

Szemantikus elemzés (attribútum fordítási grammatikák)

Fordítóprogramok előadás (A, C, T szakirány)

A szemantikus elemzés elmélete

- a nyelvtan szabályait kiegészítjük a szemantikus elemzés tevékenységeivel
⇒ fordítási grammatikák

A szemantikus elemzés elmélete

- a nyelvtan szabályait kiegészítjük a szemantikus elemzés tevékenységeivel
⇒ fordítási grammatikák
- a nyelvtan szimbólumaihoz szemantikus típusokat (attribútumokat) rendelünk
⇒ attribútum fordítási grammatikák

A szemantikus elemzés elmélete

- a nyelvtan szabályait kiegészítjük a szemantikus elemzés tevékenységeivel
⇒ fordítási grammatikák
- a nyelvtan szimbólumaihoz szemantikus típusokat (attribútumokat) rendelünk
⇒ attribútum fordítási grammatikák
- megvizsgáljuk, hogy mikor lehet kiértékelni az attribútumértékeket
⇒ jól definiált attribútum fordítási grammatikák

A szemantikus elemzés elmélete

- a nyelvtan szabályait kiegészítjük a szemantikus elemzés tevékenységeivel
⇒ fordítási grammatikák
- a nyelvtan szimbólumaihoz szemantikus típusokat (attribútumokat) rendelünk
⇒ attribútum fordítási grammatikák
- megvizsgáljuk, hogy mikor lehet kiértékelni az attribútumértékeket
⇒ jól definiált attribútum fordítási grammatikák
- megszorításokat teszünk a grammatikára, hogy a kiértékelés egyszerűbb legyen
⇒ particionált attribútum fordítási grammatikák
⇒ rendezett attribútum fordítási grammatikák

A szemantikus elemzés elmélete

- a nyelvtan szabályait kiegészítjük a szemantikus elemzés tevékenységeivel
⇒ fordítási grammatikák
- a nyelvtan szimbólumaihoz szemantikus típusokat (attribútumokat) rendelünk
⇒ attribútum fordítási grammatikák
- megvizsgáljuk, hogy mikor lehet kiértékelni az attribútumértékeket
⇒ jól definiált attribútum fordítási grammatikák
- megszorításokat teszünk a grammatikára, hogy a kiértékelés egyszerűbb legyen
⇒ particionált attribútum fordítási grammatikák
⇒ rendezett attribútum fordítási grammatikák
- megvizsgáljuk, hogyan illeszthetők ezek a módszerek a tanult szintaktikus elemzőkhöz

Fordítási grammatika

- A grammatika szabályaiban jelöljük, hogy milyen szemantikus elemzési tevékenységekre van szükség.
 - Ezeket hívjuk **akciószimbólumoknak**.
 - A nyelvtanban @ jellel kezdődnek.
 - Az akciószimbólumok által jelölt szemantikus tevékenységeket **szemantikus rutinoknak** nevezzük.

Fordítási grammatika

- A grammatika szabályaiban jelöljük, hogy milyen szemantikus elemzési tevékenységekre van szükség.
 - Ezeket hívjuk **akciószimbólumoknak**.
 - A nyelvtanban @ jellel kezdődnek.
 - Az akciószimbólumok által jelölt szemantikus tevékenységeket **szemantikus rutinoknak** nevezzük.
- Az ilyen módon kiegészített grammatikát **fordítási grammatikának** nevezzük.

Példa I.

Értékadó utasítás

Értékadás → *Változó* := *Kifejezés* @*Ellenőrzés*

Az @*Ellenőrzés* akciószimbólum a következő tevékenységet jelöli:

- ellenőrizni kell, hogy a változó típusa és a kifejezés típusa megfelelnek-e egymásnak (egyenlők-e, vagy a kifejezés típusa konvertálható-e a változó típusára)
- ellenőrizni kell, hogy a változónak szabad-e értéket adni (pl. nem konstans változó-e stb.)

Példa II.

