# Az informatika számítástudományi alapjai
# 6. előadás

Vaszil György

vaszil.gyorgy@inf.unideb.hu

I. emelet 110-es szoba

# A múlt órán

- Generatív grammatikák általában, végtelen nyelvek megadása generatív grammatikával
- Környezetfüggetlen grammatikák
- Reguláris nyelvek megadása környezetfüggetlen grammatikával, reguláris grammatikák
- Környezetfüggetlen grammatikák: lényegesen különböző levezetések, levezetési fák, grammatikák egyértelműsége
- Környezetfüggetlen grammatikák szabályainak egyszerűsítése, normálformák
  - törlő szabályok kiküszöbölése
  - láncszabályok kiküszöbölése

- Példa: Írjunk fel grammatikát ami a bináris számokat ábrázoló sztringeket írja le.

$$G=(\{S, T\}, \{0, 1\}, S, P)$$

P:

$$S \to 0$$
$$S \to 1$$
$$S \to T0$$
$$S \to T1$$
$$T \to 1$$
$$T \to T0$$
$$T \to T1$$

S : bináris sztring

T: 1-gyel kezdődő bináris sztring

Vegyük észre:

- 0 generálható (levezethető)
- 001 nem generálható
- 101 generálható

# Példa: „természetes nyelv”-i mondat

- Nemterminálisok: a nyelvtani kategóriák nevei
- Kezdő nemterminális: <mondat>
- Terminálisok: a leírandó nyelv szavai
- A szabályok:

<mondat> ::= <alanyi rész> <állítmányi rész>
<alanyi rész> ::= <főnévi rész> <határozó>
<állítmányi rész> ::= <tárgyi rész> <igei rész:>
<főnévi rész> ::= <névelő> <jelzők> <főnév>
<névelő> ::= ε | a | az | egy
<jelzők> ::= <jelző> | <jelző> <jelzők>
<jelző> ::= ε | hideg | meleg | fehér | fekete | nagy | kis
<főnév> ::= kutya | macska | hús | egér | sajt | tej | víz
<határozó> ::= ε | nappal | éjjel | reggel | este
<tárgyi rész> ::= <főnévi rész>t
<igei rész> ::= eszik | iszik

# Egy lehetséges levezetés

<mondat> ⇒ <alanyi rész><állítmányi rész> ⇒
<főnévi rész><határozó><állítmányi rész> ⇒
<névelő><jelzők><főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a <jelzők><főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a <jelző><jelzők><főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a nagy <jelzők><főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a nagy <jelző><főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a nagy fehér <főnév><határozó><állítmányi rész> ⇒
a nagy fehér kutya <határozó><állítmányi rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <állítmányi rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <tárgyi rész><igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <főnévi rész>t<igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <névelő><jelzők><főnév>t<igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <jelzők><főnév>t<igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel <jelző><főnév>t<igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel meleg <főnév>t<igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel meleg húst <igei rész> ⇒
a nagy fehér kutya reggel meleg húst eszik

# Példa: A HTML nyelv specifikációja (részlet)

Nemterminálisok *={Char, Text, Doc, Element, ListItem, List}*

Kezdő nemterminális: *Doc*

Terminálisok*={ _,:,a,b,…,z,A,B,…,Z,<EM>, </EM>, <P>, <OL>, </OL>, <LI>}*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | *Char* | $\rightarrow$ | $a \mid A \mid \cdots$ |
| 2. | *Text* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Char Text* |
| 3. | *Doc* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Element Doc* |
| 4. | *Element* | $\rightarrow$ | *Text* \|<br><EM> *Doc* </EM> \|<br><P> *Doc* \|<br><OL> *List* </OL> \| $\cdots$ |
| 5. | *ListItem* | $\rightarrow$ | <LI> *Doc* |
| 6. | *List* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *ListItem List* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | *Char* | $\rightarrow$ | $a \mid A \mid \cdots$ |
| 2. | *Text* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Char Text* |
| 3. | *Doc* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Element Doc* |
| 4. | *Element* | $\rightarrow$ | *Text* $\mid$<br><EM> *Doc* </EM> $\mid$<br><P> *Doc* $\mid$<br><OL> *List* </OL> $\mid \cdots$ |
| 5. | *ListItem* | $\rightarrow$ | <LI> *Doc* |
| 6. | *List* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *ListItem List* |

```
<P>The things I <EM>hate</EM>:
<OL>
<LI>Moldy bread.
<LI>People who drive too slow
in the fast lane.
</OL>
```

Doc ⇒ Element Doc ⇒ <P> Doc Doc ⇒
<P> Element Doc Doc ⇒ <P> Text Doc Doc ⇒
<P> Text Element Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Doc </EM> Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Element Doc </EM> Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Text Doc </EM> Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Tet </EM> Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Text </EM> Element Doc Doc ⇒
<P> Text <EM> Text </EM> <OL> List </OL> Doc Doc ⇒

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | *Char* | $\rightarrow$ | $a \mid A \mid \cdots$ |
| 2. | *Text* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Char Text* |
| 3. | *Doc* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *Element Doc* |
| 4. | *Element* | $\rightarrow$ | *Text* \|<br><EM> *Doc* </EM> \|<br><P> *Doc* \|<br><OL> *List* </OL> \| $\cdots$ |
| 5. | *ListItem* | $\rightarrow$ | <LI> *Doc* |
| 6. | *List* | $\rightarrow$ | $\epsilon \mid$ *ListItem List* |

```
<P>The things I <EM>hate</EM>:
<OL>
<LI>Moldy bread.
<LI>People who drive too slow
in the fast lane.
</OL>
```

<P> Text <EM> Text </EM> <OL> List </OL> Doc Doc $\Rightarrow$

<P> Text <EM> Text </EM> <OL> $\underbrace{\text{ListItem}}_{\text{<LI> Doc}}$ List </OL> Doc Doc

the things I

hate

Moldy bread.

etc...

