

### **S gramatika**

- 1) desna strana bilo koje produkcije započinje **završnim** znakom gramatike
- 2) desna strana nijedne produkcije **nije prazni niz  $\epsilon$**
- 3) ako više produkcija ima isti nezavršni znak na lijevoj strani, onda s desne strane tih produkcija započinju različitim završnim znakovima

### **Q gramatika**

- 1) desna strana bilo koje produkcije započinje **završnim** znakom gramatike ili je jednaka praznom nizu  $\epsilon$
- 2) ako više produkcija ima isti nezavršni znak na lijevoj strani, onda njihovi skupovi PRIMIJENI nemaju zajedničkih elemenata

### **LL(1) gramatika**

- 1) Ima nezavršne znakove s desne strane, ostalo isto

### **LR(0) gramatika**

- 1) bilo koji živi prefiks Y ima najviše jednu potpunu LR stavku  $A \rightarrow \alpha \bullet$
- 2) ako živi prefiks Y ima potpunu stavku  $A \rightarrow \alpha \bullet$ , onda nijedna druga valjana LR Stavka živog prefiksa Y nema završni znak gramatike desno od oznake točke

### **SLR(1) gramatika**

Isti kao LR(0) samo ima jedna izmjena. Ako se akcija Reduciraj( $A \rightarrow \alpha$ ) primjenjuje samo za završne znakove gramatike koji su u skupu  $SLIJEDI(A)$ , onda je parser SLR(1). Parser jest SLR(1), jer se provjerava da li je sljedeći znak ulaznog niza z skupu od  $SLIJEDI(A)$ . Ako se akcija Reduciraj( $A \rightarrow \alpha$ ) primjenjuje za sve završne znakove gramatike, onda je parser LR(0)

### **LR(1) gramatika**

- 1) Nijedan završni znak  $a_i$  iz skupa  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  nije neposredno desno od oznake točke ni u jednoj LR(1) stavci koja je pridružena stanju  $s$ .
- 2) ako je  $B \rightarrow \beta \bullet, \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  potpuna stavka koja je pridružena stanju  $s$ , onda skupovi  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  i  $\{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  nemaju zajedničkih elemenata, odnosno  $\{a_1, a_2, \dots, a_n\} \cap \{b_1, b_2, \dots, b_n\} = \emptyset$

### **LALR gramatika**

Gradi znatno manju tablicu od LR parsera od kanonskog LR postupka. Osnovna ideja LALR postupka je grupiranje stanja označenih istim LR(0) stavkama u jedinstveno stanje. Npr stanja 8 i 9 označena su istom LR(0) stavkom  $C \rightarrow cC \bullet$ . LR(1) stavke u stanjima 8 i 9 razlikuju se u pridruženim skupovima završnih znakova. U stanju 8 stavci je pridružen skup  $\{c, d\}$ , a u stanju 9 stavci je pridružen skup  $\{\perp\}$ . Novoizgrađenoj jedinstvenoj stavci pridružuje se skup završnih znakova jednak uniji skupova pridruženih svim stavkama grupiranih zajedno. Izgrađena jedinstvena stanja označe se oznakama stanja koja su grupirana zajedno. Na primjer, grupiranjem stanja 8 i 9 gradi se stanje 8-9 koje se označava sljedećom stavkom:

$C \rightarrow cC \bullet, \{c, d, \perp\}$ ,

jer je  $\{\perp\} \cup \{c, d\} = \{c, d, \perp\}$ .

**Primjer 3.5.** Za prethodno zadanu S-gramatiku produkcija:

- 1)  $\langle S \rangle \rightarrow a b \langle R \rangle$
- 2)  $\langle S \rangle \rightarrow b \langle R \rangle b \langle S \rangle$
- 3)  $\langle R \rangle \rightarrow a$
- 4)  $\langle R \rangle \rightarrow b \langle R \rangle$

izgradi se sljedeći deterministički potisni automat  $M=(Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, Z_0, \emptyset)$ :

- 1)  $Q=\{q_0\}$ ;
- 2)  $\Sigma = T \cup \{\perp\} = \{a, b\} \cup \{\perp\} = \{a, b, \perp\}$ ;
- 3)  $\Gamma = \{\nabla\} \cup V \cup T^* = \{\nabla\} \cup \{\langle S \rangle, \langle R \rangle\} \cup \{b\} = \{\nabla, \langle S \rangle, \langle R \rangle, b\}$ ;  
Završni znak  $a$  nije u skupu  $\Gamma$ , jer je on isključivo na krajnje lijevim mjestima desnih strana produkcija. Budući da je završni znak  $b$  osim na krajnje lijevim mjestima i na drugim mjestima desnih strana produkcija, znak  $b$  se stavlja u skup  $\Gamma$ .
- 4) Na početku rada potisnog automata na stog se stavlja oznaka dna stoga  $\nabla$  i početni nezavršni znak  $\langle S \rangle$ .
- 5) Na temelju pravila (5a) do (5d) gradi se sljedeća tablica:

	$a$	$b$	$\perp$
$\langle S \rangle$	(1)	(2)	Odbaci
$\langle R \rangle$	(3)	(4)	Odbaci
$b$	Odbaci	(3)	Odbaci
$\nabla$	Odbaci	Odbaci	Prihvati

- (1) Zamijeni  $\langle R \rangle b$ ;  
Pomakni;
- (2) Zamijeni  $\langle S \rangle b \langle R \rangle$ ;  
Pomakni;
- (3) Izvuci;  
Pomakni;
- (4) Zamijeni  $\langle R \rangle$ ;  
Pomakni;

**Primjer 3.6.** Zadana je gramatika sljedećih produkcija:

- 1)  $\langle S \rangle \rightarrow a \langle R \rangle$
- 2)  $\langle S \rangle \rightarrow b$
- 3)  $\langle R \rangle \rightarrow c \langle S \rangle a$
- 4)  $\langle R \rangle \rightarrow \varepsilon$

Desne strane produkcija započinju završnim znakovima, osim posljednje produkcije. Posljednja produkcija je  $\varepsilon$ -produkcija. Zadana gramatika je  $Q$ -gramatika, jer skupovi  $PRIMIJENI(p)$  produkcija koje imaju istu lijevu stranu, gdje je  $p$  oznaka produkcija (1) do (4), nemaju zajedničkih elemenata:

$$PRIMIJENI(1) \cap PRIMIJENI(2) = \{a\} \cap \{b\} = \{\},$$

$$PRIMIJENI(3) \cap PRIMIJENI(4) = \{c\} \cap SLIJEDI(\langle R \rangle) = \{c\} \cap \{a, \perp\} = \{\}.$$

Skup  $SLIJEDI(\langle R \rangle)$  određuje se na temelju sljedećih međunizova  $\langle S \rangle \Rightarrow a \langle R \rangle \perp$ , gdje se na početni nezavršni znak  $\langle S \rangle$  primijeni produkcija (1). Primjenom produkcija (1), (3) i ponovno (1) generira se međuniz  $\langle S \rangle \Rightarrow \text{---}\langle R \rangle a \text{---}$ .<sup>\*</sup> Za zadanu  $Q$ -gramatiku, gradi se sljedeći potisni automat:

	$a$	$b$	$c$	$\perp$
$\langle S \rangle$	(1)	(2)	Odbaci	Odbaci
$\langle R \rangle$	(4)	(4) ili Odbaci	(3)	(4)
$a$	(2)	Odbaci	Odbaci	Odbaci
$\nabla$	Odbaci	Odbaci	Odbaci	Prihvati

- (1) Zamijeni ( $\langle R \rangle$ );  
Pomakni;
- (2) Izvuci;  
Pomakni;
- (3) Zamijeni ( $a \langle S \rangle$ );  
Pomakni;
- (4) Izvuci;  
Zadrži;

1) $\langle S \rangle$	$\rightarrow$	$\langle A \rangle b \langle B \rangle$
2) $\langle S \rangle$	$\rightarrow$	$d$
3) $\langle A \rangle$	$\rightarrow$	$\langle C \rangle \langle A \rangle b$
4) $\langle A \rangle$	$\rightarrow$	$\langle B \rangle$
5) $\langle B \rangle$	$\rightarrow$	$c \langle S \rangle d$
6) $\langle B \rangle$	$\rightarrow$	$\varepsilon$
7) $\langle C \rangle$	$\rightarrow$	$a$
8) $\langle C \rangle$	$\rightarrow$	$e d$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle S \rangle \rightarrow \langle A \rangle b \langle B \rangle) = \text{ZAPOČINJE}(\langle A \rangle b \langle B \rangle) = \{a, b, c, e\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle S \rangle \rightarrow d) = \text{ZAPOČINJE}(d) = \{d\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle A \rangle \rightarrow \langle C \rangle \langle A \rangle b) = \text{ZAPOČINJE}(\langle C \rangle \langle A \rangle b) = \{a, e\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle A \rangle \rightarrow \langle B \rangle) = \text{ZAPOČINJE}(\langle B \rangle) \cup \text{SLIJEDI}(\langle A \rangle) = \{c\} \cup \{b\} = \{c, b\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle B \rangle \rightarrow c \langle S \rangle d) = \text{ZAPOČINJE}(c \langle S \rangle d) = \{c\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle B \rangle \rightarrow \varepsilon) = \text{ZAPOČINJE}(\varepsilon) \cup \text{SLIJEDI}(\langle B \rangle) = \{\} \cup \{b, d, \perp\} = \{b, d, \perp\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle C \rangle \rightarrow a) = \text{ZAPOČINJE}(a) = \{a\},$$

$$\text{PRIMIJNI}(\langle C \rangle \rightarrow e d) = \text{ZAPOČINJE}(e d) = \{e\}.$$

