

لُغَاتٍ وَ مَكْتُوبَاتٍ

دانشگاه طبیور

دانشگاه امیرکبیر

: رساله

An Introduction to Formal Languages and Automata

by: P. Linz

فصل اول

مقدمة

فصل اول : مقدمات

(Alphabet) حروف -

مجموعه تسانی (زیر مجموعه) -

$$\Sigma = \{a, b, c\}$$

$$\Sigma = \{0, 1\}$$

(Sentence, word, string) عبارت -

ردیفه از کلمات -

'001', '111', '00'

(length) طول رشته -

$$x = '001'$$

$$|x| = 3$$

(empty string) عبارت خالی -

$$|\lambda| = 0$$

(operations on strings) عملیات روی رشته -

Concatenation -

$$x = '001', y = '111', x \cdot y = xy = '00111'$$

$$x\lambda = \lambda x = x$$

$$|xy| = |x| + |y|, xy \neq yx$$

(Reversal) عکس می-

$$x = '1011', x^R = '1101'$$

عکس برای تعریف رکشی -

Recursive
Definition

: تعریف اول -

$$x = a_1 a_2 \dots a_n$$

$$(a_1 a_2 \dots a_n)^R = \begin{cases} \text{Basis: } a_n & \text{if } n=1 \\ \text{recursive step: } a_n (a_1 a_2 \dots a_{n-1})^R & \end{cases}$$

$$x = 'abcde'$$

$$(abcde)^R = e (abcd)^R = ed (abc)^R = edc (ab)^R = edcb (a)^R = edcba$$

: تعریف دوم -

$$(a_1 a_2 \dots a_n)^R = \begin{cases} \text{Basis: } a_n & \text{if } n=1 \\ \text{recursive step: } (a_2 a_3 \dots a_n)^R a_1 & \end{cases}$$

$$(abcde)^R = (bcde)^R a = (cde)^R b a = (de)^R c b a = (e)^R d c b a = edcba$$

لطفاً تذكر

$$Z = xy$$

$$Z^R = y^R x^R$$

$$(xy)^R = \begin{cases} y^R x^R & |x|=1 \\ y^R x^R & \text{(مرجع) } \end{cases}$$

$$\begin{aligned} (abcdef)^R &= (def)^R (abc)^R \\ &= (ef)^R d (abc)^R \\ &= fed (abc)^R \end{aligned}$$

$$= \overset{\vdots}{fedcba}$$

$$Z = ux y, \quad Z^R = y^R (ux)^R = y^R x^R u^R$$

$$Z^R = y^R x^R u^R$$

⋮

(Palindrome) بالإنجليزية

'abba', 'ababa'

- رشتة x هي بالإنجليزية x استدار

$$x = x^R$$

* - شرط دليل x هي بالإنجليزية x استداري هو أن xn هي بالإنجليزية xn .

$$x = x^R : \text{فرض}$$

$$(xn) = (xn)^R : \text{حکم}$$

$$(xn)^R = x^R n^R = xn$$

* - شرط دليل xn هي بالإنجليزية xn استداري هو أن x هي بالإنجليزية x .

x هي بالإنجليزية x استداري فقط إذا xn هي بالإنجليزية xn



x هي بالإنجليزية x استداري فقط إذا $xnx...n$ هي بالإنجليزية $xnx...n$



x هي بالإنجليزية x استداري $\Leftrightarrow xn...n$ هي بالإنجليزية $xn...n$

الآن $w = xyz$: الـ
 رسم w كـ Prefix (Prefix) $\rightarrow y \text{ مـ پـسـونـه}$ $\rightarrow w$ مـ پـسـونـه
 دوـ عـلـمـانـه $\rightarrow z$ مـ پـسـونـه $\rightarrow w$ مـ پـسـونـه.

- رشته و - طبل n درجه $n+1$ مشوند و همچنین $n+1$ بیوندات -

- مشونها رشتہ a, ab, abc کا سلسلہ abc -

λ, c, bc, abc کا رتیور abc نیز سونوں۔

$\lambda, a, b, c, ab, bc, abc$;) with abc in, with -

C, W جورج بوند و B محمد شونڈا و A گر -

محمد ناصر شریعتی مادر الفبا سید دران محمد

$$\begin{array}{l} A \cup B \subseteq C \\ A \subseteq C \\ B \subseteq C \end{array}$$

سؤال: ألا يثبت وجود رابط بين $A = B$ و $B = C$ ؟

(Language) زبان

مجموعه از کلمات محدود است

$$\Sigma = \{0, 1\}$$

$$L_1 = \{000, 10, 01\} \quad \text{متنی} \quad (\text{finite Language})$$

$$L_2 = \{0, 00, 000, 0000, \dots\} = \{0^n \mid n \geq 1\}$$

$$L_3 = \{1, 01, 0101, 010101, \dots\}$$

$$= \{(01)^n \mid n \geq 0\}$$

متنی (Infinite Lang.)

