



מיכאל שטאל

ארכיטקט בדיקות תוכנה באינטל, ישראל עוסק בעיקר בבדיקות מערכות משובצות מחשב. במסגרת תפקידו, מיכאל מגדיר שיטות בדיקה ומתודולוגיות עבודה, עוסק בהדרכה ולפעמים אפילו מרשים לו לבדוק משהו (שזה הכי כיף). מיכאל מציג תכופות בכנסים בארץ ובחול' ומלמד בדיקות תוכנה בפקולטה למדעי המחשב באוניברסיטה העברית. ניתן לראות חלק מהמצגות והמאמרים שלו באתר www.testprincipia.com



להבין את הגורמים שמעורבים בה ומשפיעים על התוצאה. במערכות יותר מסובכות, בהן יש יחסים לא ליניאריים בין נתונים, קלטים ותוצאות, המצב קשה עוד יותר.

ישנן גם תוכנות שמלכתחילה קשה להגדיר עבורן תוצאה צפויה. נניח שאנו חוקרים התנהגות של חומר כלשהו בתנאים קיצוניים. פיתחנו אלגוריתם שמתאר את ההתנהגות ואנו רוצים לוודא אם הוא נכון. לא נשאר אלא להיכנס למעבדה, להריץ ניסויים ולהשוות למה שהאלגוריתם נותן. את האלגוריתם נממש כמובן בקוד, שאותו צריך לבדוק. אבל ברגע שתהיה אי התאמה בין האלגוריתם לתוצאות הניסוי, איך נדע אם הבעיה היא שיש באג בקוד, או שהאלגוריתם אינו נכון? אם הניסויים עולים כסף רב, נרצה גם למצוא דרך לבדוק את האלגוריתם עם מינימום הרצות ניסויים במעבדה. איך נבדוק את הקוד של האלגוריתם כשאין לנו "תוצאות צפויות"?

בדיקות מטמורפיות מספקות פתרון מסוים לבעיות שהעליתי. טכניקה זו מאפשרת לנו להריץ הרבה מאוד בדיקות שניתן לייצר באופן אוטומטי, ושאינן דורשות הגדרה מראש של התוצאה הצפויה.

הטכניקה

ישנם מקרים רבים בהם ניתן לנסח יחס צפוי בין תוצאה של בדיקה אחת ובין תוצאות של בדיקות אחרות, גם כשאני לא יודע אם התוצאות עצמן נכונות. נחזור לדוגמה של חיפוש טיסות ונראה שגם אם לא ידוע לי התוכן של בסיס הנתונים, אני יכול לומר משהו אינטליגנטי על התוצאות הצפויות, ברגע שהרצתי בדיקה אחת.

קודם כל אעתיק את בסיס הנתונים מ-production לעותק שעליו אבצע את הבדיקות. אריץ את החיפוש של טיסה לניו יורק עם שני אנשים ואקבל תוצאה מסוימת (נניח: שלוש טיסות אפשריות). כיוון שאני לא יודע מה מכיל בסיס הנתונים, אני לא יכול לפסוק אם תוצאה זו היא נכונה. אבל: כיוון שידועה לי התוצאה הזאת, הרי שאוכל לומר משהו על התוצאה הצפויה כשאריץ את הבדיקה שוב, בשינוי מה:

התוצאה	השינוי
אותו מספר טיסות כמו בבדיקה הראשונה, או פחות	חיפוש טיסה לשלושה אנשים
אותו מספר טיסות כמו בבדיקה הראשונה, או יותר	חיפוש טיסה לאדם אחד
אותו מספר טיסות כמו בבדיקה הראשונה, או יותר	חיפוש טיסה לערים ברדיוס של 100 ק"מ מניו יורק

בדיקות מטמורפיות

עולם ההייטק, כך לפחות מקובל לחשוב, נע ומשתנה במהירות. רעיונות חדשים מופיעים בקצב גבוה, ומה שהיה מיוחד ושונה לפני שנה הוא כבר כמעט חדשות ישנות היום. ומצד שני... משהו שמע על טכניקת בדיקות שנקראת "בדיקות מטמורפיות"? אם לא שמעתם, אין פלא. הרעיון חדש מהניילון. הוא הופיע לראשונה במאמר של Tsong Yueh Chen, Shing Chi Cheung, and Siu Yueh Chen, Ming Yiu ממש לאחרונה... בשנת 1998.

די מדהים שהטכניקה הזו לא ידועה יותר ואף לא מופיעה בחומרי הדרכה לבודקים - אפילו לא בחומר מתקדם. אין גם התייחסות לרעיון ב-ISO 29119 (תקן לבדיקות תוכנה), אם כי זה כנראה עומד להשתנות. אבל אל דאגה. גם אם לא הכרתם את המושג, הרי שעם קריאת מאמר זה מצבכם (לפחות בעניין הזה) ישתפר לאין ערוך.

לא מספיק הטכניקות הקיימות?

