

# Otomata Teorisi (BİL 2114)

Fırat İsmailoğlu

Hafta 7:  
İçerikten Bağımsız Diller (II. Bölüm)



# Hafta 7

## Plan

1. Duzenli İfade Uygulamalari
2. Chomsky Normal Form
3. CKY Algoritmasi



# Düzenli İfade Uygulamaları

Düzenli ifadeler, uçsuz bucaksız gen dizilimlerinde spesifik bir bölüm aranırken sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

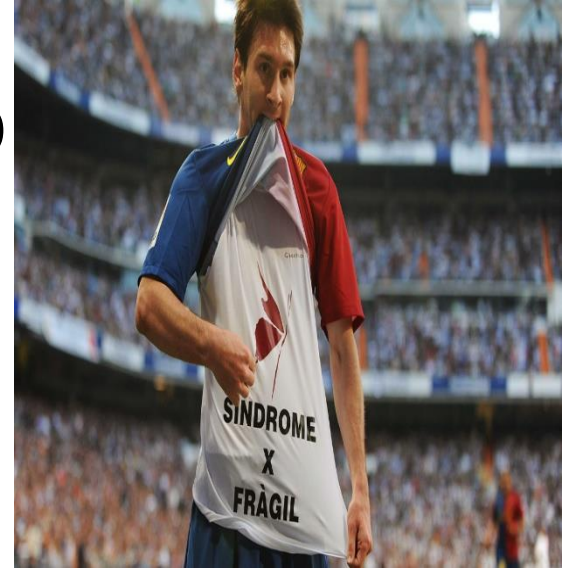
**ör.** Kırılğan X Sendromu (Fragile X Syndrome)

Kırılğan X sendromu, genetik bir bozukluktur ve zeka geriliğine yol açar. Erkeklerde her 250 kadınlarda ise her 800 kisten birinde bu hastalığa neden olan gen bulunur.

Bu hastalığa neden olan DNA dizilimi şu şekildedir:

'gcg' nükleik asit üçlüsünün ardından 'cgg' veya

'agg' herhangi bir sayıda tekrarlar ve ardından 'ctg' nükleik asit üçlüsü gelir.



Bu DNA dizilimini şu düzenli ifade ile tanımlıyabiliriz:

$$gcg(cgg \cup agg)^*ctg$$

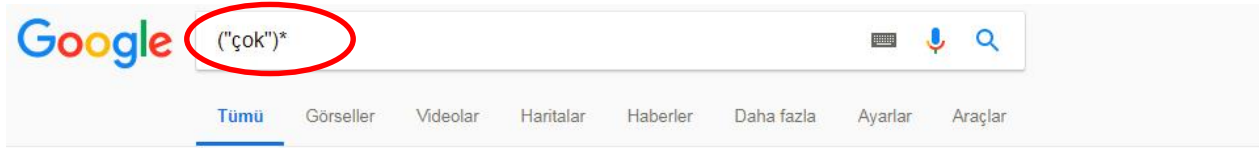
örneğin aşağıdaki DNA dizilimindeki bizim aradığımız bölüm:

gcggcgtgtgtgcgagagagtgggttaaagctg**gcgcggaggcggctg**gcgcgaggctg

## Google'da Düzenli İfade Kullanımı

Google gibi arama motorlarında da düzenli ifadeler kullanılır.

| birleşme operatörü, " " bitirme operatörü, \* yıldız operatörüdür.



Edis Çok Çok - YouTube  
<https://www.youtube.com/watch?v=-8cFfkyk7vA&vl=tr>



ör. google aramasi: " bir \* olsam "

arama sonuclari: " bir marti olsam, " " bir kahve fincan olsam ", " bir bulut olsam ", " bir zengin olsam ", " bir fidan olsam " ...

