שפות תכנות - 17/07/16 , מסטר - ק'
מועד - ק'

אוניברסיטת אריאל בשומרון

שאלה 1 — BNF — (20 נקודות):

סעיף א' (6 נקודות):

כתבו דקדוק עבור שפת המחרוזות הסופיות (באורך גדול מ-0) של אפסים ואחדות. להלן דוגמאות למילים חוקיות בשפה. הראו גזירה למילה באורך ארבעה תווים.

```
1 0 0 0
1 0 1 0 1 0 1 0
1 1
```

סעיף ב' (7 נקודות):

הסבירו את מושג ה-ambiguity ביחס לדקדוק שהגדרתם. בפרט הראו שני דקדוקים לאותה שפה (של סעיף א). אחד שמתקיימת בו התכונה ואחר שאינה מתקיימת בו. הסבירו את תשובתכם.

סעיף ג' (7 נקודות):

הסבירו את מושג ה-compositionality ביחס לדקדוק שהגדרתם. בפרט, הראו בחירה של סמנטיקה ושני דקדוקים לאותה שפה (של סעיף א). אחד שמתקיימת בו התכונה ואחר שאינה מתקיימת בו. הסבירו את תשובתכם.

שאלה 2 — With vs. Call — (20 נקודות):

סעיף א' (10 נקודות):

נתון הקוד הבא:

```
(run "{with { x {* 3 4}}
        {with {foo {fun {y} {- x y}}}
          {call foo 2}}}")
```

החליפו את הקוד הנ"ל בקוד שקול בו לא מופיעה המילה with – לצורך כך השתמשו במילה call.

סעיף ב' (10 נקודות):

סטודנט מחק את הוואריאנט (הבנאי) With של הטיפוס FLANG באינטרפרטר (במודל הסביבות) ואת כל שורות הקוד שהשתמשו בבנאי With. הכלילו את הרעיון מסעיף א', כדי לדאוג שהאינטרפטר ימשיך לפעול כמצופה, גם ללא הבנאי With (אסור שהממשק מול מתכנת בשפה FLANG ישתנה).

הדרכה: החליפו את השורות המתאימות בפרוצדורה parse-sexpr – בשורות קוד שאינן מכילות הפעלה של בנאי With (אלא בנאים חלופיים קיימים). עליכם לכתוב במחברת רק את שורות הקוד המקוריות שבחרתם לשנות ומתחתיהן, את שורות הקוד החלופיות.

שאלה 3 — (37 נקודות): נתון הקוד הבא:

```
(run "{with {foo {fun {x} {* x x}}}
        {call {with {foo {fun {y} {- y 1}}}
                {fun {x} {call foo x}}}
              4}}")
```

סעיף א' (15 נקודות):

תארו את הפעלות הפונקציה **eval** בתהליך ההערכה של הקוד מעלה במודל ה-**substitution-cache** (על-פי ה-interpreter התחתון מבין השלושה המצורפים מטה) - באופן הבא – לכל הפעלה מספר i תארו את AST_i – הפרמטר האקטואלי הראשון בהפעלה מספר i *(עץ התחביר האבסטרקטי)*, את $Cache_i$ – הפרמטר האקטואלי השני בהפעלה מספר i *(רשימת ההחלפות)* ואת RES_i – הערך המוחזר מהפעלה מספר i.

הסבירו בקצרה כל מעבר. ציינו מהי התוצאה הסופית.

דוגמת הרצה: עבור הקוד

```
(run "{with {x 1} {+ x 2}}")
```

היה עליכם לענות (בתוספת הסברים)

```
AST1  = (With x (Num 1) (Add (Id x) (Num 2)))
Cache1 = '()
RES1  = (Num 3)
AST2  = (Num 1)
Cache2 = '()
RES2  = (Num 1)
AST3  = (Add (Id x) (Num 2))
Cache3 = '((x (Num 1))
RES3  = (Num 3)
AST4  = (Id x)
Cache4 = '(x (Num 1))
RES4  = (Num 1)
AST5  = (Num 2)
Cache5 = '((x (Num 1))
RES5  = (Num 2)
Final result: 3
```

אוניברסיטת
אריאל
בשומרון

סעיף ב' (7 נקודות):

מה היה קורה לו היינו מבצעים את ההערכה במודל הסביבות? מהי התשובה הרצויה? מדוע? (אין צורך לבצע הערכה). תשובה מלאה לסעיף זה לא תהיה ארוכה משלוש שורות (תשובה ארוכה מדי תקרא חלקית).