Változódeklaráció

Deklaráció → *Típus* *Változó* @*Feljegyzés*

A @*Feljegyzés* akciószimbólum a következő tevékenységet jelöli:

- ellenőrizni kell, hogy a deklaráció nem ütközik-e egy korábbival (használni kell a szimbólumtáblát)
- a változó adatait be kell tenni a szimbólumtáblába

Attribútumok

- Hol találják a szemantikus rutinok a szükséges információkat? Hova írják a kiszámolt eredményt?
 - a szemantikus rutinok önállóan is gondoskodhatnak a paraméterátadásokról (például külön vermet kezelhetnek)
 - jobb megoldás: a szemantikus információkat a szintaktikus elemző szimbólumaihoz csatolva tároljuk

Attribútumok

- Hol találják a szemantikus rutinok a szükséges információkat? Hova írják a kiszámolt eredményt?
 - a szemantikus rutinok önállóan is gondoskodhatnak a paraméterátadásokról (például külön vermet kezelhetnek)
 - jobb megoldás: a szemantikus információkat a szintaktikus elemző szimbólumaihoz csatolva tároljuk
- A szimbólumokhoz **attribútumokat** rendelünk. Ezek jelzik, hogy a szimbólumhoz milyen szemantikus értékek (attribútumértékek) kapcsolódnak.
- Jelölés: $A.x, y$
Az A szimbólumhoz az x és y attribútumokat rendeljük.

Példa I.

Kifejezés

$Kifejezés_0.t \rightarrow Kifejezés_1.t \pm Kifejezés_2.t @TípusEllenőrzés$
 $Kifejezés.t \rightarrow \underline{konstans.t} @KonstansKifejezés$

- A *Kifejezés* szimbólum különböző előfordulásait indexeléssel különböztetjük meg.

Példa I.

Kifejezés

$Kifejezés_0.t \rightarrow Kifejezés_1.t \pm Kifejezés_2.t @TípusEllenőrzés$
 $Kifejezés.t \rightarrow \underline{konstans.t} @KonstansKifejezés$

- A *Kifejezés* szimbólum különböző előfordulásait indexeléssel különböztetjük meg.
- A *@TípusEllenőrzés* által jelzett szemantikus rutin:
 - $Kifejezés_0.t := int$

Példa I.

Kifejezés

$Kifejezés_0.t \rightarrow Kifejezés_1.t \pm Kifejezés_2.t @TípusEllenőrzés$
 $Kifejezés.t \rightarrow \underline{konstans.t} @KonstansKifejezés$

- A *Kifejezés* szimbólum különböző előfordulásait indexeléssel különböztetjük meg.
- A *@TípusEllenőrzés* által jelzett szemantikus rutin:
 - $Kifejezés_0.t := int$
- A *@KonstansKifejezés* által jelzett szemantikus rutin:
 - $Kifejezés.t := \underline{konstans.t}$

Példa I.

Kifejezés

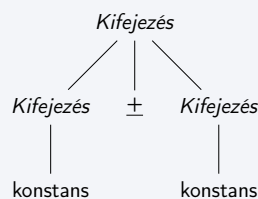
$Kifejezés_0.t \rightarrow Kifejezés_1.t \pm Kifejezés_2.t @TípusEllenőrzés$
 $Kifejezés.t \rightarrow \underline{konstans.t} @KonstansKifejezés$

- A *Kifejezés* szimbólum különböző előfordulásait indexeléssel különböztetjük meg.
- A *@TípusEllenőrzés* által jelzett szemantikus rutin:
 - $Kifejezés_0.t := int$
- A *@KonstansKifejezés* által jelzett szemantikus rutin:
 - $Kifejezés.t := \underline{konstans.t}$
- Szemantikus ellenőrzések:
 - $Kifejezés_1.t = int$ és $Kifejezés_2.t = int$ teljesülnek-e?

A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

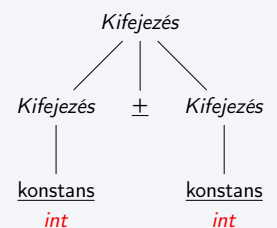
- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := \underline{konstans.t}$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 - $Kifejezés_1.t = int$?
 - $Kifejezés_2.t = int$?



A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

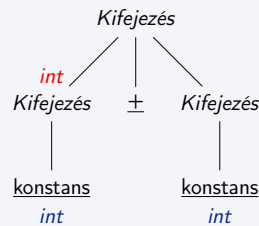
- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := \underline{konstans.t}$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 - $Kifejezés_1.t = int$?
 - $Kifejezés_2.t = int$?