# A múlt órán

- Generatív grammatikák általában, végtelen nyelvek megadása generatív grammatikával
- Környezetfüggetlen grammatikák
- Reguláris nyelvek megadása környezetfüggetlen grammatikával, reguláris grammatikák
- Környezetfüggetlen grammatikák: lényegesen különböző levezetések, levezetési fák, grammatikák egyértelműsége
- Környezetfüggetlen grammatikák szabályainak egyszerűsítése, normálformák
  - törlő szabályok kiküszöbölése
  - láncszabályok kiküszöbölése

# Környezetfüggetlen grammatikák

$G=(N, \Sigma, S, P)$

Az átírási szabályok alakja:

$$\boxed{A \to \alpha}$$

$A \in N$ $\qquad$ $\alpha \in (N \cup \Sigma)^*$

(Nemterminálisok és terminálisok. )

# Környezetfüggetlen grammatikák

$$\mathcal{G} = (N, \Sigma, S, P)$$

$$N = \{S\}$$

$$\Sigma = \{a, +, *, (, )\}$$

$$P = \{S \to a,\ S \to S+S,\ S \to S*S,\ S \to (S)\}$$

Levezetés:

$$S \Rightarrow S+S \Rightarrow a+S \Rightarrow a+(S) \Rightarrow a+(S*S) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a+(a*S) \Rightarrow \underline{a+(a*a)}$$

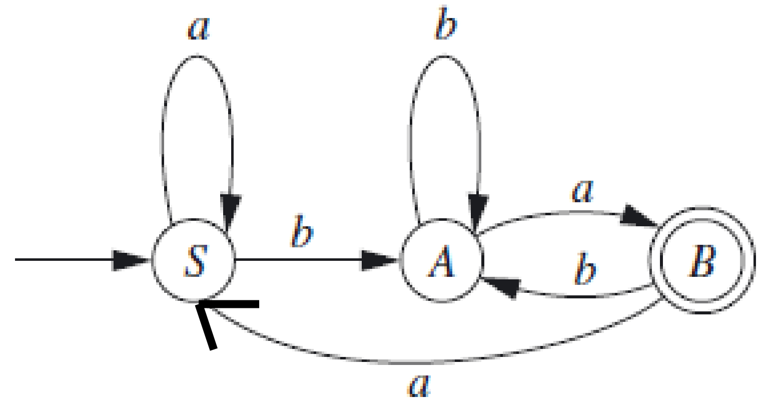
$\uparrow$ generált szó

# A múlt órán

- Generatív grammatikák általában, végtelen nyelvek megadása generatív grammatikával
- Környezetfüggetlen grammatikák
- Reguláris nyelvek megadása környezetfüggetlen grammatikával, reguláris grammatikák
- Környezetfüggetlen grammatikák: lényegesen különböző levezetések, levezetési fák, grammatikák egyértelműsége
- Környezetfüggetlen grammatikák szabályainak egyszerűsítése, normálformák
  - törlő szabályok kiküszöbölése
  - láncszabályok kiküszöbölése

Állapot átmenet $\Longleftrightarrow$ átírási szabály

$$(T) \xrightarrow{x} (U) \quad \Longleftrightarrow \quad T \to xU$$



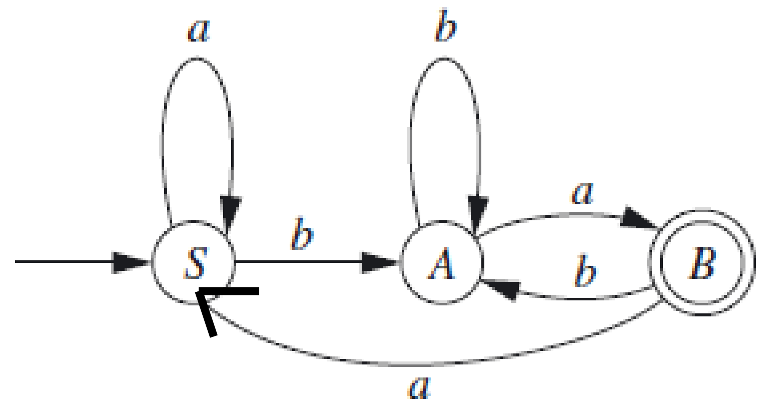

$$S \to aS \mid bA \qquad A \to bA \mid aB \qquad B \to bA \mid aS \mid \boxed{\lambda}$$

$$S \xrightarrow{b} A \xrightarrow{b} A \xrightarrow{a} B \xrightarrow{a} S \xrightarrow{b} A \xrightarrow{a} B$$

$$S \Rightarrow bA \Rightarrow bbA \Rightarrow bbaB \Rightarrow bbaaS \Rightarrow bbaabA \Rightarrow bbaabaB$$

Állapot átmenet $\Longleftrightarrow$ átírási szabály

$$\textcircled{T} \xrightarrow{x} \textcircled{U} \quad \Longleftrightarrow \quad T \to xU$$




$S \to aS \mid bA \qquad A \to bA \mid aB \mid \boxed{a} \qquad B \to bA \mid aS$

$$S \xrightarrow{b} A \xrightarrow{b} A \xrightarrow{a} B \xrightarrow{a} S \xrightarrow{b} A \xrightarrow{a} B$$

$$S \Rightarrow bA \Rightarrow bbA \Rightarrow bbaB \Rightarrow bbaaS \Rightarrow bbaabA \Rightarrow bbaabaB$$

## Azaz :

**Definíció** : A $G=(N,\Sigma,S,P)$ környezetfüggetlen grammatika reguláris, ha a szabályai alakja

- $A \to aB$ $\qquad A, B \in N$, $a \in \Sigma$
- $A \to \lambda$
- $A \to a$

__Ábra__ :

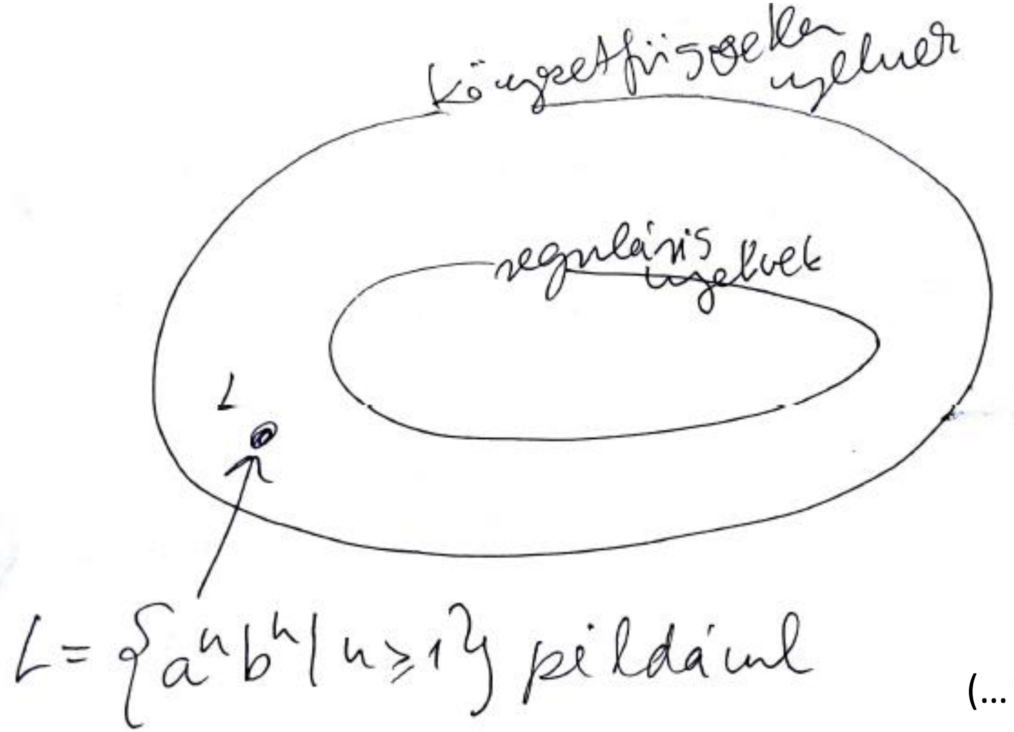
__Tétel__: $L \subset \Sigma^*$ reguláris akkor és csak akkor, ha $L = L(G)$ alkalmas $G$ reguláris grammatikára.