$\text{SLIJEDI}(A) \rightarrow$  svi nezavršni znakovi s njegove desne strane

$\text{ZAPOČINJE}(\alpha) \rightarrow$  skup svih završnih znakova kojima započinje taj niz

$\text{PRIMIJNI}(A) \rightarrow$  svi znakovi kojima može počinjat A, ako je  $A \rightarrow \varepsilon$  onda se gleda  $\text{SLIJEDI}(A)$

a) Ako produkcija  $\langle A \rangle \rightarrow \alpha$  nije prazna produkcija, onda je skup  $\text{PRIMIJNI}$  jednak:

$$\text{PRIMIJNI}(\langle A \rangle \rightarrow \alpha) = \text{ZAPOČINJE}(\alpha), \quad \alpha \in (V \cup T)^*.$$

b) Ako je produkcija  $\langle A \rangle \rightarrow \alpha$  prazna produkcija, onda je skup  $\text{PRIMIJNI}$  jednak:

$$\text{PRIMIJNI}(\langle A \rangle \rightarrow \alpha) = \text{ZAPOČINJE}(\alpha) \cup \text{SLIJEDI}(\langle A \rangle).$$

[illegible]



- 1)  $\langle A \rangle \rightarrow \langle B \rangle \langle C \rangle c$
- 2)  $\langle A \rangle \rightarrow e \langle D \rangle \langle B \rangle$
- 3)  $\langle B \rangle \rightarrow \varepsilon$
- 4)  $\langle B \rangle \rightarrow b \langle C \rangle \langle D \rangle \langle E \rangle$
- 5)  $\langle C \rangle \rightarrow \langle D \rangle a \langle B \rangle$
- 6)  $\langle C \rangle \rightarrow c a$
- 7)  $\langle D \rangle \rightarrow \varepsilon$
- 8)  $\langle D \rangle \rightarrow d \langle D \rangle$
- 9)  $\langle E \rangle \rightarrow e \langle A \rangle f$
- 10)  $\langle E \rangle \rightarrow c$

Izravno ispred znaka

Za znakove gramatike  $A$  i  $B$  vrijedi relacija:

$IzravnoIspredZnaka(A, B)$

ako i samo ako je barem jedna od zadanih produkcija gramatike oblika:

$$D \rightarrow \alpha A \beta B \gamma$$

gdje je  $\beta$  niz praznih znakova  $\beta \Rightarrow \varepsilon$ , a  $\alpha$  i  $\gamma$  su proizvoljni nizovi znakova gramatike.

	$\langle A \rangle$	$\langle B \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle D \rangle$	$\langle E \rangle$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
$\langle A \rangle$											1
$\langle B \rangle$			1								
$\langle C \rangle$				1	1			1			
$\langle D \rangle$		1			1	1					
$\langle E \rangle$											
$a$		1									
$b$			1								
$c$						1					
$d$				1							
$e$	1	1		1							
$f$											

Tablica relacije  $IzravnoIspredZnaka$

Izravni kraj

Za znakove gramatike  $A$  i  $B$  vrijedi relacija:

$$\text{IzravniKraj}(B, A)$$

ako i samo ako je barem jedna od zadanih produkcija gramatike oblika:

$$A \rightarrow \alpha B \beta$$

gdje je  $\beta$  niz praznih znakova  $\beta \Rightarrow \varepsilon$ , a  $\alpha$  je proizvoljni niz znakova gramatike.

