עקרונות שפות תכנות -- דף נוסחאות, סמסטר א', 2023/2024

1. כללי הסמנטיקה הטבעית:

(א) ass: $\dfrac{}{\langle x := a, s\rangle \to s\left[x \mapsto \mathcal{A}\left[a\right]s\right]}$

(ב) $skip$: $\dfrac{}{\langle skip, s\rangle \to s}$

(ג) $comp$: $\dfrac{\langle S_1, s\rangle \to s', \langle S_2, s'\rangle \to s''}{\langle S_1; S_2, s\rangle \to s''}$

(ד) if^{tt}: $\dfrac{\langle S_1, s\rangle \to s'}{\langle if\, b\, then\, S_1\, else\, S_2, s\rangle \to s'}$ אם $\mathcal{B}\left[b\right]s = tt$

(ה) if^{ff}: $\dfrac{\langle S_2, s\rangle \to s'}{\langle if\, b\, then\, S_1\, else\, S_2, s\rangle \to s'}$ אם $\mathcal{B}\left[b\right]s = ff$

(ו) $while^{tt}$: $\dfrac{\langle S, s\rangle \to s' \quad \langle while\, b\, do\, S, s'\rangle \to s''}{\langle while\, b\, do\, S, s\rangle \to s''}$ אם $\mathcal{B}\left[b\right]s = tt$

(ז) $while^{ff}$: $\dfrac{}{\langle while\, b\, do\, S, s\rangle \to s}$ אם $\mathcal{B}\left[b\right]s = ff$

2. קומבינטורים חשובים בתחשיב למדא ללא טיפוסים:

(א) $test = \lambda l.\lambda m.\lambda n.l\, m\, n$

(ב) $tru = \lambda t.\lambda f.t$

(ג) $fls = \lambda t.\lambda f.f$

(ד) $c_{0=\lambda s.\lambda z.z}$, $c_1 = \lambda s.\lambda z.s\, z$, $c_2 = \lambda s.\lambda z.s\, s\, z$, $\ldots$

(ה) $scc = \lambda n.\lambda s.\lambda z.s\ (n\, s\, z)$

(ו) $plus = \lambda m.\lambda n.\lambda s.\lambda z.m\, s\ (n\, s\, z)$

(ז) $times = \lambda m.\lambda n.m\ (plus\, n)\ c_0$

(ח) $Y = \lambda f.\left(\lambda x.f\,(x\, x)\right)\left(\lambda x.f\,(x\, x)\right)$

3. כללי ההטפסה בתחשיב למדא עם טיפוסים:

(א) $T-VAR$: $\dfrac{x : T \in \Gamma}{\Gamma \vdash x : T}$

(ב) $T-TRUE$: $\dfrac{}{\Gamma \vdash true : Bool}$

(ג) $T-FALSE$: $\dfrac{}{\Gamma \vdash false : Bool}$

(ד) $T-IF$: $\dfrac{\Gamma \vdash t_1 : Bool \quad \Gamma \vdash t_2 : T \ \ \Gamma \vdash t_3 : T}{\Gamma \vdash if\, t_1\, then\, t_2\, else\, t_3 : T}$

(ה) $T-APP$: $\dfrac{\Gamma \vdash t_1 : T_{11} \to T_{12} \ \ \Gamma \vdash t_2 : T_{11}}{\Gamma \vdash t_1\, t_2 : T_{12}}$

(ו) $T-ABS$: $\dfrac{\Gamma, x : T_1 \vdash t_2 : T_2}{\Gamma \vdash \lambda x : T_1.t_2 : T_1 \to T_2}$ כאשר אין ביטוי מהצורה $\lambda x.t$ ב-Γ

4. כיצד יוצרים משוואות עבור הסקת טיפוסים: יהי t ביטוי. נגדיר את A_t - קבוצת משוואות הטיפוסים המתאימה ל-t. לכל מופע של כל ביטוי שמופיע ב-t ניצור משתנה-טיפוס משלו. ואז:

- אם α ו-β מתאימים לאותו ביטוי, נוסיף את $\alpha = \beta$ ל-A_t.
- לכל מופע $t_1 t_2$, אם משתני הטיפוס α, β ו-γ מתאימים למופעים של t_1, t_2 ו-$t_1 t_2$ בהתאמה, אז נוסיף את $\alpha = \beta \to \gamma$ ל-A_t.

- לכל מופע $fun\,x \to t'$, אם משתני הטיפוס α, β ו-γ מתאימים למופעים של x, t' ו-$fun\,x \to t'$ בהתאמה, נוסיף את $\gamma = \alpha \to \beta$ ל-A_t.

5. כללי האבולאציה של $OCaml$:

(א) $Constant \dfrac{}{E \vdash v \Rightarrow v}$ לכל ערך בוליאני או מספרי

(ב) $Var:\ \dfrac{E\,(x) = v}{E \vdash x \Rightarrow v}$

(ג) $Let:\ \dfrac{E \vdash e_1 \Rightarrow v_1 \quad (x : v_1) :: E \vdash e_2 \Rightarrow v}{E \vdash let\,x = e_1\,in\,e_2 \Rightarrow v}$

(ד) $App1:\ \dfrac{E \vdash e_1 \Rightarrow \langle E', (fun\,x\ \to e)\rangle \quad E \vdash e_2 \Rightarrow v_2 \quad (x : v_2) :: E' \vdash e \Rightarrow v}{E \vdash (e_1\,e_2) \Rightarrow v}$

(ה) $Fun1:\ \dfrac{}{E \vdash (fun\,x\ \to e) \Rightarrow \langle E, (fun\,x\ \to e)\rangle}$

(ו) $Letrec:\ \dfrac{E' \vdash e_2 \Rightarrow v}{E \vdash let\,rec\,f\,x = e_1\,in\,e_2 \Rightarrow v}$ כאשר $E' = (f : \langle E', (fun\,x\ \to e_1)\rangle) :: E$.