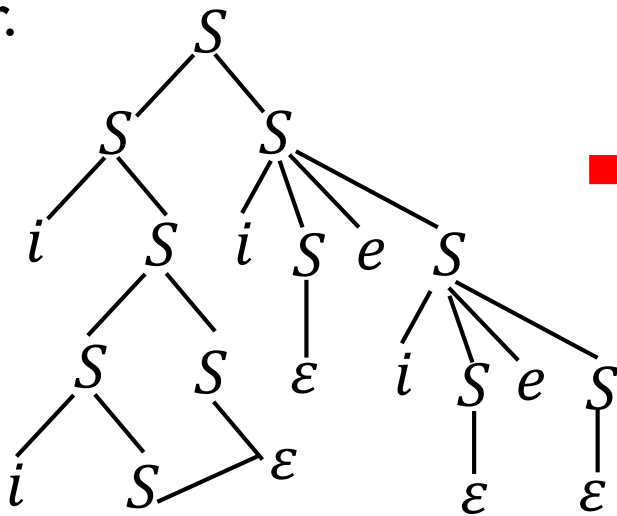
ör. google aramasi: "(nukleer|kirmizi)(baslikli|enerji)"

aramasi " nukleer baslikli ", " nukleer enerji ", " kirmizi baslikli " ve " kirmizi enerji " aramalarini bir defada arar.

ör.  $G = (\{S\}, \{i, e\}, R, S)$  ve  $R$  kuralları

$$S \rightarrow \varepsilon | SS | iS | iSeS$$

grammeri bir programlama dilinin sintaksina uygun if-else'ler uretir.



*iiieie* kelimesini uretir ki bu uygun bir if-else blogudur.



## Icerikten Bagimsiz Dillerde Belirsizlik Durumu

Gecen hafta en sol ve en sag turetimi gormustuk. Buna gore bir kelime birden fazla ayni yolla turetilebiliyordu (en sag yada en sol turetikle). Bu durumda ise ayni kelimeye karsilik birden fazla turetim agaci olur. Ve bir kelimenin birden fazla anlami olur.

Belirsizlikle bas etmek icin etkili bir yontem verilen grammeri Chomksky Normal Formu (CNF) ye getirmektir.

CNF ile  $n$  uzunlugundaki bir kelime her zaman  $2n - 1$  adimda uretilir; boylece bir kelimenin bir dilin elemani olup olmadigi (yada bu dilin grammeri tarafaindan uretilip uretilmedigi) kolayca bulunur.

Ayrica CYK algoritmasiyla verilen bir kelimenin verilen bir grammer tarafindan uretilip uretilmedigini test ederken, grammerin CNF formunda olmasi gerekir.



# Chomsky Normal Formu (CNF)

Bir icerikten bagimsiz grammerin her bir kurali asagidaki uc formdan biri seklinde yazilabiliyorsa bu grammere Chomsky normal formuna sahiptir denir:

$$1. A \rightarrow BC$$

$$2. A \rightarrow a$$

$$3. S \rightarrow \varepsilon$$

Burada  $A, B, C$  birbirinden farkli degiskenler,  $a$  bir terminal ve  $S$  baslangic degiskenidir.

**Teorem:** Bir icerikten bagimsiz grammer tarafından uretilen bir icerikten bagimsiz dil, Chomsky normal formuna sahiptir.



# Icerikten Bagimsiz Grammerleri CNF'ye Donusturma

Bir icerikten bagimsiz grammer  $G = (V, \Sigma, R, S)$ , CNF'ye donusturulurken asagidaki adimler sirayla izlenir:

1. Yeni bir baslangic degiskeni  $S_1$  tanimlanir ve bu degisken eski baslangic degiskenine ( $S$ 'ye)  $S_1 \rightarrow S$  kurali ile baglanir.
2. Sag tarafinda  $\varepsilon$  terminalini iceren butun kurallar elenir (ortadan kaldirilir).

Diyelimki bir  $A \rightarrow \varepsilon$ , kuralimiz olsun ve bunu eleyelim. Bu durumda 3 farkli guncelleme yapmamiz gerekebilir.