	$\langle A \rangle$	$\langle B \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle D \rangle$	$\langle E \rangle$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
$\langle A \rangle$											
$\langle B \rangle$	1		1								
$\langle C \rangle$											
$\langle D \rangle$	1			1							
$\langle E \rangle$		1									
$a$			1								
$b$											
$c$	1				1						
$d$				1							
$e$	1										
$f$					1						

Kraj je isto kao izravni kraj samo tranzitivno

	$\langle A \rangle$	$\langle B \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle D \rangle$	$\langle E \rangle$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
$\langle A \rangle$	*										
$\langle B \rangle$	1	*	1								
$\langle C \rangle$											
$\langle D \rangle$	1			1							
$\langle E \rangle$	*	1	*		*						
$a$			1			*					
$b$							*				
$c$	1	*	*		1			*			
$d$	*			1					*		
$e$	1									*	
$f$	*	*	*		1						*

Tablica relacije *Kraj*

Ispred(ako se nalazi s lijeve strane znaka)

Neka je zadana gramatika koja ima početni nezavršni znak  $\langle S \rangle$ . Relacija:

$Ispred(A, B)$

vrijedi ako i samo ako je znak  $A$  neposredno ispred znaka  $B$  u barem jednom međunizu generiranom iz početnog nezavršnog znaka  $\langle S \rangle$ .

Ako za znakove  $A$  i  $B$  vrijedi relacija  $Ispred(A, B)$ , onda za neki par znakova  $X$  i  $Y$  vrijedi:

$Kraj(A, X) \wedge IzravnoIspredZnaka(X, Y) \Delta ZapočinjeZnakom(Y, B)$

	$\langle A \rangle$	$\langle B \rangle$	$\langle C \rangle$	$\langle D \rangle$	$\langle E \rangle$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$
$\langle A \rangle$											1
$\langle B \rangle$			1	1	1	1		1	1	1	1
$\langle C \rangle$				1	1			1	1	1	
$\langle D \rangle$		1			1	1	1	1		1	1
$\langle E \rangle$			1	1	1	1		1	1	1	1
$a$		1		1	1		1	1	1	1	
$b$			1	1		1		1	1		
$c$			1	1	1	1		1	1	1	1
$d$		1		1	1	1	1	1	1	1	1
$e$	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
$f$			1	1	1	1		1	1	1	1

Tablica relacije *Ispred*



Ispod znaka (onaj znak s desne strane tog znaka)

Neka je zadana gramatika koja nema  $\epsilon$ -produkcije i prazne nezavršne znakove. Završni ili nezavršni znak gramatike  $A$  jest znak stoga. Završni znak gramatike  $x$  je znak ulaznog niza. Za znakove  $A$  i  $x$  vrijedi relacija:

$$\text{IspodZnaka}(A, x)$$

ako i samo ako je ispunjen jedan od sljedeća dva uvjeta:

- 1) Znak  $A$  je izravno ispred znaka  $B$  na desnoj strani barem jedne produkcije zadane gramatike, odnosno vrijedi relacija  $\text{IzravnoIspredZnaka}(A, B)$ , a znak  $x$  započinje barem jedan niz generiran iz znaka  $B$ , odnosno vrijedi  $x \in \text{ZAPOČINJE}(B)$ .
- 2)  $A$  je oznaka dna stoga  $\nabla$  i  $x \in \text{ZAPOČINJE}(\langle S \rangle)$ , gdje je  $\langle S \rangle$  početni nezavršni znak gramatike.

Reduciran znakom

Neka je zadana gramatika koja nema  $\epsilon$ -produkcije i prazne nezavršne znakove. Završni ili nezavršni znak gramatike  $A$  je znak stoga. Završni znak gramatike  $x$  je znak ulaznog niza. Za znakove  $A$  i  $x$  vrijedi relacija:

$$\text{ReduciranZnakom}(A, x)$$

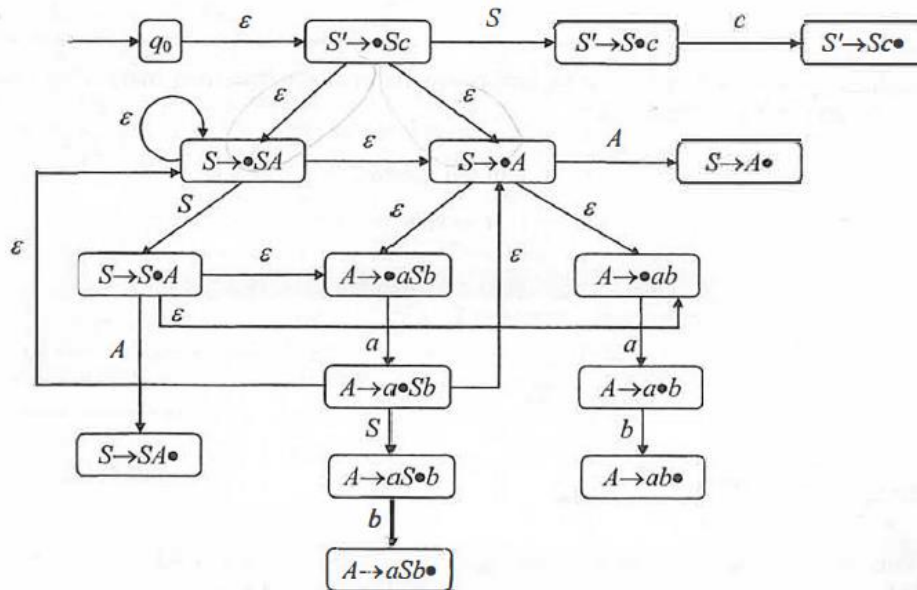
$$\langle L \rangle \xrightarrow{A} A \text{ i } x \in \text{SLIJEDI}(L)$$