סעיף ג' (15 נקודות):

האינטרפרטר שכתבנו במודל ה-substitution-cache מממש dynamic-scoping ואילו האינטרפרטר שכתבנו במודל הסביבות מממש lexical-scoping. בשאלה זאת, עליכם לשנות את הקוד של האינטרפרטר שכתבנו במודל הסביבות (העליון מבין השניים המופיעים מטה) – על מנת להמירו למימוש של dynamic-scoping. עליכם לשנות מעט ככל שחוכלו מהקוד.

העתיקו למחברת רק את שורות הקוד שברצונכם לשנות וציינו בבירור מהו השינוי הנדרש. ככל שתשובתכם תכלול פחות שינויים לקוד המקורי, היא תזכה אתכם ביותר ניקוד. הסבירו בבירור מדוע השינויים שביצעתם נדרשים ומדוע הם מספיקים. תשובה ללא הסבר, לא תזכה אתכם בניקוד.

רמז: תשובה טובה תהיה קצרה מאד.

שאלה 4 — הרחבת השפה FLANG מודל הסביבות — (32 נקודות):

לצורך פתרון שאלה זו נעזר בקוד ה- interpreter של FLANG במודל הסביבות, המופיע בסוף טופס המבחן (העליון מבין השניים המופיעים שם).

נרצה להרחיב את השפה FLANG ולאפשר חישוב לולאות for עם פעולת חיבור או עם פעולת כפל. כלומר, נאפשר חזרה על קטע קוד, עם מונה (counter), כך שבתוך קטע הקוד מותר להשתמש בערך המונה (קטע הקוד עשוי להיות כל ביטוי על פי התחביר בשפה). הערך המוחזר מחישוב כל הלולאה יהיה סכום כל הערכים המוחזרים מכל החישובים בכל האיטרציות של הלולאה (אם הביטוי משתמש באופרטור +, ראו דוגמאות מטה) או מכפלת כל הערכים הללו (אם הביטוי משתמש באופרטור *).

להלן דוגמה לביטוי אפשרי:

```
"{ for + { i } = 1 to 12 do {+ 1 i} }"
```

כאן, i הוא שם המונה, 1 הוא ערך התחלתי למונה ו-12 הוא גבול עליון, {+ 1 i} הוא גוף הלולאה והפעולה היא פעולת החיבור (זאת על-פי השימוש באופרטור +). לשם פשטות, בהמשך ניתן תמיד להניח שערך הגבול העליון למונה גדול ממש מן הערך ההתחלתי עבור המונה וכי שניהם מספרים שלמים.

להלן דוגמאות לטסטים שאמורים לעבוד:

```
(test (run "{ for + { i } = 1 to 12 do 1 }")
        => 12)
```

```
(test (run "{ for + { i } = {+ 1 0} to 5 do i }")
        => 15)
(test (run "{with {x { for + { i } = 1 to 5 do i }}
                {- x 10}}")
        => 5)

(test (run "{ for * { i } = 1 to 4 do i }")
        => 24)

(test (run
    "{with {factorial {fun {n} { for * { i } = 1 to n do i }}}
         {call factorial 4}}")
      => 24)

(test (run "{ for + { i } = {with {x {- 5 3}} x} to {- 7 4} do
           {with {sqr {fun {x} {* x x}}}
              {call sqr i}}}")
      => 13)
(test (run
     "{ + 5 { for + { i } = {with {x {- 5 3}} x} to {- 7 4} do
                {with {sqr {fun {x} {* x x}}}
                   {call sqr i}}}}")
      => 18)

(test (run "{ for - { i } = 1 to 12 do 1 }")
        =error> "parse-sexpr: bad `for' syntax in")
```

<u>הערה:</u> השתמשו בדוגמאות אלו בכדי להבין את דרישות התחביר, את אופן הערכת הקוד וכן את הודעות השגיאה שיש להדפיס במקרים המתאימים.

