

עבודה 4

בחרנו ליישם את values בתור special form

חלק 1:

1.

`(lambda (x1 y1) (if (> x1 y1) #t #f)) 8 3)`

בסוף נקבל כי $T_0 = \text{Boolean}$

Expression	var
<code>((lambda (x1 y1) (if (> x1 y1) #t #f)) 8 3)</code>	T_0
<code>(lambda (x1 y1) (if (> x1 y1) #t #f))</code>	T_1
<code>(if (> x y) #t #f)</code>	T_2
<code>(> x y)</code>	T_3
<code>></code>	$T_{>}$
<code>x</code>	T_x
<code>y</code>	T_y
<code>#t</code>	$T_{\text{Boolean}\#t}$
<code>#f</code>	$T_{\text{Boolean}\#f}$
<code>8</code>	$T_{\text{Num}8}$
<code>3</code>	$T_{\text{Num}3}$

Expression	Equation
<code>((lambda (x1 y1) (if (> x1 y1) #t #f)) 8 3)</code>	$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$
<code>(lambda (x1 y1) (if (> x1 y1) #t #f))</code>	$T_1 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$
<code>(if (> x y) #t #f)</code>	$T_2 = T_{\text{Boolean}\#t}$ $T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$

$(> x y)$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$
$>$	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$\#t$	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$
$\#f$	$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$
8	$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$
3	$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$

שלב ראשון:

Expression	Substitution
$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$	
$T_1 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	
$T_2 = T_{\text{Boolean}\#t}$	
$T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$	
$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	
$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$	
$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$	
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	
$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$	

שלב שני:

Expression	Substitution
$T_1 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	$T_1 = [T_{Num8} * T_{Num3} \rightarrow T_0]$
$T_2 = T_{Boolean\#t}$	
$T_{Boolean\#t} = T_{Boolean\#f}$	
$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	
$T_{>} = [Number * Number \rightarrow Boolean]$	
$T_{Boolean\#t} = Boolean$	
$T_{Boolean\#f} = Boolean$	
$T_{Num8} = Number$	
$T_{Num3} = Number$	

שלב שלישי:

Expression	Substitution
$T_2 = T_{Boolean\#t}$	$T_1 = [T_{Num8} * T_{Num3} \rightarrow T_0]$
$T_{Boolean\#t} = T_{Boolean\#f}$	
$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	
$T_{>} = [Number * Number \rightarrow Boolean]$	
$T_{Boolean\#t} = Boolean$	
$T_{Boolean\#f} = Boolean$	
$T_{Num8} = Number$	
$T_{Num3} = Number$	
$T_x = T_{Num8}$	
$T_y = T_{Num3}$	
$T_2 = T_0$	

שלב רביעי:

Expression	Substitution
$T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$	$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$
$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	$T_2 = T_{\text{Boolean}\#t}$
$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$	
$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$	
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	
$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$	
$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$	
$T_x = T_{\text{Num}8}$	
$T_y = T_{\text{Num}3}$	
$T_2 = T_0$	

שלב חמישי:

Expression	Substitution
$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_2]$	$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$
$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$	$T_2 = T_{\text{Boolean}\#t}$
$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$	$T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	
$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$	
$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$	
$T_x = T_{\text{Num}8}$	
$T_y = T_{\text{Num}3}$	
$T_2 = T_0$	

שלב שישי:

Expression	Substitution
$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$	$T_1 = [T_{\text{Num8}} * T_{\text{Num3}} \rightarrow T_0]$
$T_{\text{Boolean\#t}} = \text{Boolean}$	$T_2 = T_{\text{Boolean\#t}}$
$T_{\text{Boolean\#f}} = \text{Boolean}$	$T_{\text{Boolean\#t}} = T_{\text{Boolean\#f}}$
$T_{\text{Num8}} = \text{Number}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_{\text{Boolean\#t}}]$
$T_{\text{Num3}} = \text{Number}$	
$T_x = T_{\text{Num8}}$	
$T_y = T_{\text{Num3}}$	
$T_2 = T_0$	

שלב שבע:

Expression	Substitution
$T_{\text{Boolean\#t}} = \text{Boolean}$	$T_1 = [T_{\text{Num8}} * T_{\text{Num3}} \rightarrow T_0]$
$T_{\text{Boolean\#f}} = \text{Boolean}$	$T_2 = T_{\text{Boolean\#t}}$
$T_{\text{Num8}} = \text{Number}$	$T_{\text{Boolean\#t}} = T_{\text{Boolean\#f}}$
$T_{\text{Num3}} = \text{Number}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_{\text{Boolean\#t}}]$
$T_x = T_{\text{Num8}}$	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_y = T_{\text{Num3}}$	
$T_2 = T_0$	

שלב שמונה:

Expression	Substitution
$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$	$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	$T_2 = T_{\text{Boolean}\#t}$
$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$	$T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$
$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow T_{\text{Boolean}\#t}]$
$T_x = T_{\text{Num}8}$	$T_> = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_y = T_{\text{Num}3}$	
$T_2 = T_0$	

שלב תשע:

Expression	Substitution
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	$T_1 = [T_{\text{Num}8} * T_{\text{Num}3} \rightarrow T_0]$
$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$	$T_2 = \text{Boolean}$
$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$	$T_{\text{Boolean}\#t} = T_{\text{Boolean}\#f}$
$T_x = T_{\text{Num}8}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_y = T_{\text{Num}3}$	$T_> = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_2 = T_0$	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$

שלב עשר:

Expression	Substitution
$T_{Num8} = \text{Number}$	$T_1 = [T_{Num8} * T_{Num3} \rightarrow T_0]$
$T_{Num3} = \text{Number}$	$T_2 = \text{Boolean}$
$T_x = T_{Num8}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_y = T_{Num3}$	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_2 = T_0$	$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$
$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$	$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$

שלב אחד-עשר:

Expression	Substitution
$T_{Num3} = \text{Number}$	$T_1 = [\text{Number} * T_{Num3} \rightarrow T_0]$
$T_x = T_{Num8}$	$T_2 = \text{Boolean}$
$T_y = T_{Num3}$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_2 = T_0$	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$	$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{Boolean\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{Num8} = \text{Number}$

שלב שניים-עשר:

Expression	Substitution
$T_x = T_{Num8}$	$T_1 = [Number * \text{Number} \rightarrow T_0]$
$T_y = T_{Num3}$	$T_2 = Boolean$
$T_2 = T_0$	$T_3 = [T_x * T_y \rightarrow Boolean]$
$T_{Boolean\#f} = Boolean$	$T_{>} = [Number * Number \rightarrow Boolean]$
	$T_{Boolean\#t} = Boolean$
	$T_{Boolean\#f} = Boolean$
	$T_{Num8} = Number$
	$T_{Num3} = Number$

שלב שלוש-עשרה:

Expression	Substitution
$T_y = T_{Num3}$	$T_1 = [Number * Number \rightarrow T_0]$
$T_2 = T_0$	$T_2 = Boolean$
$T_{Boolean\#f} = Boolean$	$T_3 = [\text{Number} * T_y \rightarrow Boolean]$
	$T_{>} = [Number * Number \rightarrow Boolean]$
	$T_{Boolean\#t} = Boolean$
	$T_{Boolean\#f} = Boolean$
	$T_{Num8} = Number$
	$T_{Num3} = Number$
	$T_x = Number$

שלב ארבע-עשרה:

Expression	Substitution
$T_2 = T_0$	$T_1 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow T_0]$
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	$T_2 = \text{Boolean}$
	$T_3 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$
	$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$
	$T_x = \text{Number}$
	$T_y = \text{Number}$

שלב חמש-עשרה:

Expression	Substitution
$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$	$T_1 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow T_0]$
$T_0 = \text{Boolean}$	$T_2 = \text{Boolean}$
	$T_3 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$
	$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$
	$T_x = \text{Number}$
	$T_y = \text{Number}$

שלב שש-עשרה:

Expression	Substitution
$T_0 = \text{Boolean}$	$T_1 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow T_0]$
	$T_2 = \text{Boolean}$
	$T_3 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$
	$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$
	$T_x = \text{Number}$
	$T_y = \text{Number}$