ako i samo ako je ispunjen jedan od sljedeća dva uvjeta:

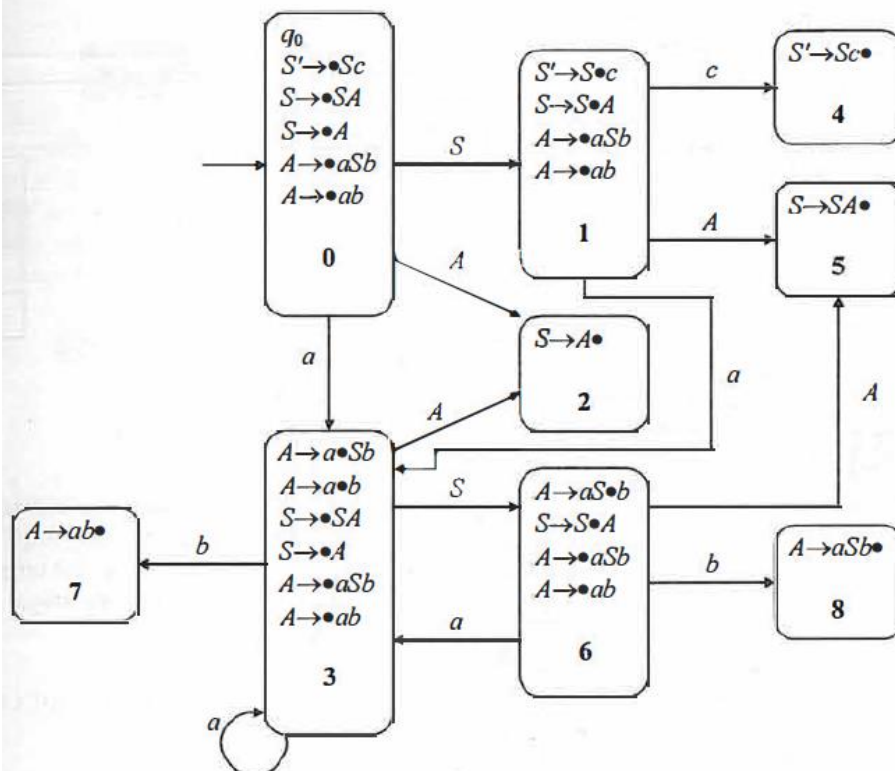
- 1) Znak  $A$  je krajnje desni znak desne strane produkcije  $\langle L \rangle \Rightarrow A$ , a znak  $x$  slijedi znak  $\langle L \rangle$  u barem jednom nizu generiranom iz početnog nezavršnog znaka gramatike  $\langle S \rangle$ , odnosno vrijedi  $x \in \text{SLIJEDI}(\langle L \rangle)$ .
- 2)  $A$  je početni nezavršni znak gramatike  $\langle S \rangle$ , a  $x$  je oznaka kraja niza  $\perp$ .

Računanje skupova  $\text{SLIJEDI}$  objašnjeno je u odjeljku 3.5.4.

LR(0)

$$\begin{array}{ll} S' \rightarrow & S \ c \\ S \rightarrow & S \ A \mid A \\ A \rightarrow & a \ S \ b \mid a \ b \end{array}$$


**Slika 3.13:  $\varepsilon$ -NKA**



**Slika 3.14: DKA**

Izgrađeni DKA koristi se za gradnju tablica LR parsera:

- 1) Gramatika  $G$  proširi se novim početnim stanjem  $S'$  i produkcijom  $S' \rightarrow S$ . Na temelju preuređene gramatike  $G'$  gradi se DKA koji prihvća skup živih prefiksa gramatike  $G'$ . Neka je skup stanja DKA jednak  $Q = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ .
- 2) Reci tablica *Akcija* i *NovoStanje* označavaju se stanjima DKA. Stupci tablice *Akcija* označavaju se završnim znakovima gramatike i oznakom kraja niza  $\perp$ , a stupci tablice *NovoStanje* označavaju se nezavršnim znakovima gramatike.
- 3) Tablica *Akcija* popunjava se na sljedeći način:
  - a) Ako je LR stavka  $A \rightarrow \alpha \bullet a\beta$  u stanju  $s$  i ako je  $\delta(s, a) = t$  prijelaz DKA, onda se za završni znak gramatike  $a$  i stanje  $s$  definira  $Akcija[s, a] = Pomakni(t)$ . Akcija  $Pomakni(t)$  stavlja stanje  $t$  na vrh stoga.
  - b) Ako je LR stavka  $A \rightarrow \alpha \bullet$  u stanju  $s$ , onda se za sve završne znakove  $a$  koji su u skupu  $SLIJEDI(A)^2$  i stanje  $s$  definira  $Akcija[s, a] = Reduciraj(A \rightarrow \alpha)$ . Akcija redukcije ne primjenjuje se za početni nezavršni znak gramatike  $S'$ .
  - c) Ako je LR stavka  $S' \rightarrow S \bullet$  u stanju  $s$ , onda se za oznaku kraja niza  $\perp$  i stanje  $s$  definira  $Akcija[s, \perp] = Prihvati()$ .
- 4) Tablica *NovoStanje* popunjava se na sljedeći način:
  - a) Ako je  $\delta(s, A) = t$  prijelaz DKA, onda se za nezavršni znak  $A$  i stanje  $s$  definira  $NovoStanje[s, A] = Stavi(t)$ .
- 5) Svi elementi tablice za koje nije definirana akcija u koracima (3) i (4) označavaju akciju  $Odbaci()$ , odnosno niz se ne prihvća.
- 6) Početno stanje označeno je LR stavkom  $S' \rightarrow \bullet S$ .

Stanje	Akcija				NovoStanje	
	$a$	$b$	$c$	$\perp$	$S$	$A$
0	$Pomakni(3)$				$Stavi(1)$	$Stavi(2)$
1	$Pomakni(3)$		$Pomakni(4)$			$Stavi(5)$
2	$Reduciraj(S \rightarrow A)$	$Reduciraj(S \rightarrow A)$	$Reduciraj(S \rightarrow A)$			
3	$Pomakni(3)$	$Pomakni(7)$			$Stavi(6)$	$Stavi(2)$
4				$Reduciraj(S' \rightarrow Sc)$ $Prihvati()$		
5	$Reduciraj(S \rightarrow SA)$	$Reduciraj(S \rightarrow SA)$	$Reduciraj(S \rightarrow SA)$			
6	$Pomakni(3)$	$Pomakni(8)$				$Stavi(5)$
7	$Reduciraj(A \rightarrow ab)$	$Reduciraj(A \rightarrow ab)$	$Reduciraj(A \rightarrow ab)$			
8	$Reduciraj(A \rightarrow aSb)$	$Reduciraj(A \rightarrow aSb)$	$Reduciraj(A \rightarrow aSb)$			



## Definicija atributne prijevodne gramatike

Atributna prijevodna gramatika je prijevodna gramatika proširena na sljedeći način:

1. Znakovima gramatike dodjeljuje se konačni skup svojstava. Svojstva se označavaju indeksima znakova gramatike kojima su dodijeljena i dijele se na nasljedna i izvedena. Svojstvima se pridružuju vrijednosti. Dozvoljava se da je skup vrijednosti svojstva beskonačan.
2. Računanje vrijednosti *nasljednih* svojstava:
  - a) Vrijednost *nasljednog svojstva* znaka *desne strane produkcije* računa se na temelju vrijednosti svojstava ostalih znakova koji su na lijevoj ili desnoj strani produkcije.
  - b) Početna vrijednost *nasljednog svojstva početnog nezavršnog znaka* gramatike zadaje se zajedno s produkcijama gramatike.
3. Računanje vrijednosti *izvedenih* svojstava:
  - a) Vrijednost *izvedenog svojstva* nezavršnog znaka *lijeve strane produkcije* računa se na temelju vrijednosti svojstava ostalih znakova koji su na lijevoj ili desnoj strani produkcije.
  - b) Vrijednost *izvedenog svojstva izlaznog završnog znaka* računa se na temelju vrijednosti ostalih svojstava koja su dodijeljena tom istom znaku.