<u>סעיף א' (הרחבת הדקדוק) (6 נקודות):</u>

כתבו מהם שני כללי הדקדוק שיש להוסיף לדקדוק הקיים.

```
—«fill-in 1»—

—«fill-in 2»—
```

<u>סעיף ב' (הרחבת הטיפוס FLANG) (5 נקודות):</u>

הוסיפו את הקוד הנדרש (יש להוסיף בנאי יחיד) ל –

```
(define-type FLANG
...
[For —«fill-in 3»—]
...)
```

הדרכה: הארגומנט הראשון צריך להיות זה שינדיר את הפעולה המתאימה (חיבור או כפל).

סעיף ג' (parsing) (10 נקודות):

השתמשו בדוגמאות הטסטים מעלה כדי להבין אילו הודעות שגיאה רצויות. הוסיפו את הקוד הנדרש (בתוך הסוגריים המרובעים – 7 השלמות סה"כ לסעיף זה) ל –

```
(: parse-sexpr : Sexpr -> FLANG)
  ;; to convert s-expressions into FLANGs
  (define (parse-sexpr sexpr)
    (match sexpr
      ....
      [(cons –«fill-in 4»–)
       (match –«fill-in 5»–
         [(list 'for –«fill-in 6»–)
          –«fill-in 7»–]
         [(list 'for –«fill-in 8»–)
          –«fill-in 9»–]
         [else –«fill-in 10»–])]
      ....
      [else (error 'parse-sexpr "bad syntax in ~s"
         sexpr)]))
```

סעיף ד' (evaluation) (11 נקודות):

בסעיף זה נשלים את הקוד שיאפשר הערכה של ביטויי לולאה כפי שהגדרנו בסעיפים הקודמים.
ראשית, נהפוך את הפרוצדורה NumV->number זמינה ומוכרת (עד כה הייתה פנימית ל - arith-op).

```
(: NumV->number : VAL -> Number)
(define (NumV->number v)
  (cases v
    [(NumV n) n]
    [else (error ' NumV->number "expected a number, got: ~s" v)]))
(: arith-op : (Number Number -> Number) VAL VAL -> VAL)
  ;; gets a Racket numeric binary operator,
  ;; and uses it within a NumV wrapper
  (define (arith-op op val1 val2)
    (NumV (op (NumV->number val1) (NumV->number val2))))
```

עתה נכתוב פונקציה שתקרא ע"י eval ותבצע את האיטרציות של הלולאה והחלת הפעולה האריתמטית על כל תוצאות החישובים האיטרטיביים. השלימו את הקוד החסר:

op - + , *

```
(: eval-for-loop : (Number Number -> Number) Symbol FLANG
FLANG FLANG ENV -> VAL)
 (define (eval-for-loop op cnt-name from-exp to-exp body env)
   (: loop-eval :  Number Number -> VAL)
   (define (loop-eval from to)
     (if —«fill-in 11»—
         (eval —«fill-in 12»—)
         (arith-op —«fill-in 13»—)
   (loop-eval —«fill-in 14»—))
```

הדרכה: כדי להשלים את #11 – חישבו מהו תנאי העצירה המתאים במקרה שאמורה להיות איטרציה אחת. כדי להשלים את #12 – זכרו שבתוך גוף הלולאה ייתכנו מופעים חופשיים של שם המונה.

הערה: לשם פשטות, ניתן להניח שערך הגבול העליון למונה גדול ממש מן הערך ההתחלתי עבור המונה וכי שניהם מספרים שלמים.

לבסוף, השלימו את שורת הקוד המתאימה בפונקציה eval:

```
(: eval : FLANG ENV -> VAL)
  ;; evaluates FLANG expressions by reducing them to values
  (define (eval expr env)
    (cases expr
     …
      [(For —«fill-in 15»—)
       (—«fill-in 16»—)]))
```

```
--<<<FLANG-ENV>>>-----------------------------------------------------

  ;; The Flang interpreter, using environments

  #lang pl

  #|
  The grammar:
    <FLANG> ::= <num>
              | { + <FLANG> <FLANG> }
              | { - <FLANG> <FLANG> }
              | { * <FLANG> <FLANG> }
              | { / <FLANG> <FLANG> }
              | { with { <id> <FLANG> } <FLANG> }
              | <id>
              | { fun { <id> } <FLANG> }
              | { call <FLANG> <FLANG> }

  Evaluation rules:
    eval(N,env)                = N
    eval({+ E1 E2},env)        = eval(E1,env) + eval(E2,env)
    eval({- E1 E2},env)        = eval(E1,env) - eval(E2,env)
    eval({* E1 E2},env)        = eval(E1,env) * eval(E2,env)
```

18:50 מועד - ב', סמסטר - ב', 14.7.16

שאלה 1:

(א).