عملیات

$$L_1 \cup L_2 = \{x \mid x \in L_1 \text{ or } x \in L_2\}$$

ترکیب

$$L_1 \cap L_2 = \{x \mid x \in L_1 \text{ and } x \in L_2\}$$

concatenation

$$L_1 \cdot L_2 = \{xy \mid x \in L_1 \text{ and } y \in L_2\}$$

$$L_1 = \{00, 11\}, \quad L_2 = \{10, 01\}$$

$$L_1 \cdot L_2 = \{0010, 0001, 1110, 1101\}$$

✓ $L_1 L_2 \neq L_2 L_1$

✓ $|L_1 L_2| \leq |L_1| * |L_2|$

$$L_1 = \{0, 00\}, \quad L_2 = \{00, 000\}$$

$$\begin{aligned} L_1 \cdot L_2 &= \{000, 0000, 0000, 00000\} \\ &= \{000, 0000, 00000\} \end{aligned}$$

✓ $L \cdot \{1\} = \{1\} L = L$

✓ $L \cdot \{\} = \{\} L = \{\} \quad L \cdot \emptyset = \emptyset L = \emptyset$

सार्वजनिक

$$L^R = \{ x^R \mid x \in L \} = \{ x \mid x^R \in L \}$$

$$L_1 = \{ ab, bba, abb \}$$

$$L_1^R = \{ ba, abb, bba \}$$

$$L_2 = \{ a^n b^n \mid n \geq 0 \}$$

$$= \{ \lambda, ab, aabb, aaabbb, \dots \}$$

$$L_2^R = \{ b^n a^n \mid n \geq 0 \}$$

$$= \{ \lambda, ba, bbba, bbbb, \dots \}$$

✓ $(L^R)^R = L$

✓ $\left(\left(\left(L^R \right)^R \right)^R \right) = L$

✓ $\left(\left(\left(L^R \right)^R \right)^R \right)^R = L^R$

فکرنا

مجموع تمام رشته ها مشتمل از ۰ و ۱
که دو طول ۲ دسته

$$\Sigma = \{0, 1\}$$

$$\Sigma^2 = \Sigma^{\Sigma^2} = \{00, 01, 10, 11\}$$

مجموع تمام رشته ها مشتمل از ۰ و ۱
که دو طول ۳ دسته

$$\Sigma^3 = \Sigma^{\Sigma^2} = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$$

$$\Sigma^4 = \Sigma^{\Sigma^3} = \{ \dots \}$$

مجموع تمام رشته ها مشتمل از ۰ و ۱
که دو طول n دسته

$$\Sigma^{n-1} \Sigma = \Sigma^n = \{ \dots \}$$

star closure
of Σ

$$\Sigma^* = \bigcup_{i=0}^{\infty} \Sigma^i$$

$$= \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$$

$$\Sigma^0 = \{\lambda\}$$

مجموع تمام رشته های ایجاد شده از Σ تا نهایی شده اند.

positive closure
of Σ

$$\Sigma^+ = \bigcup_{i=1}^{\infty} \Sigma^i$$

$$= \Sigma \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$$

$\Sigma^* = \Sigma^+ \cup \{\lambda\}$
$\Sigma^+ = \Sigma^* - \{\lambda\}$

أداة حمل و نسخ -

$$\bar{L} = \{x \mid x \in \Sigma^* \text{ and } x \notin L\}$$

$$= \Sigma^* - L$$

$$L = \{0^n 1^n \mid n \geq 0\}$$

$$\bar{L} = \{0^n 1^m \mid n \neq m\} \cup \{0,1\}^* \{10\} \{0,1\}^*$$

(star closure) او تربيع حمل -

$$L^* = \bigcup_{i=0}^{\infty} L^i$$

$$= L^0 U L^1 U L^2 U L^3 U \dots$$

$$L^0 = \{\lambda\}$$

$$L^2 = \{xy \mid x, y \in L\}$$

$$L^3 = \{xyz \mid x, y, z \in L\}$$

⋮

- سلسلة زرين لـ L تحدى تمام رشة ملائمة لـ L (Concatenation)

صفر ي indefinitely زرين لـ L حيث $\lambda \in L$.

$$L^* = \{x \mid x \in \Sigma^*, x = x_1 x_2 x_3 \dots x_i, i \geq 0, x_j \in L\}$$

L^* هو امثل رشة لـ L .

تعریف مثبت

positive closure

$$L^+ = \bigcup_{i=1}^{\infty} L^i$$

$$= L U L^2 U L^3 U \dots$$

$$L^+ = \begin{cases} L^* & \lambda \in L \\ L^* - \{\lambda\} & \lambda \notin L \end{cases}$$

ثابت: $L^+ = L^*$ *لما $\lambda \in L$* ✓

: L^*

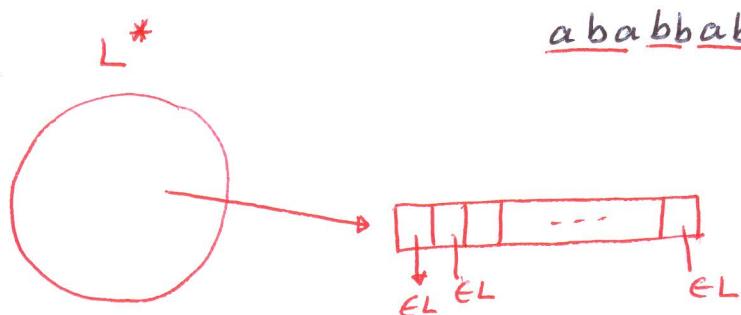
اگر زیر $\Sigma = \{a, b\}$ در $L = \{bb, aba\}$ شده باشد، کامیاب
کردن L^* چگونه؟

bbabaabaaba : a

bbbabababb : — ✓

b b b b b b a b a : c

a b a b b a b a b b : >



مثال:

چه تعداد زیان L روی Σ وجود دارد در حالت L^* L تساوی باشد.
لینی $|L^*| < \infty$.