הרבה מהמערכות שאנו בודקים הן **דטרמיניסטיות** ומאפשרות לנו לכתוב מקרי בדיקה חד-משמעיים. לדוגמה: נתונה תוכנה שמחשבת פונקציה $y=f(x)$. עבור כל קלט x אני יכול לחשב בסימולטור או בתוכנה מקבילה את התוצאה הצפויה ולהשוות למה שהמערכת הנבדקת מחשבת. למעשה, כל טכניקות הבדיקה הבסיסיות בנויות על ההנחה שיש לנו "אורקל בדיקות" (test oracle) שמולו ניתן להשוות את התוצאה של כל בדיקה.

אבל יש לא מעט מערכות שבהן המצב לא כל כך פשוט. במערכות אלה, התוצאה הצפויה ניתנת לחישוב מראש, אבל רק ברגע נתון; או רק במאמץ חישובי או לוגיסטי לא מבוטל. כשנתוני המערכת או סביבתה ישתנו, התוצאה תשתנה גם היא. תוכנות המשתמשות בבסיסי נתונים גדולים הן דוגמה טובה לזה. חישוב על מערכת חיפוש טיסות. כל זמן שהבדיקות נעשות על מערך נתונים שהוכן במיוחד לצורך הבדיקות, הכל טוב. אנחנו יודעים מה הכנסנו לבסיס הנתונים ועל כן מה התוצאות הצפויות לשאלתה זו או אחרת. אבל הנסיון מראה שכשמשחררים תוכנה כזאת לשימוש בעולם האמיתי מתגלים באגים חדשים שנובעים ממצבים שלא דמיינו שייצורו בבסיס הנתונים. הפתרון הוא לעשות גם בדיקות "in production" - או לפחות על העתק של בסיס הנתונים האמיתי. הבעיה אז היא שקשה מאוד להגדיר את התוצאות הצפויות. כיוון שכל הזמן הנתונים משתנים (אנשים תופסים מקומות; אנשים מבטלים הזמנות; חברות מוסיפות טיסות) הרי חיפוש שיבוצע ברגע נתון ייתן תוצאות מסוימות ואותו חיפוש יניב תוצאות שונות כשבסיס הנתונים של הטיסות ישתנה.

ישנם מקרים בהם ניתן לנסח יחס צפוי בין תוצאה של בדיקה אחת ובין תוצאות של בדיקות אחרות

בעיה אחרת היא העלות של יצירת מקרי הבדיקה. גם כשיש לנו סביבת בדיקות שבה אנו שולטים לגמרי, לא יעיל לכתוב בדיקות רגילות שמורצות תמיד על אותו סט נתונים כיוון שחייבים לוודא שאלגוריתם החיפוש עובד נכון גם כשבסיס הנתונים משתנה. נניח שכתבתי בדיקה המחפשת טיסה לניו יורק לשני אנשים, במחלקת תיירים. ידוע לי שכרגע יש בבסיס הנתונים שתי טיסות המתאימות לתנאים שנתתי (תאריך, נקודת יציאה וכו'). אם הניסוח של הבדיקה הוא "קשיח" ("תוצאה צפויה: שתי טיסות") הרי שלפני הרצת הבדיקה אצטרך לארגן את בסיס הנתונים כך שיכיל רק את אותן שתי אפשרויות, אחרת הבדיקה תכשל. כמובן שאצטרך לכתוב עוד הרבה בדיקות מפורטות, ולפני הרצת כל אחת מהן לדאוג לעדכן את נתוני הטיסות באופן דטרמיניסטי. זה לא יעיל. וכל זה עוד במערכת שקל



הבדיקה הראשונה, זו שיחסית אליה משווים את תוצאות הבדיקות הבאות. ואכן אין כרגע (ומן הסתם גם לא יהיה) מדד כיסוי לטכניקה זו. כן הגיוני להגדיר ציפיית מינימום שעבור כל יחס מטמורפי נרויץ לפחות בדיקה אחת.



חומר לקריאה בתקופת הבידוד החברתי

למי שרוצה ללמוד עוד על בדיקות מטמורפיות אני ממליץ לקרוא את [Metamorphic testing](#). במאמר זה מסכם הכותב, הלל וויין (Hillel Wayne) את הנושא באופן יפה (וזאת תהיה חזרה טובה על החומר שהבאתי כאן). לקראת סוף הכתבה יש קישורים לשורה של מאמרים בנושא, למי שרוצה להעמיק. המאמר המרכזי שעליו מצביע הכותב הוא: [Metamorphic Testing: A Review of Challenges and Opportunities](#) שווה לקרוא. כמו כן, אשמח לשמוע על ניסיונות ותוצאות של יישום בדיקות מטמורפיות. שלחו אלי למייל – או (עדיף!) פרסמו בפורום בדיקות תוכנה בפייסבוק.