שלב שבע-עשרה:

Expression	Substitution
	$T_1 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_2 = \text{Boolean}$
	$T_3 = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{>} = [\text{Number} * \text{Number} \rightarrow \text{Boolean}]$
	$T_{\text{Boolean}\#t} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Boolean}\#f} = \text{Boolean}$
	$T_{\text{Num}8} = \text{Number}$
	$T_{\text{Num}3} = \text{Number}$
	$T_x = \text{Number}$
	$T_y = \text{Number}$
	$T_0 = \text{Boolean}$

סעיף 2

1. $\{f:[T1 \rightarrow T2], x: T1\} \vdash (f x): T2$
 נכון - ידוע שכאשר פונקציה מקבלת ארגומנט מסוג $T1$ היא מחזירה ארגומנט מסוג $T2$, הפעלנו את f על x כאשר נתון כי x מסוג $T1$ ולכן נקבל ארגומנט מסוג $T2$
2. $\{f:[T1 \rightarrow T2], g: [T2 \rightarrow T3], x: T2\} \vdash (f g x): T3$
 לא נכון - מכיוון ש f מקבלת רק ארגומנט אחד ואילו בדוגמת הרצה f מקבלת 2 ארגומנט g ו- x .
3. $\{f:[T2 \rightarrow T1], g: [T1 \rightarrow T2], x: T1\} \vdash (f (g x)): T1$
 נכון - נשים לב כי g מקבלת ארגומנט מסוג $T1$ ומחזירה ארגומנט מסוג $T2$ ולכן כאשר נפעיל את g על x שהוא מסוג $T1$ נקבל ארגומנט מסוג $T2$ לאחר מכן בהפעלת f על הארגומנט שהתקבל מסוג $T2$ נקבל ארגומנט מסוג $T1$, ולכן ההרצה תקינה.
4. $\{f:[T2 \rightarrow \text{Number}], x: \text{Number}\} \vdash (f x x): \text{Number}$
 לא נכון - מכיוון ש f מוגדרת כפונקציה שמקבלת רק ארגומנט אחד ואילו בדוגמת הרצה f מקבלת 2 ארגומנט x ו- x .

סעיף 3

1. cons
 $\{\text{cons}: [T1 * T2] \rightarrow \text{Pair}(T1, T2)\}$
2. car
 $\{\text{car}: \text{Pair}(T1, T2) \rightarrow T1\}$
3. cdr
 $\{\text{cdr}: \text{Pair}(T1, T2) \rightarrow T2\}$

סעיף 4

(Define f (lambda (x) (values x x x)))
 $\{f: [T1] \rightarrow (\text{Tuple } T1 * T1 * T1)\}$

1. $T1, T2$
 $\{T1 = T2\}$
2. Number, Number
 $\{\text{Empty Substitution}\}$
3. $[T1 * [T1 \rightarrow T2] \rightarrow \text{Number}]$, $[[T3 \rightarrow \text{Number}] * [T4 \rightarrow \text{Number}] \rightarrow \text{Number}]$
 $\{T1 = T4 = [T3 \rightarrow \text{Number}], T2 = \text{Number}\}$
4. $[T1 \rightarrow T1]$, $[T1 \rightarrow [\text{Number} \rightarrow \text{Number}]]$
 $\{T1 = [\text{Number} \rightarrow \text{Number}]\}$

חלק 2:

```
(define f: [x: Number -> Tuple(Number*Number)]  
  (lambda (x: Number): Tuple(Number*Number)  
    (values x (+ x 1))))
```

```
(define g: [x: T1 -> Tuple(String*T1)]  
  (lambda (x: T1): Tuple(String*T1)  
    (values "x" x)))
```

חלק 4:

היתרון של Promise על Callback הוא ש Promise מספק הצגת קוד קריאה ונקייה יותר, נותן תחושה של קוד סינכרוני בכך שמשרשרים את ה then ו-catch, בעוד אותו דבר ב Callback יהיה מעין פירמידה מסועפת.