__Bizonyítás__: Látható.

1. véges automata $\rightarrow$ reguláris grammatika
2. reguláris grammatika $\rightarrow$ véges automata

# Vegyük észre:

**Környezetfüggetlen** grammatikákkal olyan nyelv is megadható, ami **véges automatákkal** (vagy **reguláris** kifejezésekkel, vagy **reguláris** grammatikákkal) **nem** adható meg.



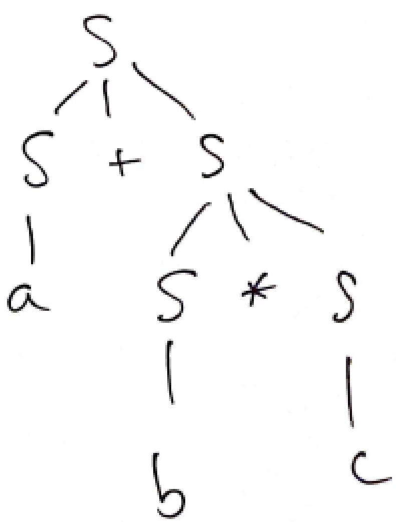

(… grammatikák és … nyelvek!!!)

# A múlt órán

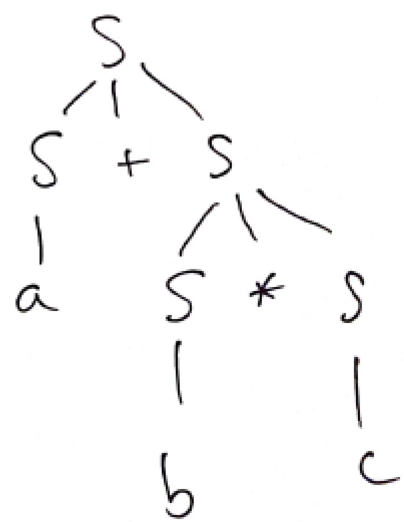
- Generatív grammatikák általában, végtelen nyelvek megadása generatív grammatikával
- Környezetfüggetlen grammatikák
- Reguláris nyelvek megadása környezetfüggetlen grammatikával, reguláris grammatikák
- Környezetfüggetlen grammatikák: lényegesen különböző levezetések, levezetési fák, grammatikák egyértelműsége
- Környezetfüggetlen grammatikák szabályainak egyszerűsítése, normálformák
  – törlő szabályok kiküszöbölése
  – láncszabályok kiküszöbölése

$$S \rightarrow a \mid S + S \mid S * S \mid (S)$$

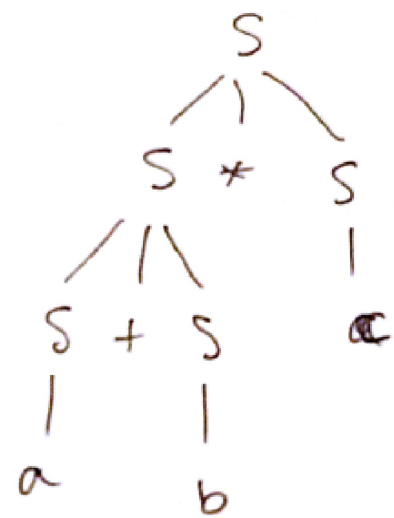
$S \Rightarrow S+S \Rightarrow S+S*S \Rightarrow a+S*S \Rightarrow a+b*S \Rightarrow a+b*C$




$S \Rightarrow S+S \Rightarrow a+S \Rightarrow a+S*S \Rightarrow a+S*c \Rightarrow a+b+c$

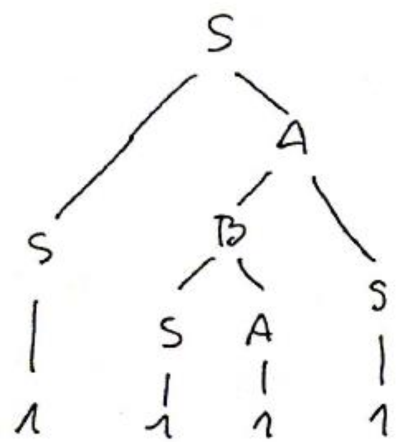



$S \Rightarrow S*S \Rightarrow S+S*S \Rightarrow a+S*S \Rightarrow a+b*S \Rightarrow a+b*c$



## Két levezetés lényegesen különbözik:

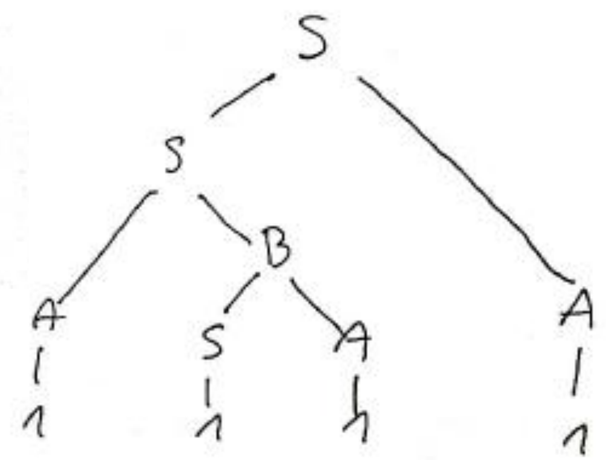
Ha a hozzájuk tartozó levezetési fák különbözőek.



$S \to SA \mid AB \mid 1$

$A \to BS \mid 1$

$B \to SA \mid 1$



$\underline{S} \Rightarrow \underline{S}A \Rightarrow 1\underline{A} \Rightarrow 1\underline{B}S \Rightarrow 1\underline{S}AS \Rightarrow$

$\Rightarrow 11\underline{A}S \Rightarrow 111\underline{S} \Rightarrow 1111$

vagy.

