

# משתנה מופע ריאקטיבי

חיבור על מחקר

לשם מילוי חלקי של הדרישות לקבלת התואר  
מגיסטר למדעים במדעי-המחשב



רבקה אלטשולר

המחקר נעשה בהנחיית פרופ' דוד לורנץ  
במחלקה למתמטיקה ומדעי-המחשב  
האוניברסיטה הפתוחה

הוגש לסנט האו"פ  
כסליו תשפ"ה, רעננה, דצמבר 2024

## תקציר

תיזה זו עוסקת בחיבור בין שני פרדיגמות הפיתוח תכנות ריאקטיבי פונקציונאלי (FRP) ותכנות מונחה עצמים (OOP). ב FRP משפטי השמה הם ברמה גבוהה של הפשטה. המשמעות של השמת ערך למשתנה ריאקטיבי חורגת מעבר לנקודת הזמן הספציפית. כלומר, המערכת ממשיכה לעדכן את המשתנה בהתאם לשינויים רלוונטים.

לדוגמה, ב FRP אם קיים משתנה  $C$  שמייצג את המחיר של מוצר ומכפילים אותו במשתנה  $B$  שמייצג את הכמות כדי לקבל את העלות הכוללת השמורה במשתנה הריאקטיבי  $A := B + C$ , אז שינוי במחיר או בכמות יגרום להתעדכנות אוטומטית של העלות, ללא צורך בקוד נוסף שיטפל בעדכון זה. הדבר דומה לעדכון נתונים המתבצע בגליון אלקטרוני כמו אקסל: ערך של תא אשר מכיל נוסחה התלויה בתאים אחרים מתעדכן אוטומטית בכל שינוי בערך של אחד התאים האחרים בהם הוא תלוי. לדוגמה, אם תא  $A_1$  מכיל את הנוסחה  $B_1 * C_1$ , אזי בכל פעל שמעדכנים את הערכים של  $B_1$  או של  $C_1$ , הערך של  $A_1$  מחושב מחדש.

על מנת לתמוך בהשמה למשתנה ריאקטיבי, שפות התכנות בפרדיגמה של FRP הן בעלות מנגנון מובנה של הפצת שינויים. מקמפלים את משפטי ההשמה, כך שכל משתנה נהיה תלוי במשתנים שנמצאים בביטוי שבאגף הימני של המשפט, ומתחזקים מבנה נתונים לפי עץ התלויות שנוצר. בכל פעם שיש שינוי בערך של משתנה, מזהים את המשתנים התלויים בו ומעדכנים אותם בהתאם. במהלך ההפצה דואגים שכל משתנה יחושב רק אחרי שכל המשתנים שהוא תלוי בהם חושבו.

הטמעת FRP ב OOP היא בעייתית מפני שמימוש מנגנון ההפצה סותר לכאורה את עיקרון הכימוס (Encapsulation) ב OOP. לפי עיקרון זה, כל עצם מנהל את ערכי המשתנים (State) שלו על ידי הפעולות של המחלקה שלו, שרק להם יש גישה למשתנים שלו. אולם מנגנון ההפצה הוא חיצוני לעצם ועדיין צריך לעדכן את State.

אמנם, עצם יכול לשלוח הודעה לעצם אחר, כך שהעצם האחר יוכל להפעיל עדכון למשתנה שלו בהתאם להודעה. לכן, ניתן לממש מנגנון של הפצת שינויים כעצם שיבצע את העדכונים באמצעות שליחת הודעות. אולם זה יוצר בעיה של צימוד (Coupling): כל העצמים חייבים להיות

מחוברים לאותו העצם שמנהל את ההפצה. וכן, להיות מחוייבים יחדיו לכך שהתלויות תהיינה בצורה של עץ (כלומר שלא יהיו מעגלים).

בעיה מרכזית בהטמעה של FRP במערכות OOP מורכבות הכוללות רכיבים רבים התלויים זה בזה היא איך מממשים את מנגנון ההפצה כך שכל עצם ינהל את Staten שלו, ולא שהStaten ינוהל על ידי רכיב מרכזי.

על מנת לפתור בעיה זו, התיזה מציגה הרחבה לשפת OOP עם משתנה מופע ריאקטיבי (RIVar) אשר משלב תכונות של משתנה מופע מ OOP עם משתנה ריאקטיבי מ FRP, ומייצג שילוב שמשיגים בין מנגנוני ההפשטה של הפרדיגמות.