים:

- קופסת כלים בסיסית שתכלול אלגוריתמים בסיסיים (כמו חיפוש) ומבני נתונים (כמו מחסנית)
- אימון טוב בתכנות (ולא רק יישום של עקרונות יסוד)
- בסיס טוב לקראת העבודה בתעשייה
- מושגי יסוד בתכנות
- חשיפה לתכנון ובנייה של מערכות גדולות
- הבנה של תכנון top-down
- דרכים שונות לגישה לבעיות ולפתרון בעיות, כמו גם יכולת לזהות את סוג הבעיה והשיטה לפתרונה

עד שנת 2005 קורס המבוא באוניברסיטה הפתוחה היה מבוסס על דגש פרוצדוראלי בשפת ++C. בשנת 2005 תוכנן באוניברסיטה קורס חדש בג'אווה תוך הצגת עקרונות הגישה מונחית העצמים. הקורס הקיף את כל התכנים של הקורס הפרוצדוראלי ובנוסף גם תכנות מונחה עצמים (הכמסה, הסתרת מידע, מחלקות ועצמים, ירושה, פולימורפיזם). במהלך השבועיים הראשונים של הסמסטר מלמדים את סביבת קארל הרובוט ובהמשך לומדים ג'אווה תוך שימוש בסביבת BlueJ. הדאגה המרכזית באוניברסיטה הייתה איך הסטודנטים יתפסו את העקרונות של הגישה מונחית העצמים ויתמודדו עם עקרונות מדעי המחשב.

בשנת 2006 בסמסטר אביב היו באוניברסיטה שתי קבוצות דומות (אחת למדה את הקורס הפרוצדוראלי הישן והשנייה את הקורס מונחה העצמים החדש) ואז ערכו את המחקר המדווח במאמר לבדיקת ההישגים של שתי הקבוצות.

## תאור המחקר

עורכות המחקר הציבו שתי **שאלות מחקר** עיקריות:

1. באיזו מידה מצליחים הסטודנטים במבחן המסכם בשתי הפרדיגמות: במבחן של הקורס הפרוצדוראלי לעומת המבחן של הקורס מונחה העצמים?
2. האם קיימים הבדלים בתפיסה של מושגים או עקרונות מסוימים במדעי המחשב בין הסטודנטים שלמדו בשתי הגישות? (באופן ספציפי נבדקו הנושאים הבאים: רקורסיה, יעילות של אלגוריתמים, ותכנון תוכנה)

## אוכלוסיית המחקר

המחקר נערך על 170 סטודנטים שלמדו במספר מרכזי לימוד. מתוכם, 94 סטודנטים למדו בקורס הפרוצדורלי, ו-76 למדו בקורס מונחה העצמים. בשתי הקבוצות הסטודנטים הגיעו עם רקע דומה מהלימודים התיכוניים שלהם: כ-75% מהם למדו בתיכון מתמטיקה ברמה גבוהה וגם מדעי המחשב (כ-37% מהסטודנטים בקורס הפרוצדורלי, 39% מהסטודנטים בקורס מונחה העצמים).

## כלי המחקר

בשני הקורסים, הסטודנטים היו צריכים להגיש משימות במהלך הקורס וכן לגשת למבחן מסכם בכתב. המבחן המסכם היה דומה בשני הקורסים, נמשך 3 שעות וכלל 4 שאלות חובה. הסטודנטים הורשו להשתמש במבחן רק בעט ונייר, ללא מחשבים.

## שאלות המבחן:

1. שאלה בנושא רקורסיה  
כתוב פונקציה רקורסיבית שמקבלת שני פרמטרים:  
1) values מערך של שלמים באורך  $n$  (כאשר  $n$  קבוע)  
2)  $x$  מספר שלם  
הפונקציה תחזיר "אמת" אם קיימים איברים של values שסכומם שווה ל- $x$ , ו"שקר" אחרת.  
2. שאלה בנושא יעילות של אלגוריתמים  
כתוב פונקציה בוליאנית שמקבלת מערך של שלמים באורך  $n$  (כאשר  $n$  קבוע).  
הפונקציה תחזיר "אמת" אם קיים מספר שמופיע רק פעם אחת במערך, ו"שקר" אחרת.  
הפונקציה חייבת להיות יעילה בזמן ובמקום. פונקציה לא יעילה לא תקבל את מלוא הנקודות.  
מהי סיבוכיות הזמן והמקום של הפונקציה שכתבת?  
כיצד תשתנה הפונקציה שלך אם היא תקבל פרמטר נוסף – מספר שלם  $k$  – ותבדוק האם קיים איבר שמופיע במערך  $k$  פעמים או יותר? כתוב את הפונקציה (גם הפעם הפונקציה חייבת להיות יעילה בזמן ובמקום).  
מהי סיבוכיות הזמן והמקום בפונקציה השנייה שכתבת?  
3. שאלה בנושא: תכנון מחלקה / מבנה נתונים מופשט ADT  
בשאלה זו נתנו לסטודנטים תיאור מפורט של רעיון וביקשו מהם לתכנן מבנה נתונים שמיישם את הרעיון הזה. הסטודנטים בקורס הפרוצדוראלי התבקשו לכתוב ADT ומספר פונקציות שיאפשרו להשתמש בו, ואילו הסטודנטים בקורס מונחה העצמים התבקשו לכתוב מחלקה שמיישגת את הרעיון. מבנה הנתונים שהתבקשו ליישם היה קבוצה (set). ניתנו להם הגדרה של קבוצה ומספר מאפיינים של קבוצות, כמו: מה מגדיר חבר בקבוצה, כל אברי הקבוצה שונים זה