الف: بیشتر

-: صفر

ج: دو ✓

د: همیدمان

- تساوی روزیان $\{1\}$ ، $L = \emptyset$ ، $L = L^*$ تساوی است و رایی
سایر زیان تعلق به L^* همراه Σ^* نتساوی است.

$$\{1\}^* = \{1\}$$

$$\emptyset^* = \{1\}$$

$$\boxed{L^* = L^* L^*}$$

int $\subseteq \omega$

$$L^* = \{x \mid x = x_1 x_2 \dots x_i, i \geq 0, x_j \in L \text{ for } 1 \leq j \leq i\}$$

$$L^* L^* = \{xy \mid x \in L^*, x = x_1 x_2 \dots x_i, i \geq 0, x_k \in L \text{ for } 1 \leq k \leq i \\ y \in L^*, y = y_1 y_2 \dots y_j, j \geq 0, x_k \in L \text{ for } 1 \leq k \leq j\}$$

$$\boxed{L^* = (L^*)^*}$$

int $\subseteq \omega$

$$L^* = \{x \mid x = x_1 x_2 \dots x_i, i \geq 0, x_j \in L \text{ for } 1 \leq j \leq i\}$$

$$(L^*)^* = \{x \mid x = x_1 x_2 \dots x_i, i \geq 0, x_j \in L \text{ for } 1 \leq j \leq i, \\ x_1 = y_1 y_2 \dots y_k, k \geq 0, x_p \in L \text{ for } 1 \leq p \leq k\}$$

$$L_1 \subseteq L_2 \Rightarrow L_1^* \subseteq L_2^*$$

$$L_1 \subseteq L_2 \Rightarrow L_1^n \subseteq L_2^n$$

$$(L_1^n = \underbrace{L_1 L_1 \dots L_1}_n)$$

int $\subseteq \omega$

نکته:

- Σ^* مجموعه تمام رشته های روی الفبا Σ بین مجموعه مرجع

Σ ایست و برای هر زبان L روی الفبا Σ

$$\text{داریم } L \subseteq \Sigma^*$$

- مجموعه توانی Σ بین Σ^* مجموعه تمام زبان های قابل

تعریف روی الفبا Σ ایست. همین دلیل در حقیقت

$$2^\Sigma = \{ L \mid L \subseteq \Sigma^* \}$$

$$\forall L \subseteq \Sigma^* : L \cup \Sigma^* = \Sigma^*$$

$$\forall L \subseteq \Sigma^* : (L \cup \{\lambda\}) \Sigma^* = \Sigma^* \setminus \{\lambda\} = \Sigma^* \Sigma^* = \Sigma^*$$

الكلمات المدروسة $L = \{x \mid x \in \{0,1\}^*, |x| \bmod 2 = 0\}$ على
 $\{0,1\}^*$ متساوية $L = L^*$

$$L = L^*$$

$$L \subset L^*$$

$$x \in L \Rightarrow x \in L^*$$

هر زیر لغزشی از L بـ L^* متعلق نباشد
 لـ L^* عضو L نباشد

$$L^* \subset L$$

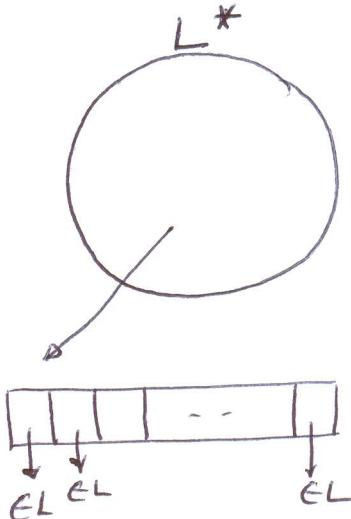
$$x \in L^* \Rightarrow x \in L$$

هر عضو از L^* روزنگاری متعلق نباشد
 از L بـ L^* متعلق نباشد

$$L^* = \bigcup_{i=0}^{\infty} L^i$$

$$= L^0 U L^1 U L^2 U \dots$$

$$L \subset L^*$$



$$\Rightarrow L = L^*$$

لیسته ای که در آن تعداد ابزار a و b برابر باشد
 $L = \{ x \mid x \in \{a, b\}^*, n_a(x) = n_b(x) \}$

$$\{ \text{این لیسته } L = L^* \}$$

$$L = L^*$$

$$L \subset L^* \quad L^* \subset L$$

$$x \in L \Rightarrow x \in L^*$$

$$x \in L^* \Rightarrow x \in L$$

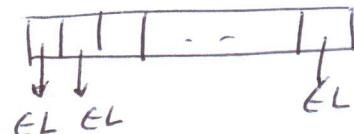
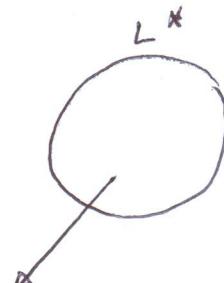
b, a هر زیرشوندای L را تقدیر می‌کند
 ایشان می‌گفتند L^* را برشود