<Bits> ::= (1) 1
| (2) 0
| (3) 1 <Bits>
| (4) 0 <Bits>

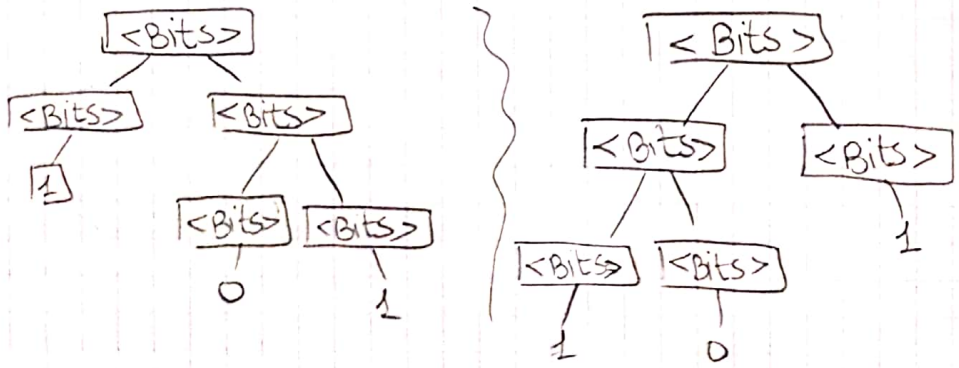
מילה - 1010

$$\langle Bits\rangle \overset{(3)}{\Rightarrow} 1\ \underline{\langle Bits\rangle} \overset{(4)}{\Rightarrow} 1\ 0\ \underline{\langle Bits\rangle} \overset{(3)}{\Rightarrow} 1\ 0\ 1\ \underline{\langle Bits\rangle} \Rightarrow \overset{(2)}{\Rightarrow} 1010$$

(ב). ambiguity - קיים אם אפשר לפרש מילה משפט ב-2 עצים שונים.
הדקדוק שלשי: מסלול אל אחד סופל מדו-משמעי.
וראה דקדוק שבו כן יש ambiguity-

<Bits> ::= (1) 0
| (2) 1
| (3) <Bits> <Bits>

לדוגמא עבור - 101 - יש 2 עצי-גזירה



(ב) Compositionality - כך אומר שמשקל הקבוצה הכ.

לא תשפיע על מבנה העץ.

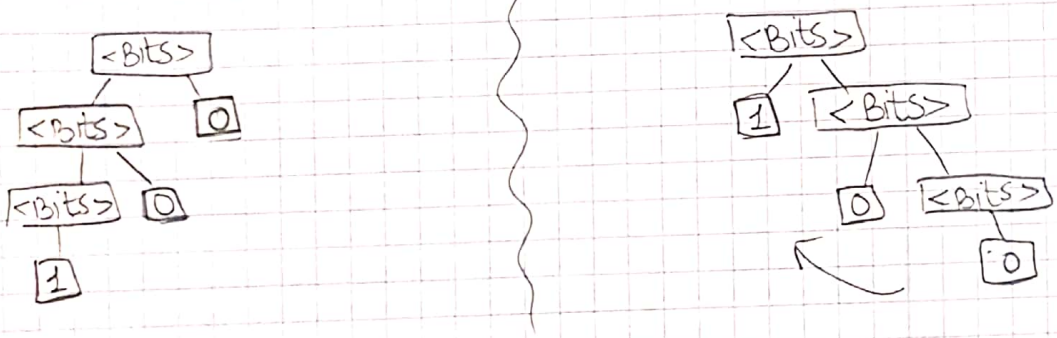
נגדיר עוד דקדוק לשפה בסעיף א'-

<Bits> ::= 1
| 0
| <Bits> 1
| <Bits> 0.