מעתה אפשר להריץ את הבדיקה הראשונה עם איזה נתונים שארצה מבחינת תאריך או מצב בסיס הנתונים של הטיסות. למרות שכלל איני יודע אם התוצאה נכונה, הרי שהתוצאה הצפויה של שלושת הבדיקות הבאות נשארת אותו דבר. כלומר, נפטרו מהתלות הקשיחה במצב של בסיס הנתונים. בצורה זו ניתן להגדיר עוד הרבה יחסים מטמורפיים בין תוצאות של בדיקה אחת, לתוצאות הצפויות מבדיקות שמשנות במשהו את הבדיקה הראשונה (מכאן השם "בדיקות מטמורפיות" – מהמילה "מטמורפוזה" שמשמעותה, בין השאר, שינוי צורה).

בדיקות מטמורפיות מאפשרות לייצר כמות רבה של בדיקות, על מערכות מסובכות, בלי צורך להשקיע זמן רב בחישוב התוצאות הצפויות או "ארגון" מערכת הבדיקה לפני כל הרצה. הנה עוד כמה דוגמאות שמופיעות במאמרים המתארים את הטכניקה:

בדיקת פונקציה $\sin(x)$: על כל הרצה של בדיקה עבור ערך x מסוים, אפשר להריץ גם:

- $\sin(-x)$: התוצאה צריכה להיות זהה
- $\sin(x+1)$: התוצאה צריכה להיות זהה, אבל שונה בסימן
- $\sin(x+2\pi)$: התוצאה צריכה להיות זהה

הערה: כשמדובר בתכונה בסיסית של החישוב או של התוכנה, כמו במקרה של חישוב סינוס, יש שקוראים לזה "בדיקות מבוססות תכונות" (property based testing). הרעיון דומה לבדיקות מטמורפיות, ובחלק מהמאמרים הדוגמה של סינוס מופיעה כבדיקה מטמורפית.

מימוש

החלק הקשה (המאתגר ומעניין!) במימוש בדיקות מטמורפיות הוא הגדרת היחסים המטמורפיים. זה משהו שאין ברירה אלא לשבת ולשבור את הראש. אין אלגוריתם או אוטומציה שיעשו את זה בשבילכם ולעתים זה בכלל לא טריוויאלי. במאמר המקורי מ-1998 יש כמה דוגמאות ליחסים מטמורפיים בחיפוש בינארי - זה לא רעיונות שעולים באופן טבעי ומיידי כשחושבים על זה. אתן כאן דוגמה למקרה שבו כתבנו בדיקות שרק עכשיו, בדיעבד, אני מבין שהיו בדיקות מטמורפיות.

בדקנו תוכנה של זיהוי עצמים בסרט וידיאו. הקלט לאלגוריתם היה סרט וידיאו, שבו הופיע חפץ. האלגוריתם היה אמור לזהות את החפץ ואת מיקומו בתמונה.

המצלמה נעה מימין לשמאל, כך שמיקום החפץ השתנה בכל תמונית (frame), 30 - פעמים בשנייה, שזה קצב התמוניות בסרט וידיאו. על מנת שתהיה "תוצאה צפויה", עברנו על הסרט, ובאופן ידני סימנו איפה נמצא החפץ בכל תמונית עשירית (כן, בעסה של עבודה). אבל אז הבנו שאפשר לבדוק עוד משהו, בלי השקעת המאמץ ההזוי של סימון מיקום החפץ בתמוניות נוספות. כיוון שהמצלמה נעה באופן חלק מימין לשמאל, הרי שאנו מצפים שבכל תמונית המיקום של החפץ יהיה טיפה יותר ימינה מזה שבתמונית הקודמת. בצורה כזאת הוספנו עוד עשרות בדיקות, במאמץ מזערי. מחקרים מראים שבעזרת בדיקות מטמורפיות אפשר לגלות באגים שמצליחים לחמוק מבדיקות המבוססות על אורקל בדיקות.

מטריקות כיסוי

יחד עם הגדרה של טכניקת בדיקות מקובל לתת גם מדד כיסוי: כמה טוב מקרי הבדיקה שהגדרנו מכסים את כל הבדיקות שהטכניקה מגדירה. למשל, עבור הטכניקה של בדיקת מחלקות שקילות, כיסוי של 100% משמעותו שמכל מחלקת שקילות בדקנו לפחות נציג אחד. עבור בדיקות מטמורפיות המצב לא פשוט כל כך. בתור התחלה, אין גבול עליון ברור למספר היחסים המטמורפיים שאפשר להגדיר. בדוגמה של חיפוש טיסות נתתי שלושה יחסים. ברור שאפשר להגדיר עוד המון יחסים אחרים. ועבור כל יחס שהגדרנו, אפשר להריץ מספר אין סופי של בדיקות, כשכל פעם משנים את

הצטרפו לצוות המוביל את מגזין עולם הבדיקות

מעוניינים להצטרף לעשייה?
התפנה מקום בצוות המגזין!

הפעילים במגזין הינם אנשי מקצוע בתחום הבדיקות שפועלים בהתנדבות למען קהילת הבודקים בארץ.

לקבלת פרטים נוספים פנו לניצן גולדנברג:

info.testingworld@gmail.com