$\underline{S} \Rightarrow S\underline{A} \Rightarrow S\underline{B}S \Rightarrow SS\underline{A}S \Rightarrow S\underline{S}1S \Rightarrow$

$\Rightarrow S11\underline{S} \Rightarrow \underline{S}111 \Rightarrow 1111$

$\underline{S} \Rightarrow \underline{S}A \Rightarrow \underline{A}BA \Rightarrow 1\underline{B}A \Rightarrow$

$\Rightarrow 1\underline{S}AA \Rightarrow 11\underline{A}A \Rightarrow 111\underline{A} \Rightarrow 1111$

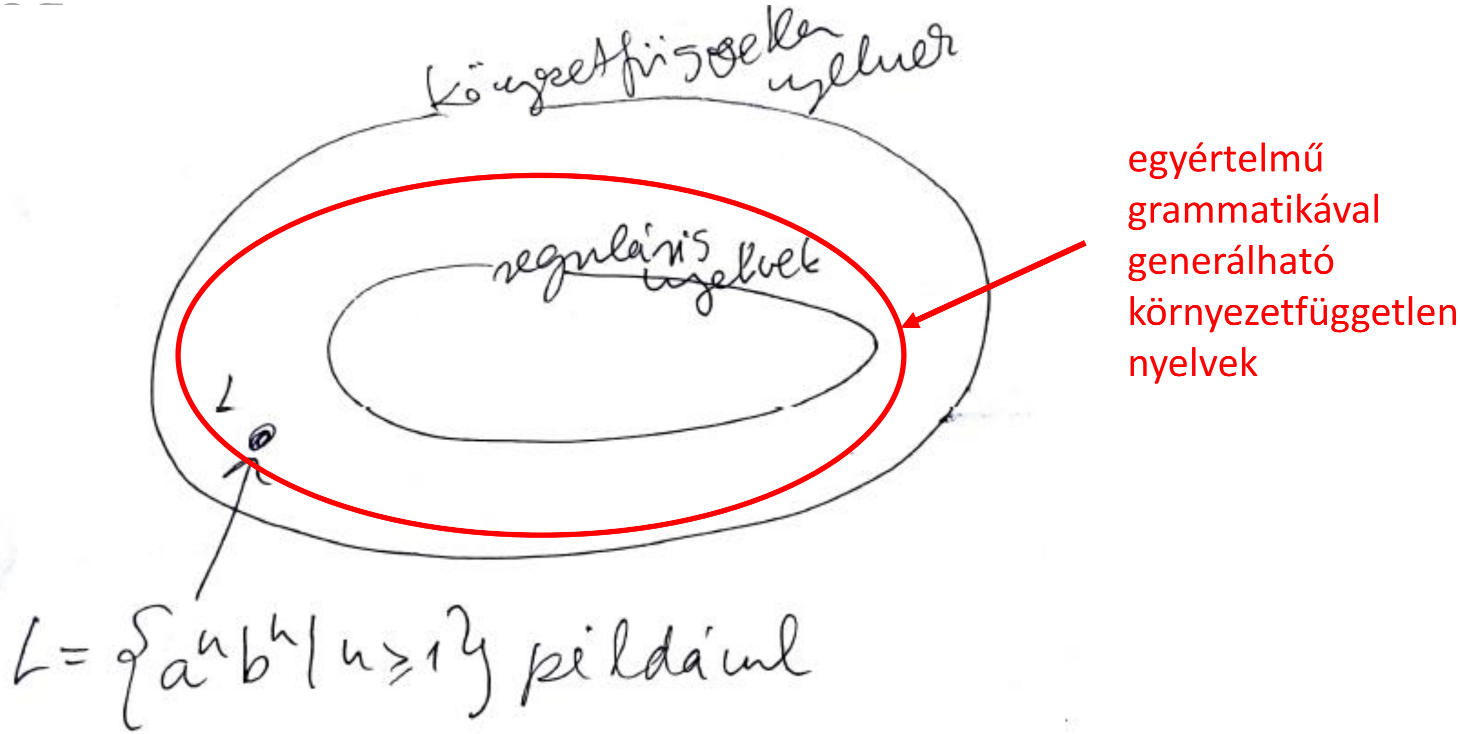
# Környezetfüggetlen grammatika egyértelműsége és többértelműsége

Egy grammatika nem egyértelmű, ha van olyan szó, aminek több lényegesen különböző levezetése is van.

nem csupán a szabályalkalmazási sorrendje különbözik

# Hol „helyezkednek el” a nem egyértelmű nyelvek:

**Környezetfüggetlen** grammatikákkal olyan nyelv is megadható, ami **véges automatákkal** (vagy **reguláris** kifejezésekkel, vagy **reguláris** grammatikákkal) **nem** adható meg




(… grammatikák és … nyelvek!!!) a reguláris nyelvek miért egyértelműek?

# A múlt órán

- Generatív grammatikák általában, végtelen nyelvek megadása generatív grammatikával
- Környezetfüggetlen grammatikák
- Reguláris nyelvek megadása környezetfüggetlen grammatikával, reguláris grammatikák
- Környezetfüggetlen grammatikák: lényegesen különböző levezetések, levezetési fák, grammatikák egyértelműsége
- Környezetfüggetlen grammatikák szabályainak egyszerűsítése, normálformák
  - törlő szabályok kiküszöbölése
  - láncszabályok kiküszöbölése

# Grammatikák „egyszerűsítése"
# normálformák

- Törlő szabály: $A \to \lambda$

- Minden $G$ környezetfüggetlen grammatikához konstruálható $G_1$ úgy, hogy $L(G_1) = L(G) - \{\lambda\}$ és $G_1$ nem tartalmaz törlő szabályokat.

- Alapötlet:

$$\left.\begin{array}{l} A \to BCD \\ B \to \lambda \\ C \to \lambda \end{array}\right\} \Longleftrightarrow \left\{\begin{array}{l} A \to BCD \\ A \to CD \\ A \to BD \\ A \to D \end{array}\right.$$

# Láncszabályok kiküszöbölése

Láncszabály : $A \to B \qquad A, B \in N$

Minden G környezetfüggetlen grammatikához konstruálható $G_1$ úgy, hogy $L(G_1)=L(G)$ és $G_1$ **nem tartalmaz láncszabályokat**.

Alapötlet :

$$\left.\begin{array}{l} A \to B \\ B \to C \\ C \to XY \end{array}\right\} \Longleftrightarrow \left\{\begin{array}{l} A \to XY \\ B \to XY \\ C \to XY \end{array}\right.$$

# Láttuk:

- Minden G környezetfüggetlen grammatika átalakítható G'-vé úgy, hogy L(G)=L(G')-{$\lambda$}, de G' szabályai között **nincsenek törlő szabályok**.
- Minden G környezetfüggetlen grammatika átalakítható G'-vé úgy, hogy L(G)=L(G'), de G' szabályai között **nincsenek láncszabályok**.

# A mai órán

- Chomsky féle normálforma,
- Cocke-Younger-Kasami algoritmus
- Pumpálási lemma környezetfüggetlen nyelvekre

# Chomsky féle normál-forma

$G=(N, \Sigma, S, P)$

- Egy grammatika Chomsky normálfor-mában van, ha ~~[illegible]~~ csak

$$\boxed{A \to BC \text{ és } A \to a} \qquad a \in \Sigma,\ A, B, C \in N$$

alakú szabályokat tartalmaz.