ונסה לצייר את המילה 100 בשני

הדקדוקים -

(בסעיף א')



ניתן סמנטיקה של מספר טבעי - בדרך שאעשה

כן תשפיע על מבנה העץ משום שנדרשה לחשב-

$1\cdot 2^2+0+0=4$

סימן העץ

נעבור בדרך ימין- נגדיר -

$eval(x)=x+2\cdot eval(left)$

$0+2\cdot eval(left)=2\cdot(0+2\cdot eval(left))=$

$=2\cdot(2\cdot 1)=4$

⇐ כלומר - כאן לא משפיע על המבנה של העץ, לכן כאן יש compositionality

שאלה 12:

(א). נשתמש בכללים -

(With {id named} body)

(Call (Fun id body) named)

ב. with הפנימי -

{call {fun foo {call foo 2}}
{fun {y} {- x y}}}

body

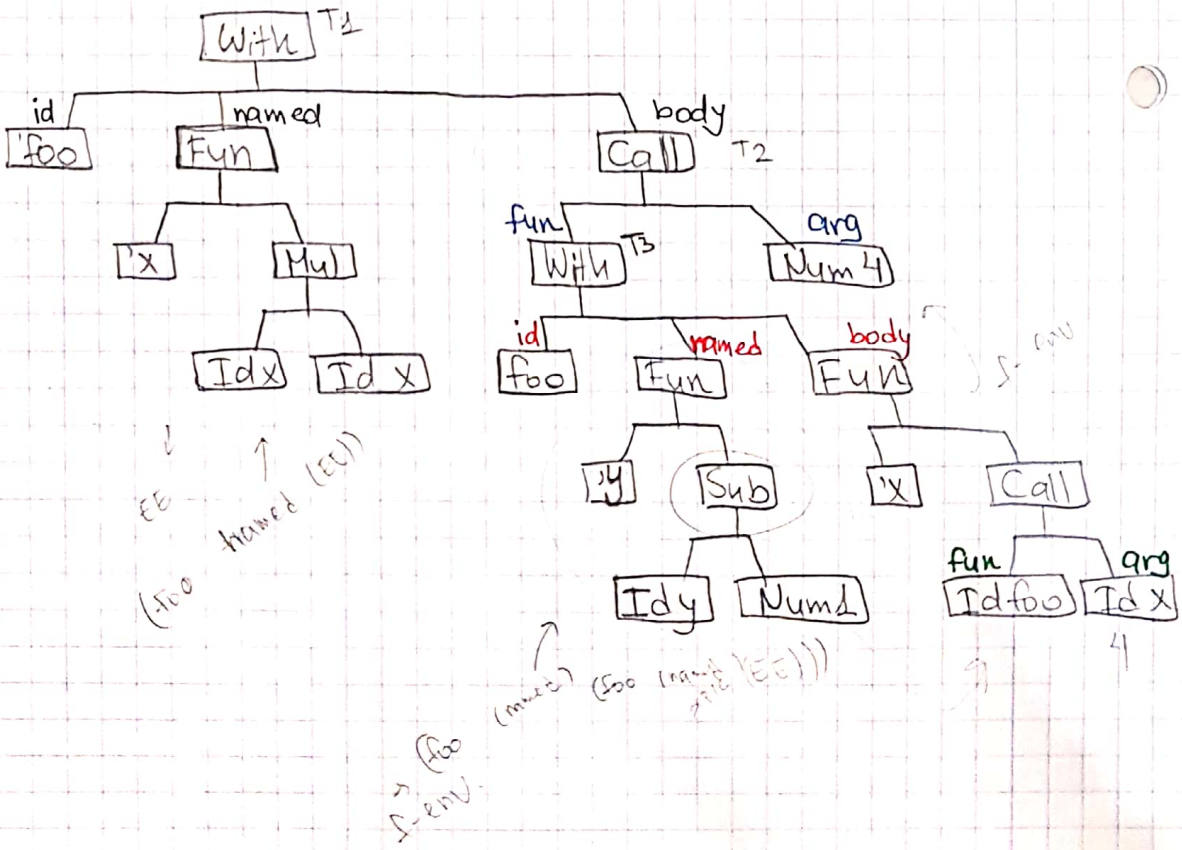
(run "{call {fun {x}
{Call {fun {foo} {Call foo 2}}
{fun {y} {- x y}}}
{* 3 4}}}