Produkcijama gramatike dodjeljuju se pravila računanja vrijednosti svojstava. Pravila se zapisuju na sljedeći način:  $(r, v) \leftarrow s * u$ . Zadanim pravilom vrijednost umnoška svojstava  $s$  i  $u$  pridružuje se svojstvima  $r$  i  $v$ . Primjenom produkcija atributne prijevodne gramatike gradi se *atributno generativno stablo* na sljedeći način:

1. Primjenom produkcija *prijevodne gramatike* izgradi se generativno stablo za zadani niz ulaznih završnih znakova.
2. Svojstvima *ulaznih završnih znakova* gramatike pridruže se pročitane vrijednosti.
3. *Nasljednim svojstvima početnog nezavršnog znaka* pridruže se početne vrijednosti koje su definirane zajedno s produkcijama gramatike.
4. Pretražuje se generativno stablo. Traži se svojstvo koje nema izračunatu vrijednost, ali su zato izračunate vrijednosti svih svojstava na temelju kojih se računa vrijednost izabranog svojstva. Izračuna se vrijednost izabranog svojstva. Opisani postupak nastavlja se traženjem sljedećeg svojstva i računanjem njegovih vrijednosti. Ako se izračunaju vrijednosti svih svojstava ili više nije moguće izračunati vrijednost nijednog svojstva, onda se postupak gradnje atributnog generativnog stabla zaustavlja.



## ***L-atributna prijevodna gramatika***

Atributna prijevodna gramatika je *L*-atributna ako i samo ako vrijedi:

1. Vrijednost *nasljednog svojstva* znaka *desne strane produkcije* računa se na temelju vrijednosti nasljednih svojstava *nezavršnog znaka lijeve strane produkcije* i na temelju vrijednosti svojstava znakova *desne strane produkcije* koji su *lijevo* od zadanog znaka.
2. Vrijednost *izvedenog svojstva* nezavršnog znaka lijeve strane produkcije računa se na temelju vrijednosti nasljednih svojstava nezavršnog znaka lijeve strane produkcije i na temelju vrijednosti svojstava znakova *desne strane produkcije*.
3. Vrijednost *izvedenog svojstva izlaznog završnog znaka* računa se na temelju nasljednih svojstava tog istog izlaznog završnog znaka.

Uzmu li se u obzir prethodna pravila, vrijednosti svojstava znakova produkcije  $\langle A \rangle \rightarrow \langle B \rangle \langle C \rangle$  računaju se sljedećim redoslijedom: nasljedna svojstva znaka  $\langle A \rangle$ , nasljedna svojstva znaka  $\langle B \rangle$ , izvedena svojstva znaka  $\langle B \rangle$ , nasljedna svojstva znaka  $\langle C \rangle$ , izvedena svojstva znaka  $\langle C \rangle$  i izvedena svojstva znaka  $\langle A \rangle$ .

**Primjer 4.3.** Ako se želi provjeriti da li zadane produkcije zadovoljavaju uvjete *L*-atributne gramatike, onda se koriste prethodno definirana pravila. Provjera jedne produkcije nezavisna je od provjere ostalih produkcija. Neka je zadana produkcija:

$$\langle X \rangle_{n1, i2, i3} \rightarrow \langle Y \rangle_{n4} \langle Z \rangle_{i5} \langle V \rangle_{i6, n7, n8} \langle W \rangle_{n9}$$

gdje su  $i2, i3, i5$ , i  $i6$  izvedena svojstva, a  $n1, n4, n7, n8$ , i  $n9$  nasljedna svojstva. Za provjeru ispravnosti računanja vrijednosti nasljednih svojstava  $n4, n7, n8$  i  $n9$  koristi se pravilo (1), a za provjeru ispravnosti računanja vrijednosti izvedenih svojstva  $i2$  i  $i3$  pravilo (2).

Nasljedno svojstvo  $n4$  dodijeljeno je znaku  $\langle Y \rangle$ . Znak  $\langle Y \rangle$  je krajnji lijevi znak desne strane produkcije. Na temelju pravila (1) za računanje vrijednosti nasljednog svojstva znaka desne strane produkcije moguće je koristiti vrijednosti nasljednih svojstava nezavršnog znaka lijeve strane produkcije i vrijednosti svojstava znakova koji su lijevo od zadanog znaka. Budući da na desnoj strani produkcije nema nijednog znaka koji je lijevo od znaka  $\langle Y \rangle$ , za računanje vrijednosti nasljednog svojstva  $n4$  moguće je koristiti isključivo vrijednost nasljednog svojstva  $n1$  nezavršnog znaka lijeve strane produkcije.