- Minden G-hez van olyan $G_1$ Chomsky normálformában, hogy $L(G_1) = L(G) - \{\lambda\}$.

- Alapötlet:

$$A \to BCDE \Big\} \iff \left\{ \begin{array}{l} A \to BX \\ X \to CY \\ Y \to DE \end{array} \right.$$

A példa folytatása - A törlő szabályok és a láncszabályok kiküszöbölése után:

$$S \to TU \mid aTb \mid ab \mid cU \mid c \mid aVc \mid ac \mid bW \mid b$$

$$T \to aTb \mid ab$$

$$U \to cU \mid c$$

$$V \to aVc \mid ac \mid bW \mid b$$

$$W \to bW \mid b$$

Azaz:

$$S \to TU \mid X_aTX_b \mid X_aX_b \mid X_cU \mid c \mid X_aVX_c \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$T \to X_aTX_b \mid X_aX_b$$

$$U \to X_cU \mid c$$

$$V \to X_aVX_c \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$W \to X_bW \mid b$$

Illetve $X_a \to a$, $X_b \to b$, $X_c \to c$

$$S \to TU \mid X_aTX_b \mid X_aX_b \mid X_cU \mid c \mid X_aVX_c \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$T \to X_aTX_b \mid X_aX_b$$

$$U \to X_cU \mid c$$

$$V \to X_aVX_c \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$W \to X_bW \mid b$$

Az eredmény:

$$S \to TU \mid X_aY_1 \mid X_aX_b \mid X_cU \mid c \mid X_aY_2 \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$Y_1 \to TX_b$$

$$Y_2 \to VX_c$$

$$T \to X_aY_3 \mid X_aX_b$$

$$Y_3 \to TX_b$$

$$U \to X_cU \mid c$$

$$V \to X_aY_4 \mid X_aX_c \mid X_bW \mid b$$

$$Y_4 \to VX_c$$

$$W \to X_bW \mid b$$

Illetve $X_a \to a$, $X_b \to b$, $X_c \to c$

# Mire jó a Chomsky normálforma:

- Cocke-Younger-Kasami algoritmus
  - adott egy *G* környezetfüggetlen grammatika Chomsky normálformában
  - adott egy *w* sztring

Az algoritmus eldönti, hogy generálható-e a *w* sztring a *G* nyelvtannal. (Előállítja a lehetséges levezetéseket is.)

# A mai órán

- Chomsky féle normálforma
- Cocke-Younger-Kasami algoritmus
- Pumpálási lemma környezetfüggetlen nyelvekre

# Mire jó a Chomsky normálforma: Cocke-Younger-Kasami algoritmus

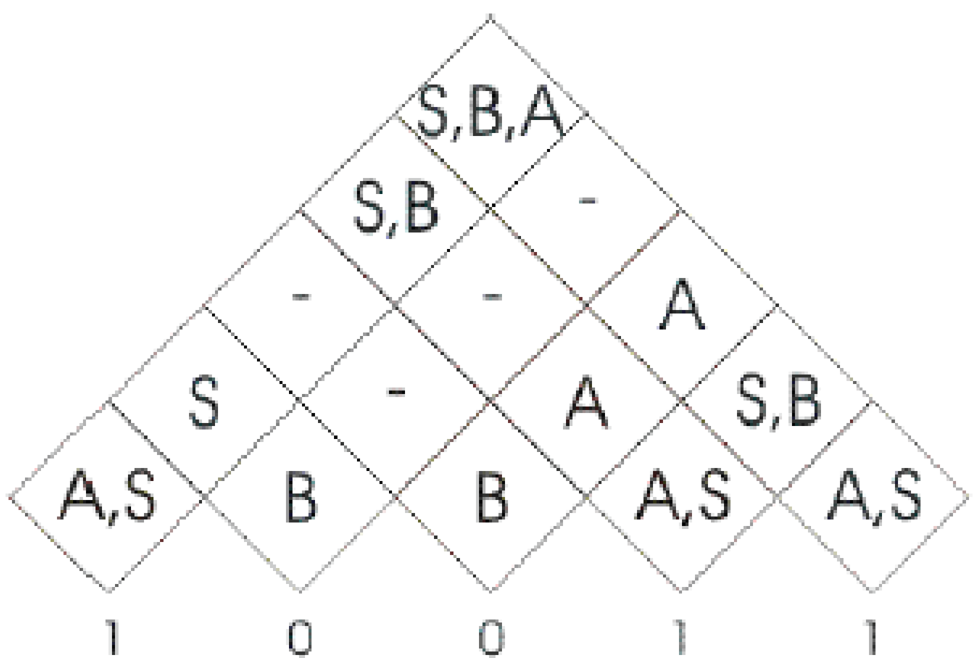
Tekintsük a következő grammatikát!
$G=(\{S,A,B\},\{0,1\},S,H)$,ahol $H$ szabályai:
$\{S \to SA,\ S \to AB,\ A \to BS,\ B \to SA,\ A \to 1,\ S \to 1,\ B \to 0\}$
Bizonyítsuk be, hogy az 10011 szó benne van a grammatika által generált nyelvben,

- Itiroo Sakai (1961)
- Tadao Kasami (1965), Daniel Younger (1967), John Cocke (1970)

*(magyarázat a táblán)*

# Mire jó a Chomsky normálforma:
# Cocke-Younger-Kasami algoritmus

Tekintsük a következő grammatikát!
$G=(\{S,A,B\},\{0,1\},S,H)$,ahol $H$ szabályai:
$\{S \to SA,\ S \to AB,\ A \to BS,\ B \to SA,\ A \to 1,\ S \to 1,\ B \to 0\}$
Bizonyítsuk be, hogy az 10011 szó benne van a grammatika által generált nyelvben,