(ג). בהתאם ל- parse-sexpr -

(Call (Fun name (parse-sexpr body)) (parse-sexpr named))

שאלה 13

נשים לב שיצא לנו -



(Sc) . (1c)

AST1: T1

Cache1: '()

Res1: (Num 16)

AST2: (Fun x (Mul (Id x) (Id x))) } eval (named)

Cache2: '()

Res2: (Fun x (Mul (Id x) (Id x)))

AST3: T2 eval (body)

Cache3: ((foo (Fun x (Mul (Id x) (Id x)))))

Res3: Res8 = (Num 16)

Res1 ← Res3

AST4: T3 eval (fun)

Cache4: Cache 3

Res4: Res 6

AST5: (Fun y (Sub (Id y) (Num 1))) eval (named)

Cache5: Cache 4

Res5: (Fun y (Sub (Id y) (Num 1)))

AST6: (Fun x (Call (Id foo) (Id x))) eval (body)

Cache6: ((foo (Fun y (Sub (Id y) (Num 1)))) Cache4)

Res6: (Fun x (Call (Id foo) (Id x)))

id body

eval(fun) ← Res6

AST7: (Num 4) eval (arg)

Cache7: Cache 3

Res7: (Num 4)

AST8: (Call (Id foo) (Id x)) eval (body)

fun arg

Cache8: ((x (Num 4)) Cache 3)

Res8: (Num 16) = Res 11

eval(foo)

AST9: (Id foo)

Cache9: Cache8

Res9: (Fun x (Mul (Id x) (Id x)))

id body

eval(arg)

AST10: (Id x)

Cache10: Cache 8

Res10: (Num 4)

AST11: (Mul (Id x) (Id x))

Cache11: ((x (Num 4)) Cache 8)

Res11: (Num 16)

AST12: (Id x)

Cache12: Cache 11

Res12: (Num 4)

AST13: (Id x)

Cache13: Cache 11

Res13: (Num 4)

(ב). במשפט הסביבות הינו מקבלים - 3, משום שהפונ' הוא "שומרת" את הסביבה מהן הוגדרו והיא שבה שאנו רוצים הינו 3 - משום שאנו רוצים lexical scoping (לא dynamic כמו ב- JS)

(ג). כדי לשנות ל- dynamic - לא נדרש לשמור את הסביבה שבה הפונ' הוגדרה, אלא את הסביבה שאנו קוראים לה. ולכן נשנה כך - נאיפה שה- Call מראך ה- let - ב- cases

[(FunV bound-id bound-body env) ...

צה השינוי.. נבדוק! ☺

שאלה 4:

(א).

1. 1{ for + {<id>} = <FLANG> to <FLANG> do
<FLANG>}

2. 1{ for * {<id>} = <FLANG> to <FLANG> do
<FLANG>}

(ב).

3. [For (U '+ '*) Symbol FLANG FLANG
FLANG]

(ג).

```
4. (cons 'for more)
5. (match sexpr
6. [(list 'for '+ (list (symbol: counter))
        '= num1 'to num2 'do calc)
7. (For '+ counter (parse-sexpr num1)
                   (parse-sexpr num2)
                   (parse-sexpr calc))]

8. [(list 'for '* (list (symbol: counter))
        '= num1 'to num2 'do calc)
9. (For '* counter (parse-sexpr num1)
                   (parse-sexpr num2)
                   (parse-sexpr calc))]

10. [else (error 'parse-sexpr "bad 'for' syntax in~s"
                 sexpr)]
```

11. (if (= from to) . (a)

12. (eval body
(Extend cnt-name (NumV from) env))

13. (arith-op op (eval body (Extend cnt-name (NumV from) env))
(loop-eval (add1 from) to))

14. (loop-eval (NumV-> number (eval from-exp env))
(NumV-> number (eval to-exp env)))

15. [(For op counter from to body)

16. (eval-for-loop op counter from to body env)]