- i.*  $B \rightarrow A$ , kurali  $B \rightarrow \varepsilon$  ye donusur.
- ii.*  $B \rightarrow uAv$ , kurali  $B \rightarrow uv$  ya donusur. (burada  $u, v$  birer kelimedir.)
- iii.*  $B \rightarrow uAvAw$ , kurali,  $B \rightarrow uvw, B \rightarrow uvAw$  ve  $B \rightarrow uAvw$  kurallarina donusur.





## Icerikten Bagimsiz Grammerleri CNF'ye Donusturma

3.  $A \rightarrow B$  formundaki tum unit (birli) kurallar elenir.

Aslinda burda elenen  $B$ 'dir. Su halde  $B$ 'nin yerine (varsa) sol tarafinda  $B$  olan bir kuralin sag tarafindakiler yazilir. Ornegin  $A \rightarrow B$  ve  $B \rightarrow uC|D$  olsun. Bu durumda yeni kural  $A \rightarrow uC|D$  olur.

4. Sag tarafinda ikiden fazla sembol olan tum kurallar elenir.

Bunun icin

$$\begin{array}{ccccccccccc} A \rightarrow & u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & \dots & u_{k-2} & u_{k-1} & u_k & & \\ & & & & & & & & \text{---}A_{k-2}\text{---} & & \\ & & & & & & & \text{---}A_3\text{---} & & & \\ & & & & & & \text{---}A_2\text{---} & & & & \\ & & & \text{---}A_1\text{---} & & & & & & & \end{array}$$



# Icerikten Bagimsiz Grammerleri CNF'ye Donusturma

$$A \rightarrow u_1 A_1$$

$$A_1 \rightarrow u_2 A_2$$

$$A_2 \rightarrow u_3 A_3$$

...

$$A_{k-3} \rightarrow u_{k-2} A_{k-2}$$

$$A_{k-2} \rightarrow u_{k-1} u_k$$

ornegin  $k = 3$  icin,  $A \rightarrow u_1 u_2 u_3$  icin  $A \rightarrow u_1 A_1, A_1 \rightarrow u_2 u_3$ .

5. Son olarak okun  $A \rightarrow u_1 u_2$  formundaki kurallar elenir, ki burada hem  $u_1$  hem de  $u_2$  nin ikisi birden degisken degildir. Yani ornegin  $u_1 u_2; 0B, B0, 00, 10$  gibi ifadeler olabilir. Burada  $u_1$  ve  $u_2$  turune gore 3 durum dusunulur:

i.  $u_1$  terminal ( $u_1 \in \Sigma$ ),  $u_2$  degisken ( $u_2 \in V$ ): Bu durumda iki yeni kural eklenir:  $A \rightarrow A_1 u_2, A_1 \rightarrow u_1$ .  $A_1$  yeni bir degiskendir  $V$ 'ye eklenir. ( $V = V \cup A_1$ )



## Icerikten Bagimsiz Grammerleri CNF'ye Donusturma

ii.  $u_2$  terminal,  $u_1$  degisken: Bu durumda iki yeni kural eklenir:

$A \rightarrow u_1 A_1$  ve  $A_1 \rightarrow u_2$ .  $A_1$  yeni bir degiskendir  $V$ 'ye eklenir.

iii.  $u_1$  ve  $u_2$  terminal: Bu durumda uc yeni kural eklenir:

$A \rightarrow A_1 A_2$ ,  $A_1 \rightarrow u_1$  ve  $A_2 \rightarrow u_2$ .  $A_1$  ve  $A_2$  yeni degiskenlerdir  $V$ 'ye eklenir ( $V = V \cup A_1 \cup A_2$ ).

or.  $G = (\{A, B\}, \{0,1\}, R, A)$  grammeri icin  $R$  kurallari soyle olsun

$$A \rightarrow BAB | B | \varepsilon$$

$$B \rightarrow 00 | \varepsilon$$

bu grammeri CNF'ye donusturelim.