A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

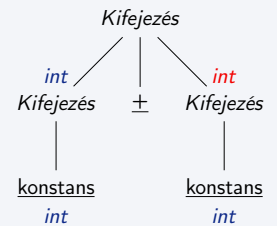
- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := konstans.t$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 $Kifejezés_1.t = int ?$
 $Kifejezés_2.t = int ?$



A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

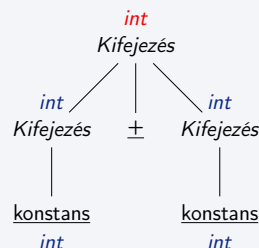
- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := konstans.t$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 $Kifejezés_1.t = int ?$
 $Kifejezés_2.t = int ?$



A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

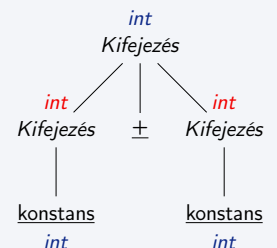
- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := konstans.t$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 $Kifejezés_1.t = int ?$
 $Kifejezés_2.t = int ?$



A szemantikus információ terjedése I.

- Példaszöveg: $1 + 2$

- Kezdetben a konstansok típusai ismertek.
- $Kifejezés.t := konstans.t$
- $Kifejezés_0.t := int$
- Ellenőrzések:
 $Kifejezés_1.t = int ?$
 $Kifejezés_2.t = int ?$



Példa II.

Deklarációs lista

Deklaráció \rightarrow típusnév.t Változólista.t @Beállít-1
 Változólista.t \rightarrow változó.t Folytatás.t @Beállít-2
 Folytatás₀.t \rightarrow vége | vessző változó.t Folytatás₁.t @Beállít-3

Példa II.

Deklarációs lista

Deklaráció \rightarrow típusnév.t Változólista.t @Beállít-1
 Változólista.t \rightarrow változó.t Folytatás.t @Beállít-2
 Folytatás₀.t \rightarrow vége | vessző változó.t Folytatás₁.t @Beállít-3

- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert egyedül.

Példa II.

Deklarációs lista

Deklaráció \rightarrow típusnév.t Változólista.t @Beállít-1
 Változólista.t \rightarrow változó.t Folytatás.t @Beállít-2
 Folytatás₀.t \rightarrow vége | vessző változó.t Folytatás₁.t @Beállít-3

- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert egyedül.
- @Beállít-1
 - Változólista.t := típusnév.t

Példa II.

Deklarációs lista

Deklaráció \rightarrow típusnév.t Változólista.t @Beállít-1
 Változólista.t \rightarrow változó.t Folytatás.t @Beállít-2
 Folytatás₀.t \rightarrow vége | vessző változó.t Folytatás₁.t @Beállít-3

- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert egyedül.
- @Beállít-1
 - Változólista.t := típusnév.t
- @Beállít-2
 - változó.t := Változólista.t és bejegyzés a szimbólumtáblába
 - Folytatás.t := Változólista.t

Példa II.

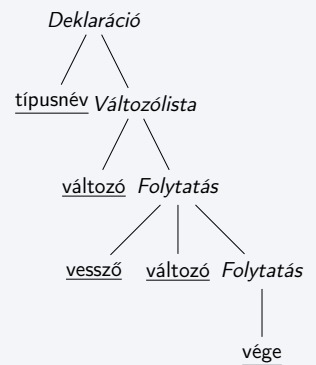
Deklarációs lista

Deklaráció \rightarrow típusnév.t Változólista.t @Beállít-1
 Változólista.t \rightarrow változó.t Folytatás.t @Beállít-2
 Folytatás₀.t \rightarrow vége | vessző változó.t Folytatás₁.t @Beállít-3

- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert egyedül.
- @Beállít-1
 - Változólista.t := típusnév.t
- @Beállít-2
 - változó.t := Változólista.t és bejegyzés a szimbólumtáblába
 - Folytatás.t := Változólista.t
- @Beállít-3
 - változó.t := Folytatás₀.t és bejegyzés a szimbólumtáblába
 - Folytatás₁.t := Folytatás₀.t

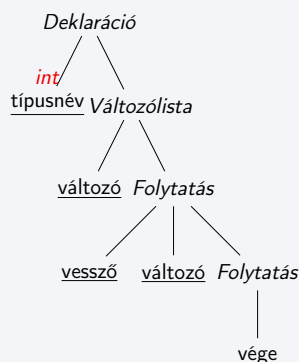
A szemantikus információ terjedése II.