هر زیرشوندای L^* را تقدیر می‌کند
 a, b برشود

$$L^* = \bigcup_{i=0}^{\infty} L^i$$

$$= L^0 U L^1 U L^2 U \dots$$

$$L \subset L^*$$



$$\Rightarrow L = L^*$$

زبان زیر بر این نظر نماید

$$L = \{ x \mid x \in \{a,b\}^*, |x|_{\text{mod } 2} = 0 \text{ and } |x|_{\text{mod } 3} = 0 \}$$

$$= \{ x \mid x \in \{a,b\}^*, |x|_{\text{mod } 6} = 0 \}$$

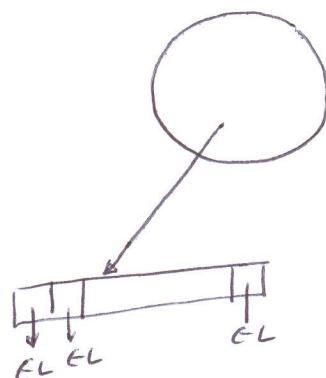
؟ آیا $L = L^* \cup L$ بود

$$L = L^*$$

LCL^*
 $x \in L \Rightarrow u \in L^*$
 هر شش تکه ای از x را که طول آن
صفحه ای باشد عضو از L^* است

$L^* CL$
 $x \in L^* \Rightarrow x \in L$
 هر سه تکه ای از L^* طویل می باشد
و عضو از L است

✓ LCL^*



⇒ $L = L^*$

زبان زیر بر این نظر نماید. آیا $L = \{ x \mid x = uv, u, v \in \{a,b\}^*, |u|=|v| \}$ است

؟ آیا $L = L^* \cup L$ بود

$$L = \{ x \mid x = uv, u, v \in \{a,b\}^*, |u|=|v| \}$$



$$L = \{ x \mid x \in \{a,b\}^*, |x|_{\text{mod } 2} = 0 \}$$

L. if both L = { $x \mid x \in \{a,b\}^*, |x| \bmod 2 = 1\}$ or L is a subset of L^*

$$\begin{array}{ccc} L = L^* & & \\ \swarrow & & \searrow \\ L \subset L^* & & L^* \subset L \\ x \in L \Rightarrow x \in L^* & & x \in L^* \Rightarrow x \in L \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \underline{aba \in L} \\ \underline{bbb \in L} \\ \underline{ababbb \in L^*} \\ \qquad \qquad \qquad \{ ababbb \in L^2 \} \\ \qquad \qquad \qquad \Rightarrow L \neq L^* \end{array}$$

L. if both L = { $x \mid x \in \{a,b\}^*, |x| \bmod 2 = 0$ or $|x| \bmod 3 = 0\}$ or L is a subset of L^*

$$\begin{array}{c} \underline{ab \in L} \\ \underline{bbb \in L} \\ \underline{ababbb \in L^*} \\ \qquad \qquad \qquad \{ ababbb \in L^2 \} \\ \qquad \qquad \qquad \Rightarrow L \neq L^* \end{array}$$

$$\Rightarrow L \neq L^*$$

L. تبریزی ل = $\{x \mid x \in \{a, b\}^*, |x| \bmod 2 = 1\}$ ل; ✓
? تبریزی ل = L^*

$$\begin{array}{ccc} L = L^* & & \\ \swarrow & & \searrow \\ L \subset L^* & & L^* \subset L \\ x \in L \Rightarrow x \in L^* & & x \in L^* \Rightarrow x \in L \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \underline{aba \in L} & & \{ ababb \in L^2 \} \\ \underline{bbb \in L} & & \\ \underline{ababbb \in L^*} & & \\ & & \Rightarrow L \neq L^* \end{array}$$

L. تبریزی ل = $\{x \mid x \in \{a, b\}^*, |x| \bmod 2 = 0 \text{ or } |x| \bmod 3 = 0\}$ ل; ✓
? تبریزی ل = L^*

$$\begin{array}{ccc} \underline{ab \in L} & & \{ ababb \in L^2 \} \\ \underline{bbb \in L} & & \\ \underline{abbb \in L^*} & & \end{array}$$

$$\Rightarrow L \neq L^*$$

? $\vdash \omega L = L^*$ (i) ω is L^*

$$\checkmark L = \{x \mid x \in \{a,b\}^*, |x| \text{ is a prime number}\}$$

$$\checkmark L = \{x \mid x = uv, u = v^R, u, v \in \{a,b\}^*\}$$

$$\begin{array}{l} abba \in L \\ bbbb \in L \\ abbabbbbb \in L^* \end{array} \quad \{abbabbbbb \in L^2\} \Rightarrow L \neq L^*$$

$$\checkmark L = \{x \mid x = uv, u = v, u, v \in \{a,b\}^*\}$$

$$\begin{array}{l} abab \in L \\ bbbb \in L \\ ababbbbbb \in L^* \end{array} \quad \{ababbbbbb \in L^2\} \Rightarrow L \neq L^*$$

$$\checkmark L = \{a^n b^n \mid n \geq 0\}$$

$$\checkmark L = \{x \mid x \in \{a,b\}^*, |x| \bmod 3 = 0\}$$

$$\checkmark L = \{x \mid x \in \{a,b\}^*, x = x^R\}$$

گرامر (Grammar) : تعریف زبان
برهت یک بیان تعریف شود.

$$G = (V, T, P, S)$$

مجموعه تعریف (بازگشایی)