I. Yeni bir baslangic degiskeni olusturup bunu  $A$ 'ya gonderelim.

$$S \rightarrow A$$

$$A \rightarrow BAB | B | \varepsilon$$

$$B \rightarrow 00 | \varepsilon$$



2.  $\varepsilon$  iceren tum kurallari eylelim.

$\varepsilon$  iceren kurallar  $A \rightarrow \varepsilon$  ve  $B \rightarrow \varepsilon$  dir.

$A \rightarrow \varepsilon$  kuralini eledigimizde sag tarafinda  $A$  iceren tum kurallar bundan etkilenir ki bunlar:  $S \rightarrow A$  ve  $A \rightarrow BAB$  dir.  $S \rightarrow A$  ve  $A \rightarrow \varepsilon$  oldugundan kurali  $S \rightarrow \varepsilon$  kuralini elde ederiz.  $A \rightarrow BAB$  ve  $A \rightarrow \varepsilon$  oldugundan  $A \rightarrow BB$  elde edilir. Bu yeni kurallarla:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow A \mid \varepsilon \\ A &\rightarrow BAB \mid B \mid BB \\ B &\rightarrow \varepsilon \end{aligned}$$

$B \rightarrow \varepsilon$  kuralini eylelim. Ilk olarak  $A \rightarrow BAB$  kurali icin 3 yeni kural ekleriz (bakiniz 2. adim durum iii.) Bu kurallar:

$A \rightarrow BA$ ,  $A \rightarrow AB$  ve  $A \rightarrow A$  kurallari dir.

Ikinci olarak  $A \rightarrow B$  yi dusunelim.  $B \rightarrow \varepsilon$  icin  $A \rightarrow \varepsilon$  kurali elde edilir (bakiniz 2. adim durum i.) Fakat bu yeni kurali eklemeyiz cunku bu kurali zaten yukarida elemistik.



Ucuncu olarak  $A \rightarrow BB$  yi dusunelim.  $B \rightarrow \varepsilon$  icin yine 2. adim iii. durum geregi,  $A \rightarrow B$ ,  $A \rightarrow B$  ve  $A \rightarrow \varepsilon$  yeni kurallari elde edilir. Bunlarin icinden  $A \rightarrow B$  kuralini bir defa aliriz,  $A \rightarrow \varepsilon$  kuralini almayiz cunku zaten bu kurali daha once elemistik. Sonuc olarak 2. adim sonrasi su kurallari elde ederiz:

$$S \rightarrow A \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BAB \mid B \mid BB \mid AB \mid BA \mid A$$

$$B \rightarrow 00$$

3. Unit kuralların elenmesi. Sahip oldugumuz unit kurallar  $A \rightarrow A$   $S \rightarrow A$  ve  $A \rightarrow B$  dir.  $A \rightarrow A$  kuralini yeni bir kural eklemeyen eleyebiliriz. Kurallarımız

$$S \rightarrow A \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BAB \mid B \mid BB \mid AB \mid BA$$

$$B \rightarrow 00$$



$S \rightarrow A$  yi elemek icin, bu kuralda  $A$  gordugumuz yere  $A$  dan turetilebilen  $BAB \mid B \mid BB \mid AB \mid BA$  yapilarini yaziyoruz. Yeni kurallarimiz

$$S \rightarrow BAB \mid B \mid BB \mid AB \mid BA \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BAB \mid B \mid BB \mid AB \mid BA$$

$$B \rightarrow 00$$

En son olarak  $A \rightarrow B$  yi eliyoruz. Bunun icin solunda  $B$  olan tek kural  $B \rightarrow 00$  yi kullaniyoruz. 3. adim sonunda kurallarimiz:

$$S \rightarrow BAB \mid 00 \mid BB \mid AB \mid BA \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BAB \mid 00 \mid BB \mid AB \mid BA$$

$$B \rightarrow 00$$

4. Sag tarafinda ikiden fazla sembol olan tum kuralların elenmesi.

Bu kurallar  $S \rightarrow BAB$  ve  $A \rightarrow BAB$  dir.