- Példaszöveg: int a,b;
- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert.
- Változólista.t := típusnév.t
- változó.t := Változólista.t
- Folytatás.t := Változólista.t
- változó.t := Folytatás₀.t
- Folytatás₁.t := Folytatás₀.t



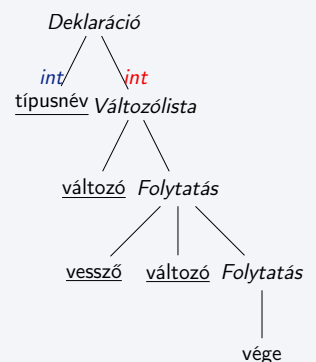
A szemantikus információ terjedése II.

- Példaszöveg: int a,b;
- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert.
- Változólista.t := típusnév.t
- változó.t := Változólista.t
- Folytatás.t := Változólista.t
- változó.t := Folytatás₀.t
- Folytatás₁.t := Folytatás₀.t



A szemantikus információ terjedése II.

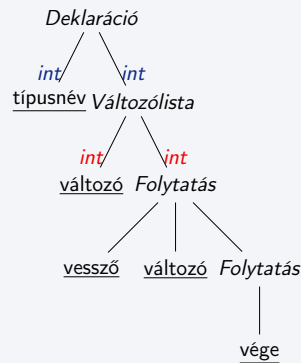
- Példaszöveg: int a,b;
- Kezdetben a típusnév.t attribútum értéke ismert.
- Változólista.t := típusnév.t
- változó.t := Változólista.t
- Folytatás.t := Változólista.t
- változó.t := Folytatás₀.t
- Folytatás₁.t := Folytatás₀.t



A szemantikus információ terjedése II.

- Példaszöveg: `int a,b;`

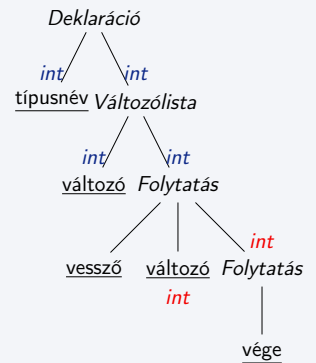
- Kezdetben a `típusnév.t` attribútum értéke ismert.
- `Változólista.t := típusnév.t`
- `változó.t := Változólista.t`
- `Folytatás.t := Változólista.t`
- `változó.t := Folytatás0.t`
- `Folytatás1.t := Folytatás0.t`



A szemantikus információ terjedése II.

- Példaszöveg: `int a,b;`

- Kezdetben a `típusnév.t` attribútum értéke ismert.
- `Változólista.t := típusnév.t`
- `változó.t := Változólista.t`
- `Folytatás.t := Változólista.t`
- `változó.t := Folytatás0.t`
- `Folytatás1.t := Folytatás0.t`



Attribútum fajták

- Szintetizált attribútum:
A helyettesítési szabály *bal oldalán* áll abban a szabályban, amelyikhez az öt kiszámoló szemantikus rutin tartozik.
 - például:
szabály: `Kifejezés0.t → Kifejezés1.t ± Kifejezés2.t`
szemantikus rutin: `Kifejezés0.t := int`
 - Az információt a szintaxisában *alulról felfelé* közvetíti.

Attribútum fajták

- Örökölt attribútum:
A helyettesítési szabály *jobb oldalán* áll abban a szabályban, amelyikhez az öt kiszámoló szemantikus rutin tartozik.
 - például:
szabály: `Változólista.t → változó.t Folytatás.t`
szemantikus rutin: `változó.t := Változólista.t`
 - Az információt a szintaxisában *felülől lefelé* közvetíti.

Attribútum fajták

- Kitüntetett szintetizált attribútum:
Olyan attribútumok, amelyek terminális szimbólumokhoz tartoznak és kiszámításukhoz nem használunk fel más attribútumokat.
 - például:
szabály: `Kifejezés.t → konstans.t`
 - Az információt általában a *lexikális elemző* szolgáltatja.

Attribútum fordítási grammatika (ATG)

- Egészítsük ki egy fordítási grammatika szimbólumait *attribútumokkal*, a szabályokat *feltételekkel*, valamint rendeljük *szemantikus rutinokat* az akciószimbólumokhoz a következő szabályok betartásával:

Attribútum fordítási grammatika (ATG)

- Egészítsük ki egy fordítási grammatika szimbólumait *attribútumokkal*, a szabályokat *feltételekkel*, valamint rendeljünk *szemantikus rutinokat* az akciószimbólumokhoz a következő szabályok betartásával:
 - Egy adott szabályhoz tartozó feltételek csak a szabályban előforduló attribútumoktól függhetnek.
(Ha egy feltétel nem teljesül, akkor szemantikus hibát kell jelezni!)