Non-terminal Variables
Symbols

- از حرف نزدیک استفاده شود

حروف بازگشایی

Terminal

symbols
- وزن حروف کمی استفاده شود

starting symbol
حروف شروع

$$S \in V$$

rewriting rules, rules,
productions

$$\alpha \rightarrow \beta$$

β بتواند حاصلترین α شود
 α بتواند β حاصلترین شود

تسلیق کر اسے:

$$G = (V, T, P, S)$$

$$V = \{ S, A, B \}$$

$$T = \{ a, b \}$$

$$\begin{aligned} P = & \{ S \rightarrow AB \\ & \quad A \rightarrow aA \\ & \quad A \rightarrow a \\ & \quad B \rightarrow bB \\ & \quad B \rightarrow b \} \end{aligned}$$

$$S = S$$

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow AB \\ &\Rightarrow aAB \\ &\Rightarrow aaAB \\ &\Rightarrow aaaB \\ &\Rightarrow aaabB \\ &\Rightarrow aaabbB \\ &\Rightarrow aaabbb \end{aligned}$$

aaabbb
تسلیق کرنے والا
↓
derivation

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow AB \\ &\Rightarrow aB \\ &\Rightarrow ab \end{aligned}$$

ab تسلیق کرنے والا

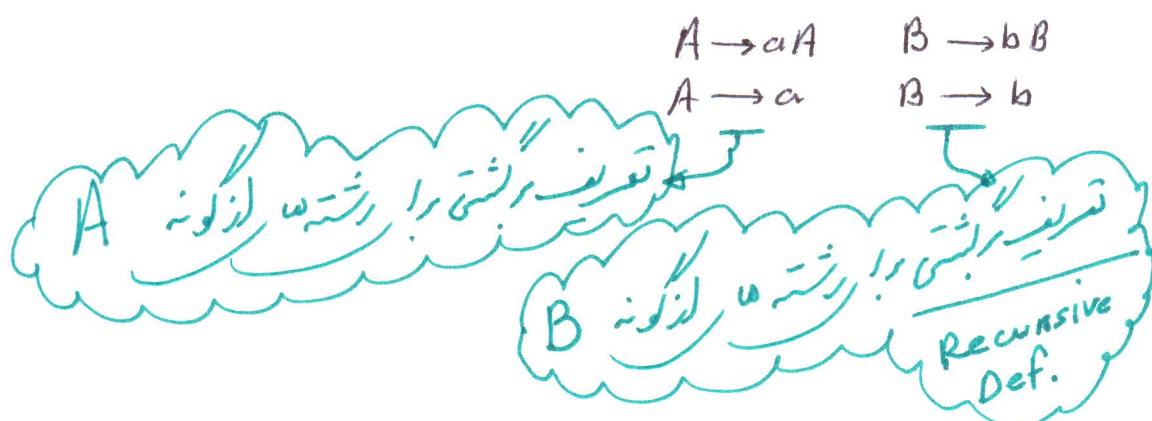
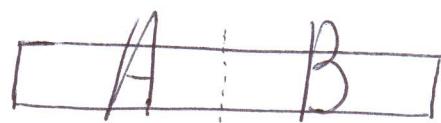
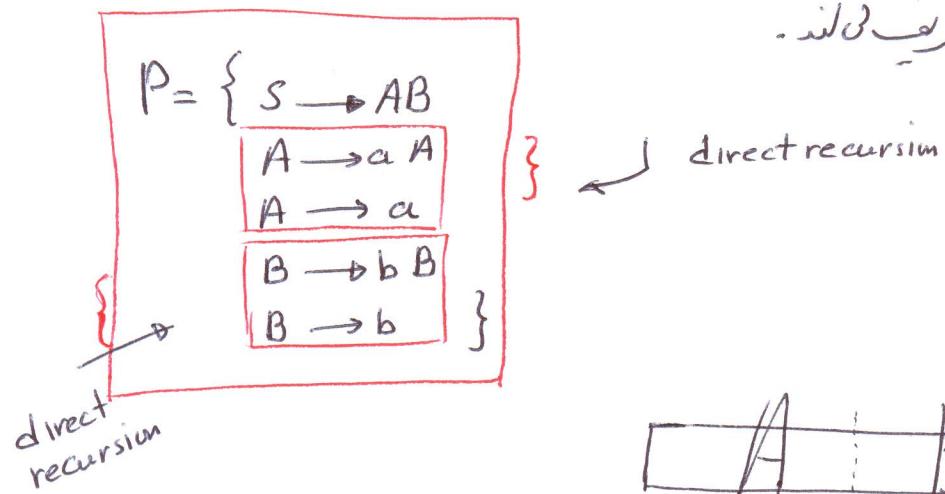
$$\begin{aligned} S &\Rightarrow AB \\ &\Rightarrow aB \\ &\Rightarrow abB \\ &\Rightarrow abb \end{aligned}$$

abb تسلیق کرنے والا



$$\begin{aligned} aAB &\Rightarrow aaAB \\ aaabB &\Rightarrow aaabbB \\ aAB &\xrightarrow{*} aabbB \\ S &\xrightarrow{*} aaabbb \end{aligned}$$

- این گرامر حیزبی را تعریف کند.