$S \rightarrow BAB$  i elemek icin  $S \rightarrow BA_1$  ve  $A_1 \rightarrow AB$  kurallarini ekliyoruz.



$A \rightarrow BAB$  i elemek için  $A \rightarrow BA_2$  ve  $A_2 \rightarrow AB$  kurallarını ekliyoruz. 4. adım sonunda elde ettiğimiz durumlar:

$$S \rightarrow BA_1 \mid 00 \mid BB \mid AB \mid BA \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BA_2 \mid 00 \mid BB \mid AB \mid BA$$

$$B \rightarrow 00$$

$$A_1 \rightarrow AB$$

$$A_2 \rightarrow AB$$

5. Bu adımda sağ tarafında iki tane sembol olan (fakat ikisi birden değişken olmayan) kuralları eliyeceğiz. Bu örnek için bu kurallar,  $S \rightarrow 00$ ,  $A \rightarrow 00$  ve  $B \rightarrow 00$  kuralları. 5. adım iii. durum gereği yeni ekleyeceğimiz kurallar şunlar olur:

$$S \rightarrow A_3A_3, A_3 \rightarrow 0$$

$$A \rightarrow A_4A_4, A_4 \rightarrow 0$$

$$B \rightarrow A_5A_5, A_5 \rightarrow 0$$



Sonuc olarak asagidaki CNF grammerine erisilir:

$$S \rightarrow BA_1 \mid A_3A_3 \mid BB \mid AB \mid BA \mid \varepsilon$$

$$A \rightarrow BA_2 \mid A_4A_4 \mid BB \mid AB \mid BA$$

$$B \rightarrow A_5A_5$$

$$A_1 \rightarrow AB$$

$$A_2 \rightarrow AB$$

$$A_3 \rightarrow 0$$

$$A_4 \rightarrow 0$$

$$A_5 \rightarrow 0$$

or.  $G = (\{A, B, S\}, \{a, b\}, R, S)$  grammeri icin  $R$  kurallari soyle olsun:

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \varepsilon$$

bu grammeri CNF ye donusturelim.





1. Yeni bir baslangic degiskeni olusturup bunu  $S$  ye gonderelim.

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b \mid \varepsilon$$

2.  $\varepsilon$  iceren kuralların elenmesi.

$B \rightarrow \varepsilon$  kuralını eleyelim. Yeni kurallar  $A \rightarrow \varepsilon$  ve  $S \rightarrow a$  olur.

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a$$

$$A \rightarrow B \mid S \mid \varepsilon$$

$$B \rightarrow b$$

$A \rightarrow \varepsilon$  kuralını eleyelim Yeni kurallar  $S \rightarrow AS$  ve  $S \rightarrow SA$  ve  $S \rightarrow S$  olur.

$$S_0 \rightarrow S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$



3. Unit kurallari eleyelim.  $S \rightarrow S$  i direkt eleyebiliriz.  $S_0 \rightarrow S$  kurali  $S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$  olur.

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA$$

$$A \rightarrow B \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

$A \rightarrow B$  kurali kurali  $A \rightarrow b$  olur.

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA$$

$$A \rightarrow b \mid S$$

$$B \rightarrow b$$

$A \rightarrow S$  kurali  $A \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$  olur.

$$S_0 \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$$

$$S \rightarrow ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$$

$$A \rightarrow b \mid ASA \mid aB \mid a \mid AS \mid SA \mid S$$

$$B \rightarrow b$$



4. Sağ tarafında ikiden fazla sembol olan kuralları eleyelim.

$S_0 \rightarrow ASA$  yerine  $S_0 \rightarrow AA_1$  ve  $A_1 \rightarrow SA$

$S \rightarrow ASA$  yerine  $S \rightarrow AA_1$

$A \rightarrow ASA$  yerine  $A \rightarrow AA_1$

yazılır.