Attribútum fordítási grammatika (ATG)

- Egészítsük ki egy fordítási grammatika szimbólumait *attribútumokkal*, a szabályokat *feltételekkel*, valamint rendeljünk *szemantikus rutinokat* az akciószimbólumokhoz a következő szabályok betartásával:
 - Egy adott szabályhoz tartozó feltételek csak a szabályban előforduló attribútumoktól függhetnek.
(Ha egy feltétel nem teljesül, akkor szemantikus hibát kell jelezni!)
 - A szemantikus rutinok csak annak a szabálynak az attribútumait használhatják és számíthatják ki, amelyekhez az őket reprezentáló akciószimbólum tartozik.

Attribútum fordítási grammatika (ATG)

- Egészítsük ki egy fordítási grammatika szimbólumait *attribútumokkal*, a szabályokat *feltételekkel*, valamint rendeljünk *szemantikus rutinokat* az akciószimbólumokhoz a következő szabályok betartásával:
 - Egy adott szabályhoz tartozó feltételek csak a szabályban előforduló attribútumoktól függhetnek.
(Ha egy feltétel nem teljesül, akkor szemantikus hibát kell jelezni!)
 - A szemantikus rutinok csak annak a szabálynak az attribútumait használhatják és számíthatják ki, amelyekhez az őket reprezentáló akciószimbólum tartozik.
 - Minden szintaxisfában minden attribútumértéket pontosan egy szemantikus rutin határozhat meg.

Így attribútum fordítási grammatikát kapunk.

Kiszámíthatóság

- Nem minden attribútum fordítási grammatikában lehet kiszámolni az összes attribútum értékét.
 - Például ha $X.a$ kiszámításához szükség van $Y.b$ -re és $Y.b$ kiszámításához szükség van $X.a$ -ra...

Definíció: Jól definiált attribútum fordítási grammatika

Olyan attribútum fordítási grammatika, amelyre igaz, hogy a grammatika által definiált nyelv mondataihoz tartozó minden szintaxisfában minden attribútum értéke egyértelműen kiszámítható.

Direkt függőségek

Definíció: Direkt attribútumfüggőségek

Ha az $Y.b$ attribútumot kiszámoló szemantikus rutin használja az $X.a$ attribútumot, akkor $(X.a, Y.b)$ egy *direkt attribútumfüggőség*. Ezek a függőségek a *függőségi gráfban* ábrázolhatók.

Direkt függőségek

Definíció: Direkt attribútumfüggőségek

Ha az $Y.b$ attribútumot kiszámoló szemantikus rutin használja az $X.a$ attribútumot, akkor $(X.a, Y.b)$ egy *direkt attribútumfüggőség*. Ezek a függőségek a *függőségi gráfban* ábrázolhatók.

Jól definiált attribútum fordítási grammatikákhoz tartozó szintaxisfák függőségi gráfaiban biztosan *nincsenek körök!*

Egy attribútumkiértékelő algoritmus

Nemdeterminisztikus algoritmus:

- a szintaxisfa minden attribútumához egy folyamatot rendelünk
- a folyamat figyeli, hogy az adott attribútum kiértékeléséhez szükséges összes attribútum értékét meghatározta-e már a többi folyamat
- ha igen, akkor a folyamat kiszámítja az adott attribútum értékét

Egy attribútumkiértékelő algoritmus

Nemdeterminisztikus algoritmus:

- a szintaxisfa minden attribútumához egy folyamatot rendelünk
- a folyamat figyeli, hogy az adott attribútum kiértékeléséhez szükséges összes attribútum értékét meghatározta-e már a többi folyamat
- ha igen, akkor a folyamat kiszámítja az adott attribútum értékét

Ha az attribútum fordítási grammatika jól definiált, akkor ez a program biztosan terminál és kiszámítja az összes attribútumértéket.

De ennél hatékonyabb algoritmust szeretnénk...

Particionált ATG

- A kiértékelés sorrendjét általában nem lehet az attribútum-fordítási grammatikából meghatározni. (Függhet a konkrét szintaxisfától.)