Nasljedna svojstva  $n7$  i  $n8$  dodijeljena su znaku  $\langle V \rangle$ . Budući da su lijevo od znaka  $\langle V \rangle$  na desnoj strani produkcije znakovi  $\langle Y \rangle$  i  $\langle Z \rangle$ , vrijednosti nasljednih svojstava  $n7$  i  $n8$  moguće je računati na temelju vrijednosti svojstava  $n1, n4$  i  $i5$ . Nasljedno svojstvo  $n1$  dodijeljeno je nezavršnom znaku lijeve strane produkcije, a svojstva  $n4$  i  $i5$  dodijeljena su znakovima  $\langle Y \rangle$  i  $\langle Z \rangle$  koji su lijevo od znaka  $\langle V \rangle$ .

Nasljedno svojstvo  $n9$  dodijeljeno je znaku  $\langle W \rangle$ . Znak  $\langle W \rangle$  je krajnji desni znak desne strane produkcije. Vrijednost nasljednog svojstva  $n9$  moguće je računati na temelju vrijednosti svojstava  $n1, n4, i5, i6, n7$  i  $n8$ . Nasljedno svojstvo  $n1$  dodijeljeno je nezavršnom znaku lijeve strane produkcije, a svojstva  $n4, i5, i6, n7$  i  $n8$  dodijeljena su znakovima  $\langle Y \rangle, \langle Z \rangle$  i  $\langle V \rangle$  koji su lijevo od znaka  $\langle W \rangle$ .

Izvedena svojstva  $i2$  i  $i3$  dodijeljena su nezavršnom znaku lijeve strane produkcije. Na temelju pravila (2), za računanje vrijednosti izvedenih svojstava nezavršnog znaka lijeve strane produkcije moguće je koristiti nasljedna svojstva nezavršnog znaka lijeve strane produkcije i sva ostala svojstva znakova desne strane produkcije. Za računanje vrijednosti svojstava  $i2$  i  $i3$  moguće je koristiti svojstva:  $n1, n4, i5, i6, n7, n8$  i  $n9$ .

### Potisni automat za zadanu prijevodnu gramatiku

Postupci obrade izlaznih završnih znakova slični su postupcima obrade ostalih znakova gramatike. Ako je izlazni završni znak na desnoj strani produkcije desno od znaka koji se stavlja na stog, onda se i izlazni znak stavlja na stog. Ako je izlazni završni znak na desnoj strani produkcije lijevo od krajnje lijevog znaka koji se stavlja na stog, onda se izlazni znak ne stavlja na stog, već se odmah izračunaju vrijednosti njegovih izvedenih svojstava. Ako je zadano više izlaznih završnih znakova koji su lijevo od krajnje lijevog znaka koji se stavlja na stog, onda se vrijednosti njihovih izvedenih svojstava računaju onim redoslijedom kojim su ti znakovi zadani u produkciji, tj. slijeva nadesno. Ako je izlazni završni znak na vrhu stoga, onda se on uzme s vrha stoga i računaju se vrijednosti njegovih izvedenih svojstava. Postupak izgradnje potisnog automata za zadanu S-gramatiku opisan u odjeljku 3.5.1 proširuje se na sljedeći način:

- 3) Prethodno definiranom skupu znakova stoga dodaju se *izlazni završni znakovi*. Izlazni završni znak je znak stoga ako i samo ako je na desnoj strani produkcije desno od krajnje lijevog nezavršnog ili ulaznog završnog znaka koji se stavlja na stog.
- 5) Tablica potisnog automata popunjava se na sljedeći način:

a) Neka je produkcija oblika:

$$\langle A \rangle \rightarrow \xi b \phi \alpha$$

gdje je  $\langle A \rangle$  nezavršni znak gramatike,  $b$  ulazni završni znak gramatike,  $\xi$  i  $\phi$  nizovi izlaznih završnih znakova, te  $\alpha$  niz nezavršnih i završnih znakova koji ne započinje izlaznim završnim znakom. U redak koji je označen nezavršnim znakom  $\langle A \rangle$  i stupac koji je označen završnim znakom  $b$  zapisuju se sljedeće akcije potisnog automata:

*Izlaz* ( $\xi \phi$ );

*Zamijeni* ( $\alpha'$ );

*Pomakni*;

Akcija *Izlaz*( $\xi \phi$ ) računa vrijednosti izvedenih svojstava izlaznih završnih znakova zadanih u nizovima  $\xi$  i  $\phi$  slijeva nadesno.

- b) Osim ulaznih završnih znakova, potrebno je definirati i akcije za izlazne završne znakove. Ako je izlazni završni znak  $\{\xi\}$  znak stoga, onda elementi tablice koji su u retku  $\{\xi\}$  određuju sljedeće akcije potisnog automata:

*Izlaz* ( $\xi$ );

*Izvuci*;

*Zadrži*;