$S_0 \rightarrow AA_1 | aB | a | AS | SA | S$

$S \rightarrow AA_1 | aB | a | AS | SA | S$

$A \rightarrow b | AA_1 | aB | a | AS | SA | S$

$B \rightarrow b$

$A_1 \rightarrow SA$

5.  $S_0 \rightarrow aB$  yerine  $S_0 \rightarrow A_2B$  ve  $A_2 \rightarrow a$

$S \rightarrow aB$  yerine  $S \rightarrow A_2B$ ;  $A \rightarrow aB$  yerine  $A \rightarrow A_2B$

$S_0 \rightarrow AA_1 | A_2B | a | AS | SA | S$

$S \rightarrow AA_1 | A_2B | a | AS | SA | S$

$A \rightarrow b | AA_1 | A_2B | a | AS | SA | S$

$B \rightarrow b$

$A_1 \rightarrow SA, A_2 \rightarrow a$



## Cocke-Younger-Kasami (CYK) Algoritması

CYK algoritması Chomsky normal formunda verilen bir grammerin, verilen bir kelimeyi üretip üretmeyeceğine karar verilirken kullanılır. Yani giriş olarak CNF formunda bir

$G = (V, \Sigma, R, S)$  grammeri ve bir  $w$  kelimesi alır. Çıkış olarak eğer bu  $w$  kelimesi  $G$  grammerinden üretilirse "evet", üretilemezse "hayır" yazısını yazdırır.

ör.  $G = (\{S, A, B, C\}, \{a, b\}, R, S)$  ve CNF formundaki  $R$  kuralları

$$S \rightarrow AB|BC$$

$$A \rightarrow BA|a$$

$$B \rightarrow CC|b$$

$$C \rightarrow AB|a$$

şeklinde verilen içerikten bağımsız grammer  $w = baaba$  kelimesini üretir mi?



$S \rightarrow AB|BC$

$A \rightarrow BA|a$

$B \rightarrow CC|b$

$C \rightarrow AB|a$

5	$baaba$ $S, A, C$				
4	$baab$ -	$aaba$ $S, A, C$			
3	$baa$ -	$aab$ $B$	$aba$ $B$		
2	$ba$ $S, A$	$aa$ $B$	$ab$ $S, C$	$ba$ $S, A$	
1	$b$ $B$	$a$ $A, C$	$a$ $A, C$	$b$ $B$	$a$ $A, C$
	$b$	$a$	$a$	$b$	$a$

5.  $b \leftarrow B, a \leftarrow A, C$

4.  $ba \leftarrow (B)(A, C) = BA, BC \leftarrow A, S$

$aa \leftarrow (A, C)(A, C) = AA, AC, CA, CC \leftarrow B$  (burada yalnızca  $CC'$ 'ye ulaşılabilir)

$ab \leftarrow (A, C)(B) = AB, CB \leftarrow S, C$

3.  $baa, (b, aa)$  ve  $(ba, a)$  şeklinde ayrıştırılır.

$ba, a \leftarrow (S, A)(A, C) = SA, SC, AA, AC$  (bu ifadelerin hiç birine ulaşamaz)

$b, aa \leftarrow (B)(B) = BB$  (bu ifadeye ulaşamaz, yani buna giden bir ok yoktur)



3.  $aab$ ,  $(a, ab)$  ve  $(aa, b)$  şeklinde ayrıştırılır.

$$a, ab \leftarrow (A, C)(S, C) = AS, AC, CS, CC \leftarrow B$$

$$aa, b \leftarrow (B)(B) = BB \text{ (bu ifadeye ulaşılamaz, yani buna giden bir ok yoktur)}$$