מזה, מתי קבוצה A שווה לקבוצה B, קבוצות סופיות וקבוצות אינסופיות, מהי קבוצה ריקה, מהי תת קבוצה.

הסטודנטים התבקשו לכתוב ADT או מחלקה שמייצגת קבוצה של מספרים טבעיים זוגיים. הם היו צריכים ליישם את הקבוצה בעזרת רשימה מקושרת בדרך היעילה ביותר. הם התבקשו לכתוב הגדרה של ADT או מחלקה ואת החתימות של הפונקציות / השיטות העיקריות הנדרשות לשימוש בקבוצה. (כלומר, היו צריכים לכתוב רק את הממשק ולא את המימוש המלא).

בנוסף, היו צריכים ליישם פונקציה / שיטה אחת – שמוסיפה איבר חדש לקבוצה.

4. לשאלה הרביעית היו שתי גרסאות.

השאלה בקורס הפרוצדוראלי עסקה בעצים בינאריים. השאלה בקורס מונחה העצמים עסקה בחלק אחד בעצים בינאריים והחלק השני עסק בירושה ופולימורפיזם.

### תוצאות המחקר

המחקר התייחס רק ל- 3 השאלות הראשונות שהיו זהות בשני המבחנים ולכן עורכות המחקר נירמלו את סיכום הנקודות לפי 3 השאלות לציון 0-100.

מבין הסטודנטים של הקורס הפרוצדורלי, 42% עברו את המבחן (את הציון המנורמל) והציון הממוצע שלהם היה 74.6 (עם סטיית תקן של 10.2). מבין הסטודנטים של הקורס מונחה העצמים, 45% עברו את המבחן (הציון המנורמל) בממוצע 78.1 (עם סטיית תקן 9.3). אבל לא היה הבדל משמעותי בין הקבוצות ( $p = 0.101$ ).

להלן התוצאות של 3 השאלות הראשונות (בכל שאלה היה ניתן לקבל מקסימום 24 נקודות)

שאלה	נושא	ממוצע בקורס הפרוצדוראלי	ממוצע בקורס מונחה העצמים	הבדלים בין הקבוצות
1	רקורסיה	12.4 (סטיית תקן 10.02)	12.3 (סטיית תקן 10.62)	לא היה הבדל משמעותי בין הקבוצות ( $p = 0.927$ )
2	יעילות של אלגוריתמים	14.3 (סטיית תקן 6.66)	14.45 (סטיית תקן 6.21)	לא היה הבדל משמעותי בין הקבוצות ( $p = 0.683$ )
3	תכנון ADT או מחלקה	10.75 (סטיית תקן 8.13)	15.01 (סטיית תקן 7.22)	נמצא הבדל משמעותי בין הקבוצות ( $p = 0.0004$ )

### דיון ומסקנות

בבניית הקורס החדש והמעבר לפרדיגמה מונחית העצמים היו באוניברסיטה הפתוחה חששות האם המעבר ישפיע על הפוקוס של הקורס (שמא במקום פתרון בעיות ותכנון אלגוריתמים הדגש יעבור לתכנות מונחה עצמים). מתוצאות המחקר ניתן לראות שאין הבדלים משמעותיים בהישגים בין שני הקורסים.

גם כשבחנו כל שאלה בנפרד מצאו שאין הבדלים משמעותיים ביחס לרקורסיה ויעילות אלגוריתמים, אבל מצאו הבדלים בשאלה השלישית. כלומר, הסטודנטים שלמדו בקורס מונחה העצמים לא "ניזוקו" ואפילו הצליחו יותר כאשר היו צריכים לתכנן פתרון לבעיה יותר גדולה והיו חייבים להשתמש ב-top-down. העובדה שהיו חייבים להתמודד עם תכנון מחלקות כבר מתחילת הקורס סייעה להם להתמודד עם המשימה במבחן.