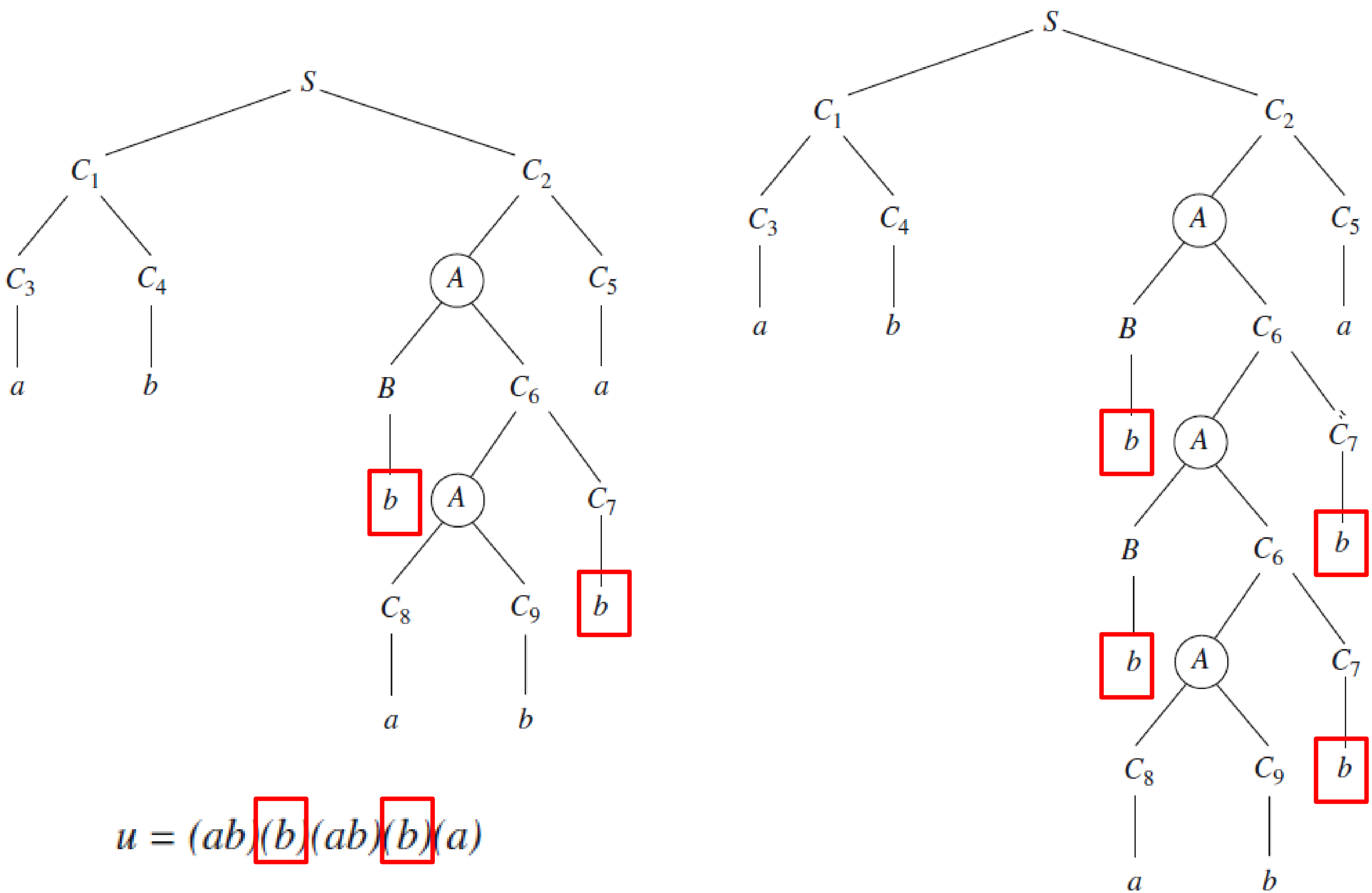



*(miért kellett a Chomsky normálforma?)*

# A mai órán

- Chomsky féle normálforma
- Cocke-Younger-Kasami algoritmus
- Pumpálási lemma környezetfüggetlen nyelvekre

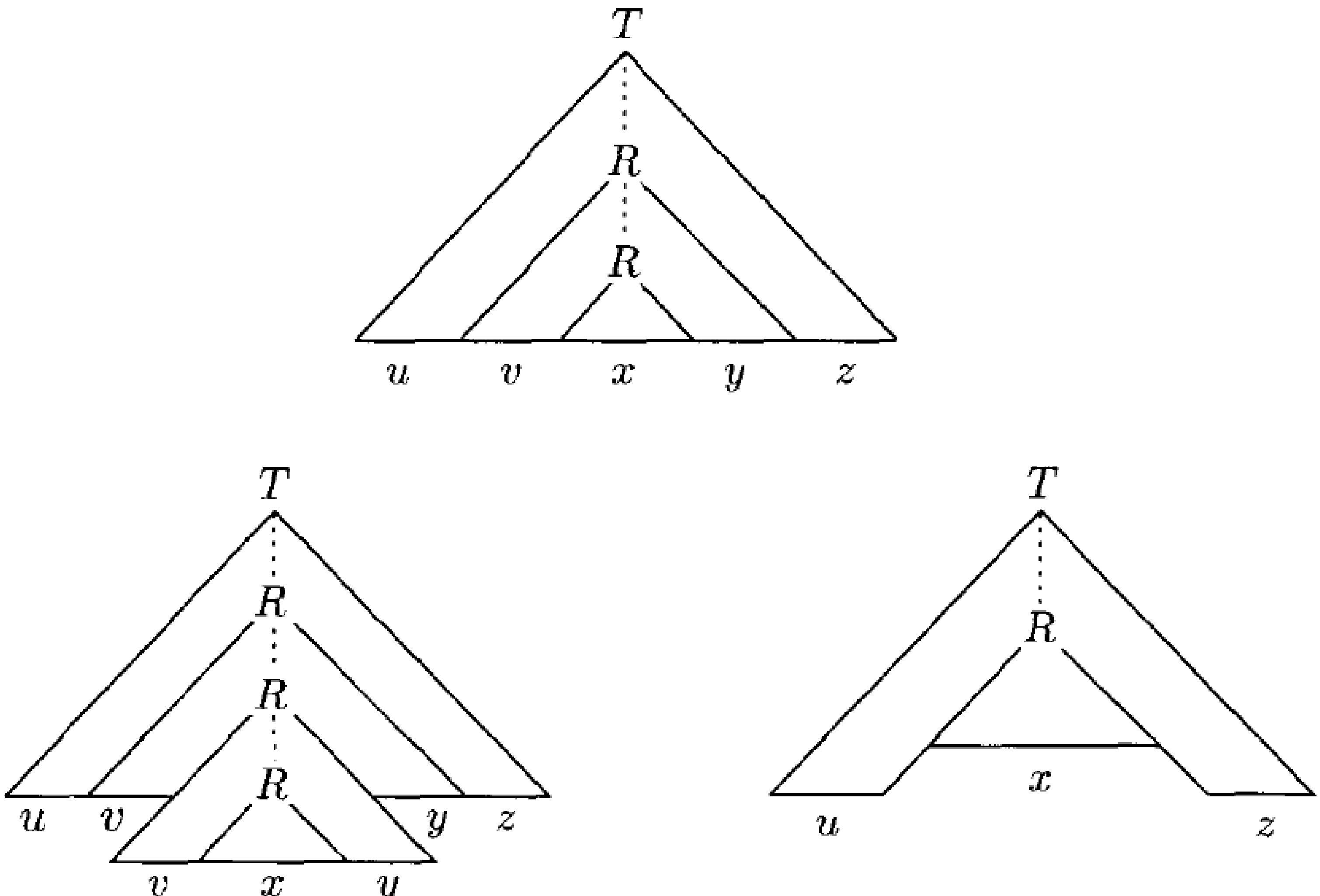
# Levezetési fák közelebbről




$u = (ab)\boxed{(b)}(ab)\boxed{(b)}(a)$

$u = (ab)\boxed{(b)(b)}(ab)\boxed{(b)(b)}(a)$

van $A \rightarrow BC_6$ , $C_6 \rightarrow AC_7$ és
$A \rightarrow C_8C_9$ szabály
(meg egy csomó más szabály)