$aba$ ,  $(a, ba)$  ve  $(ab, a)$  şeklinde ayrıştırılır.

$$a, ba \leftarrow (A, C)(S, A) = AS, AA, CS, CA \text{ (hiç birine ulaşılamaz).}$$

$$ab, a \leftarrow (S, C)(A, C) = SA, SC, CA, CC \leftarrow B$$

4.  $baab$ ,  $(b, aab)$ ,  $(ba, ab)$ ,  $(baa, b)$  şeklinde ayrıştırılır.

$$b, aab \leftarrow (B)(B) = BB$$

$$ba, ab \leftarrow (S, A)(S, C) = SS, SC, AS, AC \text{ (bu ifadelere ulaşılamaz)}$$

$$baa, b \leftarrow -, B$$

$aaba$ ,  $(a, aba)$ ,  $(aa, ba)$ ,  $(aab, a)$  şeklinde ayrıştırılır.

$$a, aba \leftarrow (A, C)(B) = AB, CB \leftarrow S, C$$

$$aa, ba \leftarrow (B)(S, A) = BS, BA \leftarrow A$$

$$aab, a \leftarrow (B)(A, C) = BA, BC \leftarrow A, S$$



4.  $baaba$ ,  $(b, aaba)$ ,  $(ba, aba)$ ,  $(baa, ba)$ ,  $(baab, a)$  şeklinde ayrıştırılır.

$b, aaba \leftarrow (B)(S, A, C) = BS, BA, BC \leftarrow A, S$

$ba, aba \leftarrow (S, A)(B) = SB, AB \leftarrow S, C$

$baa, ba \leftarrow -, SA$

$baab, a \leftarrow -(A, C)$

Sonuc olarak piramitin tepesinde  $S$  başlangıç değişkeni olduğu için,  $w = baaba$  kelimesi verilen gramerden üretilebilir. Başka bir deyişle başlangıç değişkeni  $S$  den  $w$  kelimesine ulaşılabilir.

ör.  $G = (\{A, B, X, T, S\}, \{a, b\}, R, S)$  ve  $R$  kuralları

$$S \rightarrow AB|XB|\varepsilon$$
$$T \rightarrow AB|XB$$
$$X \rightarrow AT$$
$$A \rightarrow a$$
$$B \rightarrow b$$

şeklinde verilen içerikten bağımsız gramer  $w = aabb$  kelimesini üretir mi?



$S \rightarrow AB|XB|\varepsilon$

$T \rightarrow AB|XB$

$X \rightarrow AT$

$A \rightarrow a$

$B \rightarrow b$

4	$aabb$ / $S, T$			
3	$aab$ / $X$	$abb$ / $-$		
2	$aa$ / $-$	$ab$ / $S, T$	$bb$ / $-$	
1	$a$ / $A$	$a$ / $A$	$b$ / $B$	$b$ / $B$
	$a$	$a$	$b$	$b$

4.  $b \leftarrow B, a \leftarrow A$

3.  $aa \leftarrow AA$  (bu ifadeye ulaşamaz)

$aa \leftarrow AB \leftarrow ST, bb \leftarrow BB$

2.  $aab, (a, ab)$  ve  $(aa, b)$  şeklinde ayrıştırılır.

$a, ab \leftarrow (A)(S, T) = AS, AT \leftarrow X, aa, b \leftarrow -B$

$abb, (a, bb)$  ve  $(ab, b)$  şeklinde ayrıştırılır.

$a, bb \leftarrow (A)-, ab, b \leftarrow (S, T)(B) = SB, TB$  (bu ifadelere ulaşamaz)

1.  $aabb, (a, abb), (aa, bb)$  ve  $(aab, b)$  şeklinde ayrıştırılır.

$a, abb \leftarrow (A), -$

$aa, bb \leftarrow - -$

$aab, b \leftarrow (X)(B) = XB \leftarrow (S)T$