Particionált ATG

- A kiértékelés sorrendjét általában nem lehet az attribútum-fordítási grammatikából meghatározni. (Függhet a konkrét szintaxisfától.)
- **Particionált attribútum fordítási grammatika:** Minden X szimbólum attribútumai szétoszthatók az $\mathcal{A}_1^X, \mathcal{A}_2^X, \dots, \mathcal{A}_{m_X}^X$ diszjunkt halmazokba (*partíciókba*) úgy, hogy
 - $\mathcal{A}_{m_X}^X, \mathcal{A}_{m_X-2}^X, \dots$ halmazokban csak szintetizált attribútumok
 - $\mathcal{A}_{m_X-1}^X, \mathcal{A}_{m_X-3}^X, \dots$ halmazokban csak örökölt attribútumok vannak, és
 - minden szintaxisfában az X attribútumai a halmazok növekvő sorrendjében meghatározhatók.
- Ha ismerjük a partíciókat, akkor csak az attribútum fordítási grammatika szabályai alapján tudunk olyan programot írni, ami a megfelelő sorrendben kiszámítja a szintaxisfában lévő összes attribútumot.

Rendezett ATG

- A partíciókat általában nem könnyű meghatározni.

Rendezett ATG

- A partíciókat általában nem könnyű meghatározni.
- **Rendezett attribútum fordítási grammatika:** egyszerű algoritmussal meghatározhatók a partíciók.
 - a halmazokat fordított sorrendben határozzuk meg
 - felváltva szintetizált és örökölt attribútumokat teszünk a halmazokba (utolsóba szintetizált, utolsó előttibe örökölt, stb.)
 - mindegyikbe azokat az attribútumokat tesszük, amikre csak olyan attribútumok kiszámításához van szükség, amelyeket már beosztottunk valamelyik halmazba
- Ha ezzel az algoritmussal megfelelő partíciókat kapunk, akkor hívjuk a nyelvtant *rendezett attribútum fordítási grammatikának*.

S-attribútum fordítási grammatikák

- Olyan attribútum fordítási grammatika, amelyben kizárólag szintetizált attribútumok vannak.
- A szemantikus információ a szintaxisfában a levelektől a gyökér felé terjed.
- Jól illeszthető az alulról felfelé elemzésekhez!

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

$$\begin{array}{c} 2 \\ \text{int} \end{array}$$

- léptetés
- kitüntetett szintetizált attribútum: konstans típusa

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

$$\begin{array}{c} \text{int} \\ E \\ | \\ 2 \\ \text{int} \end{array}$$

- redukció $E.t \rightarrow \text{konstans}.t$ szabály alapján
- szemantikus rutin: $E.t := \text{konstans}.t$

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

$$\begin{array}{c} \text{int} \\ E \\ | \\ 2 \\ \text{int} \end{array} +$$

- léptetés

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

$$\begin{array}{c} \text{int} \\ E \\ | \\ 2 \\ \text{int} \end{array} + \begin{array}{c} x \\ \text{int} \end{array}$$

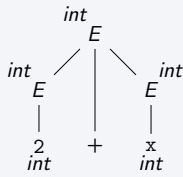
- léptetés
- kitüntetett szintetizált attribútum: változó típusa

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

$$\begin{array}{c} \text{int} \\ E \\ | \\ 2 \\ \text{int} \end{array} + \begin{array}{c} \text{int} \\ E \\ | \\ x \\ \text{int} \end{array}$$

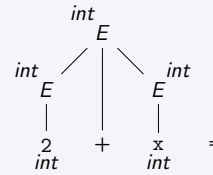
- redukció $E.t \rightarrow \text{változó}.t$ szabály alapján
- szemantikus rutin: $E.t := \text{változó}.t$

S-ATG és az alulról felfelé elemzés



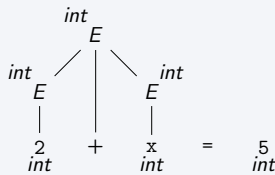
- redukció $E_0.t \rightarrow E_1.t \pm E_2.t$ szabály alapján
- szemantikus rutin: $E_0.t := int$
- ellenőrzés: $E_1.t = int$ és $E_2.t = int$?