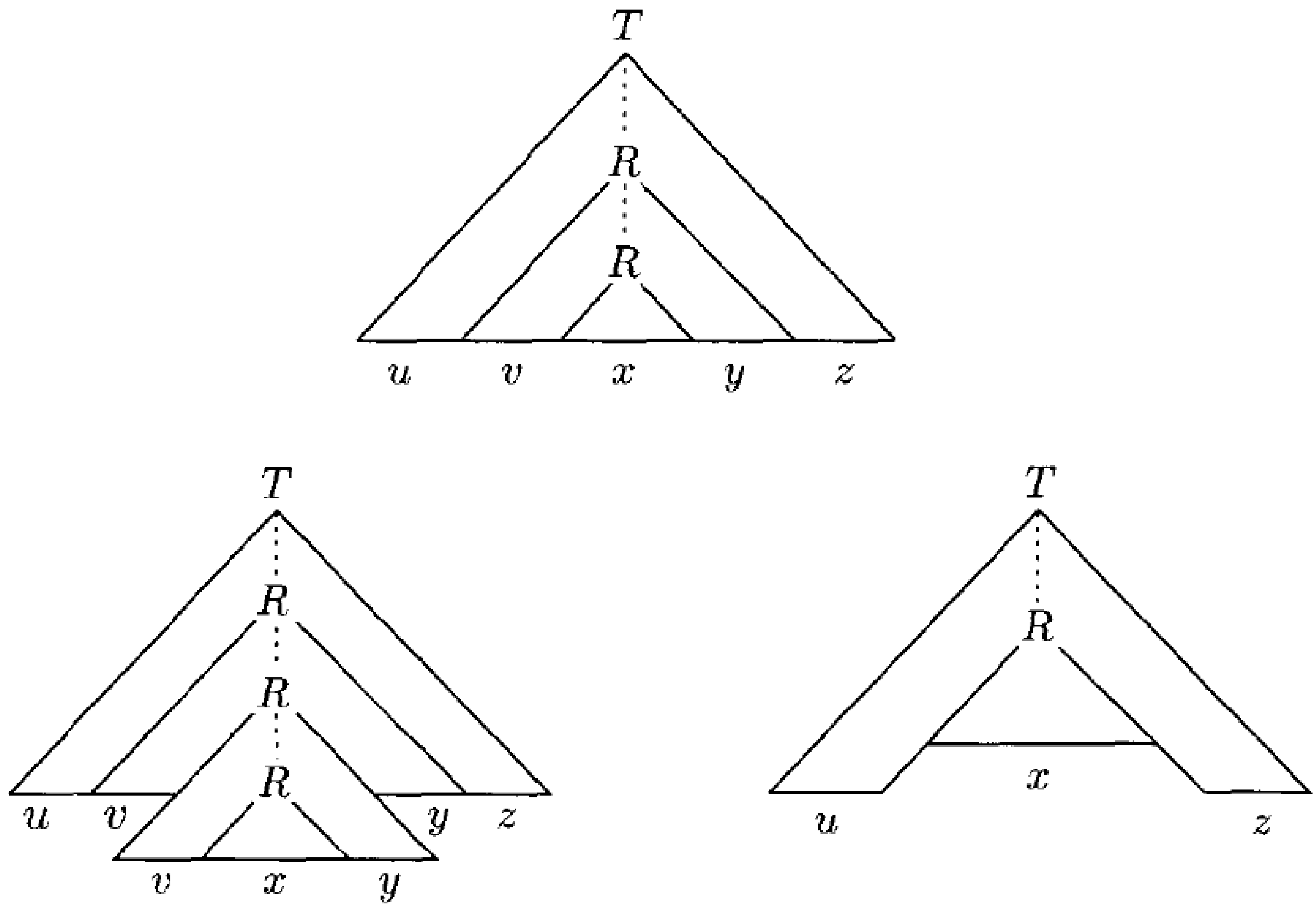

T
R
R
u v x y z
T
R
R
R
u v y z
v x y
T
R
x
u z

__Pumpálási lemma__: Ha $L$ környezetfüggetlen akkor létezik $p$, hogy ha $s \in L$ és $|s| \geq p$ ekkor $s$ felírható $s = uvxyz$ alakba, ahol

1. $|vxy| \leq p$
2. $|vy| > 0$
3. $uv^ixy^iz \in L$ minden $i \geq 0$-ra

*(környezetfüggetlen nyelv = környezetfüggetlen grammatikával generálható nyelv)*

