

## מושגים בשפות תכנות

### תרגיל 2

להגשה עד 07/12/2016

הנחיות כלליות:

- "הספר" מתייחס ל:

Hanne Riis Nielson, Flemming Nielson: Semantics with Applications: A Formal Introduction  
Available online at [http://www.daimi.au.dk/~bra8130/Wiley\\_book/wiley.html](http://www.daimi.au.dk/~bra8130/Wiley_book/wiley.html)

- בתרגיל נעשה שימוש ב Python בגרסת 2.7. כל הפתרונות צריכים לרוץ עם גרסה זו.
- כל השינויים בקבצים צריכים להיות במקומות המסומנים בהם. אין לשנות בקבצים דבר מלבד במקומות אלה.
- בכל שאלות המימוש באחריותך לבדוק את הקוד שכתבת על דוגמאות נוספות ולוודא את נכונותן.

.1

a. הוסיפי כללים לסמנטיקה של ביטויים אריתמטיים (טבלה 1.1 בספר) עבור טיפול בפעולות בינאריות ([bitwise operations](#)) על מספרים טבעיים:

(x bit-and y)

(x bit-shift-left y)

(x bit-shift-right y)

b. הרחיבי את ה AST של שפת While בקובץ while\_ast.py כדי שכלול ביטויים עבור הפעולות מהסעיף הקודם: BitAnd, BitShiftLeft, BitShiftRight. הרחיבי את הפונקציה eval\_arith\_expr בקובץ expr.py כדי שתטפל בביטויים החדשים לפי הכללים שכתבת בסעיף a.

c. שני את המימוש של הפונקציה eval\_bool\_expr בקובץ expr.py ואת הקבצים nos.py, sos.py, nos\_tree.py, כך שערכי אמת ייוצגו ע"י הקבועים tt, ff (שמוגדרים ב expr.py), ולא ע"י הקבועים הבוליאניים True, False של שפת Python.

d. הריצי את התוכנית הבאה (אלגוריתם הכפל המצרי לחישוב  $84 \cdot 22$ ), גם עם nos\_tree.py וגם עם sos.py:

```
a := 84 ; b := 22 ; c := 0 ; while b ≠ 0 do (  
  (if (b bit-and 1) ≠ 0 then c := c + a else skip) ;  
  a := a bit-shift-left 1 ;  
  b := b bit-shift-right 1  
)
```

הוסיפי את פקודות הרצה ל main של הקבצים, ושמרי את הפלט ב 1nos.txt ו 1sos.txt (על הקבצים לכלול גם את הפלט של תוכנית prog הנתונה וגם את הפלט של אלגוריתם הכפל המצרי באותו פורמט).

2. הוכיחי את השקילות הסמנטית הבאה ב Natural Operational Semantics  
 $(S_1;S_2);S_3 \sim S_1;(S_2;S_3)$

3. נרצה להוסיף לשפת While את הפקודה הבאה:

**repeat S until b**

זוהי לולאה שתמיד מתבצעת פעם אחת לפחות, והביצוע שלה נפסק כאשר התנאי b מתקיים. לדוגמה, הקוד הבא:

**repeat x := x-10 until x<10**

יסתיים במצב בו x=5 אם יתחיל במצב בו x=55, ויסתיים במצב בו x=-3 אם יתחיל במצב בו x=7.

a. הוסיפי כללים (טבלה 2.1 בספר שיגדירו את ה Natural Operational Semantics של פקודת repeat. הכללים אינם יכולים להסתמך על מבנה לולאת while בשפה (כלומר לא ניתן להתייחס בכללים למבנה לולאת while, רק ללולאת repeat).

b. הוכיחי את השקילות הסמנטית הבאה ב Natural Operational Semantics המורחב ע"י הכללים (שהגדרת בסעיף a):

**repeat S until b ~ S ; if b then skip else (repeat S until b)**

c. הוסיפי ל while\_ast.py את המבנה Repeat לייצוג לולאת repeat, והוסיפי ל nos.py ול nos\_tree.py מימוש לפי הכללים (שהגדרת בסעיף a. בדקי את המימוש.

d. הוסיפי כללים (טבלה 2.2 בספר שיגדירו את ה Structural Operational Semantics של פקודת repeat. הכללים אינם יכולים להסתמך על מבנה לולאת while בשפה (כלומר לא ניתן להתייחס בכללים למבנה לולאת while, רק ללולאת repeat).

e. הוסיפי ל sos.py מימוש לפי הכללים (שהגדרת בסעיף d. בדקי את המימוש.

4. הוכיחי שאם:

$$\langle S_1, s \rangle \Rightarrow^k s'$$

אז בהכרח:

$$\langle S_1;S_2, s \rangle \Rightarrow^k \langle S_2, s' \rangle$$

5. הראי (ע"י דוגמה נגדית) שלא בהכרח מתקיים שאם:

$$\langle S_1;S_2, s \rangle \Rightarrow^k \langle S_2, s' \rangle$$

אז:

$$\langle S_1, s \rangle \Rightarrow^k s'$$

רמז: בחני היטב את הביצוע של התוכנית משאלה 1 ע"י sos.py ובני דוגמה נגדית בהשראתו.

6. **בנוס 1**

הוכיחי (עבור הכללים שהגדרת בשאלה 3 סעיף a) את השקילות הסמנטית הבאה ב Natural Operational Semantics:

**repeat S until b ~ S ; while ¬b do S**

7. **בנוס 2**

הוכיחי (עבור הכללים שהגדרת בשאלה 3 סעיף d) את השקילות הסמנטית הבאה ב Structural Operational Semantics:

**repeat S until b ~ S ; while ¬b do S**

**בהצלחה!**