S-ATG és az alulról felfelé elemzés



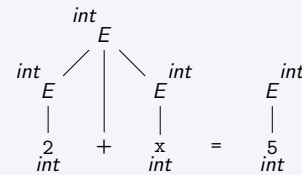
- léptetés

S-ATG és az alulról felfelé elemzés



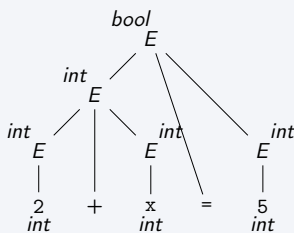
- léptetés
- kitüntetett szintetizált attribútum: konstans típusa

S-ATG és az alulról felfelé elemzés



- redukció $E.t \rightarrow \text{konstans}.t$ szabály alapján
- szemantikus rutin: $E.t := \text{konstans}.t$

S-ATG és az alulról felfelé elemzés



- redukció $E_0.t \rightarrow E_1.t \equiv E_2.t$ szabály alapján
- szemantikus rutin: $E_0.t := bool$
- ellenőrzés: $E_1.t = E_2.t$?

S-ATG és az alulról felfelé elemzés

- redukció esetén a szabály jobb oldalának attribútumértékei már ismertek (hiszen nincsenek örökölt attribútumok)
- a szabályhoz rendelt szemantikus rutin feladata a baloldalon álló szimbólum szintetizált attribútumainak meghatározása

Örökölt attribútumok és az alulról felfelé elemzés

- esetenként a nyelvtan átalakítása segíthet kiküszöbölni az örökölt attribútumokat
- szimbólumtáblában vagy más globális változóban tárolható az örökítő attribútumérték
- eltárolható az a részfa, ahol örökölt attribútumok vannak; mikor meghatározható az értékük, akkor be kell járni a részfat és pótolni a hiányzó attribútumokat; ez a részfa gyökeréhez tartozó szabály szemantikus rutinjában implementálható

L-attribútum fordítási grammatikák

- Olyan attribútum fordítási grammatika, amelyben minden $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$ szabályban az attribútumértékek az alábbi sorrendben meghatározhatók:
 - A örökölt attribútumai
 - X_1 örökölt attribútumai
 - X_1 szintetizált attribútumai
 - X_2 örökölt attribútumai
 - X_2 szintetizált attribútumai
 - ...
 - X_n örökölt attribútumai
 - X_n szintetizált attribútumai
 - A szintetizált attribútumai
- Jól illeszkedik a felülről lefelé elemzésekhez.

L-ATG és a felülről lefelé elemzés

D

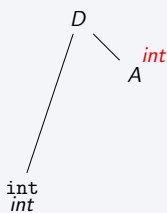
- D -ből indulva felülről lefelé levezetünk egy deklarációt
- D -nek most nincs örökölt attribútuma

L-ATG és a felülről lefelé elemzés



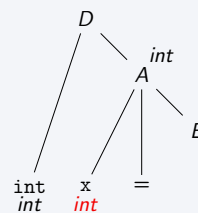
- $D \rightarrow \text{típusnév}.d.A.d$ szabály alkalmazása
- kitüntetett szintetizált attribútum: a típusnév által azonosított típus

L-ATG és a felülről lefelé elemzés



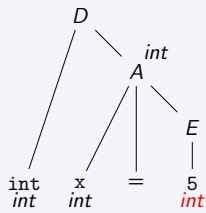
- szemantikus rutin: $A.d := \text{típusnév}.d$
- ez egy örökölt attribútum

L-ATG és a felülről lefelé elemzés



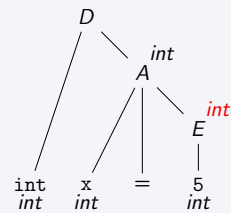
- $A.d \rightarrow \text{változó}.d \equiv E.t$ szabály alkalmazása
- szemantikus rutin: $\text{változó}.d := A.d$ (örökölt)

L-ATG és a felülről lefelé elemzés



- $E.t \rightarrow \text{konstans}.t$ szabály alkalmazása
- kitüntetett szintetizált attribútum: konstans típusa

L-ATG és a felülről lefelé elemzés



- szemantikus rutin: $E.t := \text{konstans}.t$ (szintetizált)
- ellenőrzés: $E.t = A.d$?

L-ATG és a rekurzív leszállás

- a $A \rightarrow X_1 \dots X_n$ szabályhoz tartozó eljárás
 - formális paraméterei legyenek az A örökölt attribútumai
 - visszatérési értéke az A szintetizált attribútumai
- az eljárások végrehajtása épp az L-ATG attribútumkiértékelési sorrendjét adja