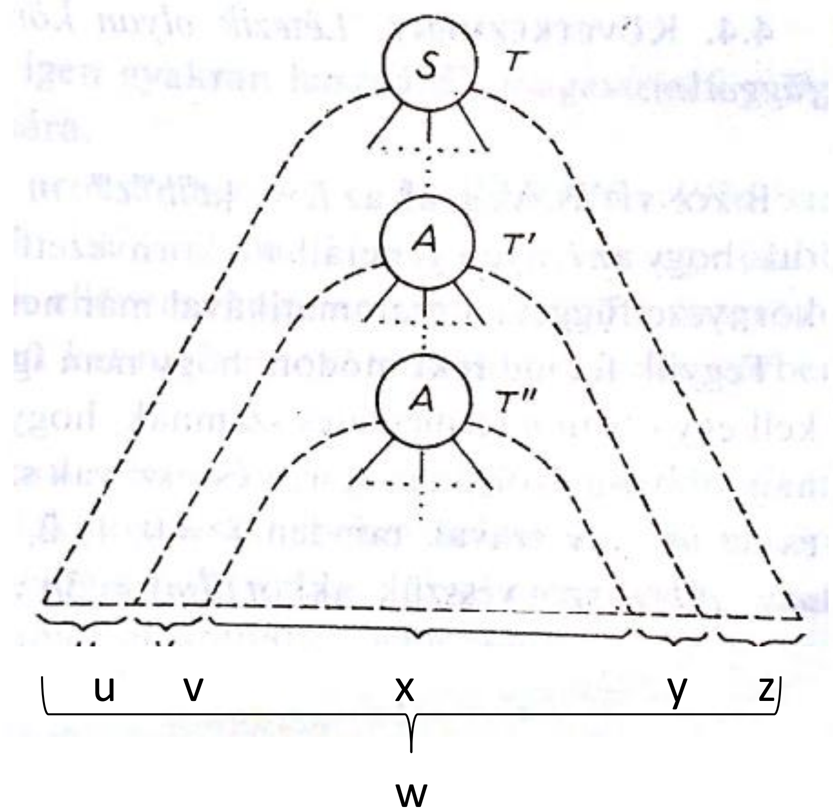
# Bizonyítási ötlet



# Bizonyítás részletekben /1

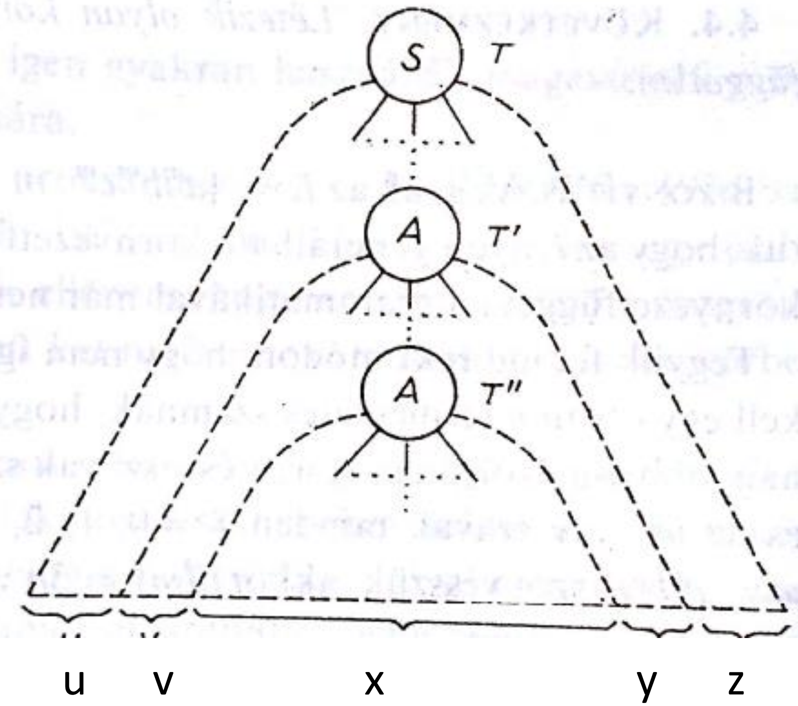
- Legyen $G = (N, T, S, P)$ köfgl-es láncszabály-mentes
- Legyen $m = |N|$ és legyen $l = \max(\{|\alpha| \mid X \to \alpha \in P\})$.
- Legyen $w \in L(G)$, $|w| > l^{m+1}$.

1. Vegyük $w$-nek egy $T$ levezetési fáját.
2. $T$ magassága, $h(T) > m+1$
3. Az $S$-től az egyik levélig vezető „úton” legalább egy nemterminális kétszer fordul elő.




*Miért teljesül a 2. ? (Mi az a „magasság”?)*

# Bizonyítás /2




4. a) $A \Rightarrow \dots \Rightarrow x$

b) $A \Rightarrow \dots \Rightarrow vAy$

c) $S \Rightarrow \dots \Rightarrow uAz$

Ezek szerint:

- $S \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{c} uAz \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{a} uxz$
- $S \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{c} uAz \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{b} uvAyz \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{a} uvxyz$
- $S \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{c} uAz \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow \dots \Rightarrow}_{b,\ i\text{-szer ismételve}} uv^iAy^iz \underbrace{\Rightarrow \dots \Rightarrow}_{a} uv^ixy^iz$

## Bizonyítás /3

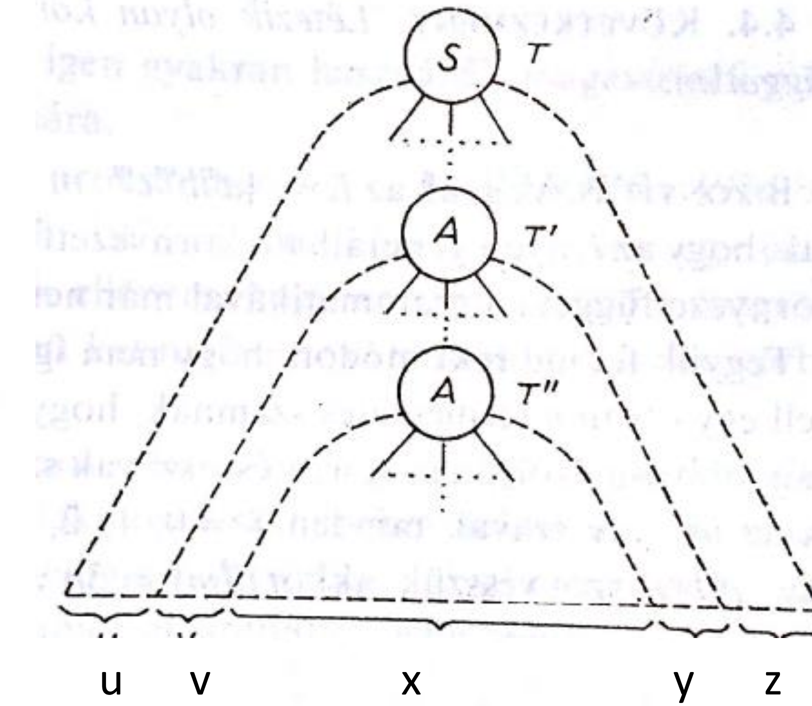
Azaz :

1. $uv^ixy^iz \in L(G)$ minden $i \geq 0$-ra.

2. $|vy| \geq 1$, hiszen nincsen láncszabály.

3. $|vxy| \leq l^{m+1}$, hiszen $T'$ részfa magassága legfeljebb $m+1$.

(Azaz a lemmabeli $p$ konstansnak $l^{m+1}$ pont megfelel.)



**Pumpálási lemma**: Ha $L$ környezetfüggetlen akkor létezik $p$, hogy ha $s \in L$ és $|s| \geq p$ akkor $s$ felírható $s = uvxyz$ alakba, ahol

1. $|vxy| \leq p$
2. $|vy| > 0$
3. $uv^i x y^i z \in L$ minden $i \geq 0$-ra

# Például

$L = \{a^n b^n c^n \mid n \geq 0\}$ nem környezet-független. Bizony:

Ha $L$ környezetfüggetlen volna, lenne $p$, hogy minden $s \in L$, $|s| \geq p$ -re pumpálható volna. Vegyük $s = a^p b^p c^p$ -t.

Nem lehet pumpálni, tehát $L$ nem lehet környezetfüggetlen.

# A mai órán

- Chomsky féle normálforma
- Cocke-Younger-Kasami algoritmus
- Pumpálási lemma környezetfüggetlen nyelvekre

Törlő és láncszabályok kiküszöbölése:

- J. Martin: 4.5 fejezet, 149-153. oldal
- Dömösi et al.: 7.3 -7.3.1 fejezet, 144-148. oldal

Pumpálási lemma környezetfüggetlen nyelvekre:

- Dömösi et al.: 7.4 fejezet, 151-156. oldal (Bar-Hillel lemma)
- J. Martin:  6.1 fejezet, 205-211. oldal