$$A \Rightarrow a$$

$$A \Rightarrow aA \Rightarrow aa$$

$$A \Rightarrow aA \Rightarrow aaA \Rightarrow \dots \Rightarrow aaa$$

⋮

$$A \Rightarrow aA \Rightarrow aaA \Rightarrow \dots \Rightarrow a^n \text{ for } n \geq 1$$

$$B \Rightarrow b$$

$$B \Rightarrow bB \Rightarrow bb$$

$$B \Rightarrow bB \Rightarrow bbB \Rightarrow bbb$$

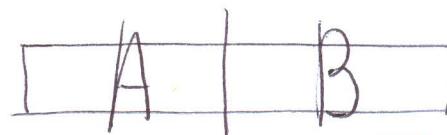
⋮

$$L = \{a^n b^m \mid n, m \geq 1\}$$

$$B \Rightarrow bB \Rightarrow bbB \Rightarrow \dots \Rightarrow b^n \text{ for } n \geq 1$$

$$P = \left\{ \begin{array}{l} S \rightarrow AB \\ \boxed{\begin{array}{l} A \rightarrow aC, C \rightarrow aA \\ A \rightarrow a \end{array}} \\ \boxed{\begin{array}{l} B \rightarrow bD, D \rightarrow bB \\ D \rightarrow b \end{array}} \end{array} \right\}$$

Indirect recursion



$$\boxed{\begin{array}{l} B \rightarrow bD \\ D \rightarrow bB \\ D \rightarrow b \end{array}}$$

$$B \Rightarrow bD \Rightarrow bb$$

$$B \Rightarrow bD \Rightarrow bbB \Rightarrow bbbD \Rightarrow bbbb$$

$$B \Rightarrow bD \Rightarrow bbB \Rightarrow bbbD \Rightarrow bbbbB \Rightarrow bbbbbD \Rightarrow bbbbbb$$

⋮

$$B \Rightarrow bD \Rightarrow bbB \Rightarrow bbbD$$

$\Rightarrow b^{2k}, k \geq 1$

$$L = \left\{ a^{2k+1} b^{2k'} \mid k \geq 0, k' \geq 1 \right\}$$

$$P = \{ S \rightarrow AB, A \rightarrow aA, A \rightarrow a, B \rightarrow bB, B \rightarrow b \}$$

$$P = \{ S \rightarrow AB, A \rightarrow aC, C \rightarrow aA, A \rightarrow a, B \rightarrow bB, B \rightarrow b \}$$

Indirect recursion

Direct recursion

A	B
---	---

$A \rightarrow aC$ $C \rightarrow aA$ $A \rightarrow a$	$B \rightarrow bB$ $B \rightarrow b$
---	---

$A \Rightarrow a$

$A \Rightarrow aC \Rightarrow aaA \Rightarrow aaa$

$A \Rightarrow aC \Rightarrow aaA \Rightarrow aaaC \Rightarrow aaaaA \Rightarrow aaaaaa$

:

$A \Rightarrow aC \Rightarrow aaA \dots \dots \dots \Rightarrow a^{2n+1} \quad n \geq 0$

$$L = \left\{ a^{2k+1} b^n \mid \begin{array}{l} k \geq 0 \\ n \geq 1 \end{array} \right\}$$

$$P = \left\{ \begin{array}{l} S \rightarrow AB \\ \boxed{A \rightarrow aC, C \rightarrow aA, A \rightarrow a} \\ \boxed{B \rightarrow bB, B \rightarrow b} \end{array} \right\}$$



$$L_s = L_A \cdot L_B$$

$$L_A = \{a^n \mid n \geq 1\}$$

$$L_B = \{b^n \mid n \geq 1\}$$

$$L_s = \{a^n \mid n \geq 1\} \cup \{b^n \mid n \geq 1\}$$

$$= \boxed{\{a^n b^m \mid n, m \geq 1\}}$$

□

$$P = \{ S \rightarrow AS \mid A \rightarrow a \mid b \}$$

$$\underline{S \Rightarrow \lambda}$$

$$\underline{S \Rightarrow AS \Rightarrow A \Rightarrow a}, \quad \underline{S \Rightarrow AS \Rightarrow A \Rightarrow b}$$

$$\underline{S \Rightarrow AS \Rightarrow AAS \Rightarrow AA}$$

$$\begin{matrix} & a & a \\ & \downarrow & \downarrow \\ a & & a \\ & \downarrow & \downarrow \\ b & & b \end{matrix}$$

$\Rightarrow aa, ab, bb, ba$

$$S \Rightarrow AS \Rightarrow AAS \Rightarrow \dots \Rightarrow \underbrace{AA \dots A}_{n \geq 0} \text{ for } n \geq 0$$

$$L = \{ x \mid x \in \{a, b\}^{\omega} \}$$

$$\checkmark P = \{ S \rightarrow aA, A \rightarrow bS, A \rightarrow a \}$$

$$S \Rightarrow aA \Rightarrow \underline{aa}$$

$$S \Rightarrow aA \Rightarrow abS \Rightarrow abaA \Rightarrow \underline{abaa}$$

$$S \Rightarrow aA \Rightarrow abS \Rightarrow abaA \Rightarrow ababS \Rightarrow ababaA \Rightarrow \underline{ababaa}$$

:

:

:

$$S \Rightarrow aA \Rightarrow abS \Rightarrow \dots$$

$$\Rightarrow (ab)^n aa$$

for $n \geq 0$

$$L = \{ (ab)^n aa \mid n \geq 0 \}$$

$$P = \left\{ \begin{array}{l} S \rightarrow aas \mid aB \\ \hline B \rightarrow bbB \mid 1 \end{array} \right\}$$

$$\begin{aligned} S &\xrightarrow{*} (aa)^n S \Rightarrow (aa)^n a B \\ &\Rightarrow (aa)^n a (bb)^m B \\ &\Rightarrow (aa)^n a (bb)^m \quad \text{for } n \geq 0 \\ &\quad m \geq 0 \end{aligned}$$

$$L = \left\{ (aa)^n a (bb)^m \mid n, m \geq 0 \right\}$$

$$L = \left\{ a^{2k+1} b^{2k'} \mid k \geq 0 \right\}$$

$$P = \left\{ \begin{array}{l} S \rightarrow aas \mid aA \\ A \rightarrow Abb \mid b \end{array} \right\}$$

$$L = \left\{ a^{2k+1} b^{2k'+1} \mid k, k' \geq 0 \right\}$$

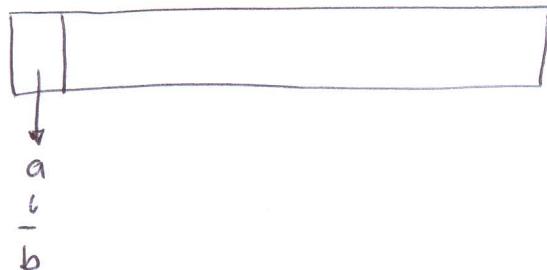
c.

- گلستان

$$\therefore \text{طابع} \{a, b\}^+$$

لهم إنا نسألك ملائكة حفظك من كل ضيق

کارتوں:

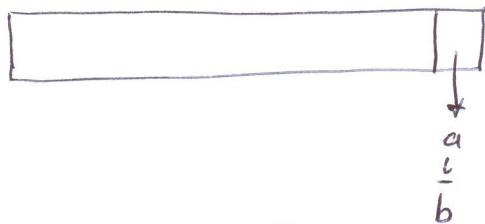


$S \rightarrow aS \mid bS \mid a \mid b$

: abaab *أبااب* -

$S \Rightarrow aS \Rightarrow abS \Rightarrow abaS \Rightarrow abaab$

کار سردم



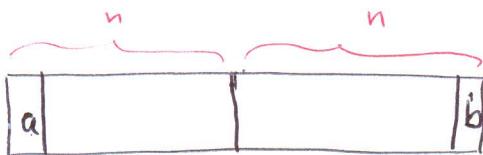
$S \rightarrow S_a \mid S_b \mid a \mid b$

: abaab الشعاع بـ رثـة -

$$S \Rightarrow Sb \Rightarrow Sab \Rightarrow Saab \Rightarrow Sbaab \Rightarrow abaab$$

کی گرامر برای زبان نیز طریق ای نیز:

$$L = \{a^n b^n \mid n \geq 0\}$$

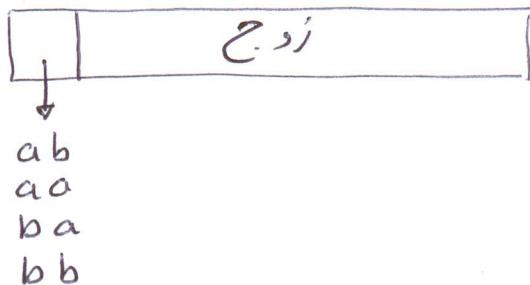


$$S \rightarrow a S b \mid \lambda$$

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow a S b \Rightarrow a a S b b \Rightarrow a a a S b b b b \\ &\Rightarrow a a a a S b b b b b \\ &\Rightarrow a a a a a b b b b b b \end{aligned}$$

لیکن کاربرد زدن
 میتوانیم $L = \{w \mid w \in \{a, b\}^*, |w| \bmod 2 = 0\}$

گرامری:



$$S \rightarrow abS \mid aaaS \mid baS \mid bbS \mid \lambda$$

: aaabb زدن شناوری -

$$S \Rightarrow aaaS \Rightarrow aaabs \Rightarrow aaabbbs \Rightarrow aaabbb$$

$$L = L(G)$$

$$L \subset L(G)$$

$$x \in L \Rightarrow x \in L(G)$$

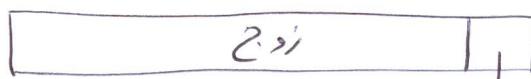
هر زدنی بطول زوج توسط
گرامر کاربرد کاربرد

$$L(G) \subset L$$

$$x \in L(G) \Rightarrow x \in L$$

هر زدنی که توسط گرامر
تولید شود دایا طول زوج است

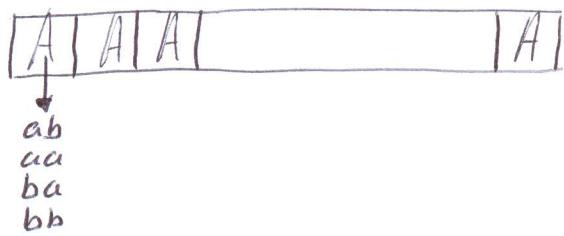
نتی:



$$S \rightarrow Sab \mid Sbb \mid Saa \mid Sba$$



گرامر دوسری



$$\boxed{S \rightarrow AS | \lambda}$$

$$\boxed{A \rightarrow ab | aa | ba | bb}$$

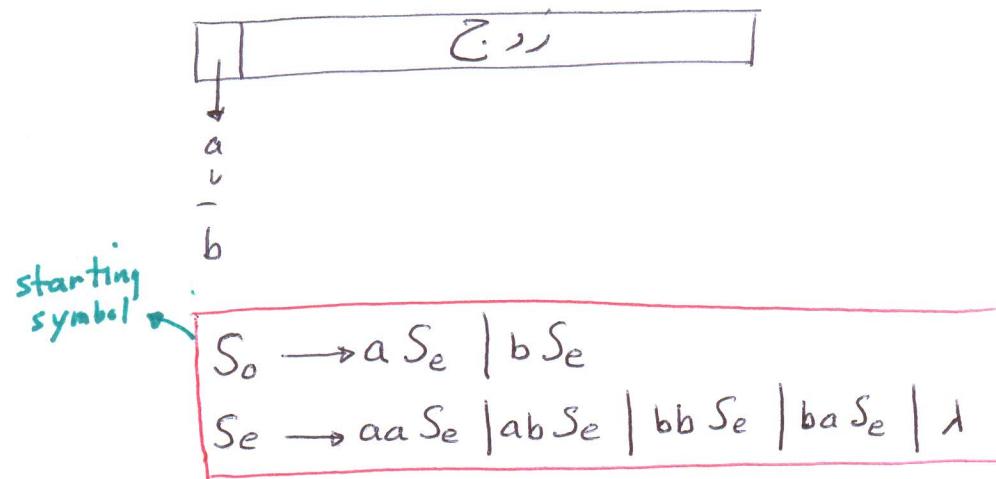
aaabb b شماق بر رشتہ -

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow AS \Rightarrow AAS \Rightarrow AAAS \Rightarrow AAA \\ &\Rightarrow aaAA \\ &\Rightarrow aaab A \\ &\Rightarrow aaabb b \end{aligned}$$

$$L = L(G)$$

$$\begin{array}{ccc} L \subset L(G) & & L(G) \subset L \\ x \in L \Rightarrow x \in L(G) & & x \in L \Rightarrow x \in L(G) \\ \text{هر کتابہ کل طبق زوج توسیع} & & \text{کل طبق شود لام طبق زوج است} \\ \text{گرامر بے قابوی شور} & & \end{array}$$

مسکونی $L = \{w \mid w \in \{a, b\}^*, |w| \text{ mod } 2 = 1\}$



$;aaaabba$ رسانی -

$S_0 \Rightarrow a S_e \Rightarrow aa S_e \Rightarrow aaa S_e \Rightarrow aaaab S_e \Rightarrow aaaabb S_e \Rightarrow aaaabba$

گرامر قسم بی رنزن زیر

$$L = \{ w \mid w \in \{a, b\}^*, |w|_{\text{mod } 2} = 0 \}$$

زوج	زوج
فرد	فرد

مکالمه شروع

$S_e \rightarrow S_e S_e \mid S_o S_o$ $S_o \rightarrow a S_e \mid b S_e$ $S_e \rightarrow aa S_e \mid ab S_e \mid bb S_e \mid ba S_e \mid \lambda$

: نتیجہ

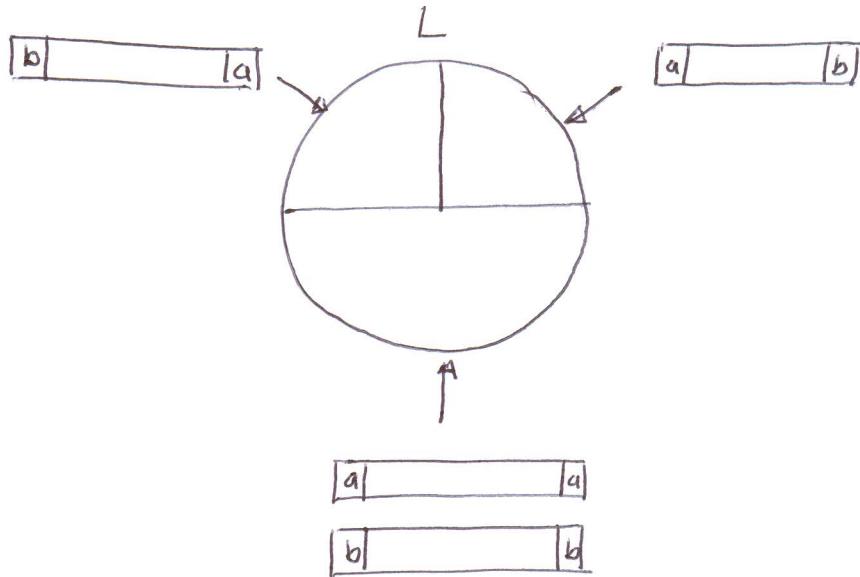
$$L(G) = \{ x \mid S \xrightarrow[G]{}^* x \}$$



بک گرامر را زبان زیر می‌نامیم، درین:

$$L = \{w \mid w \in \{a,b\}^*, \pi_a(w) = \pi_b(w)\}$$

گرامر اول:



a b b a : b b a b a a b a

← → ← → ← →

$$S \rightarrow aSb \mid bSa \mid SS \mid \lambda$$

$$L = L(G)$$

$$L \subset L(G)$$

$$x \in L \Rightarrow x \in L(G)$$

هر کلمه ای که می‌شود تبارگار و می‌شود
لطف گرامر و می‌شود

$$L(G) \subset L$$

$$x \in L(G) \Rightarrow x \in L$$

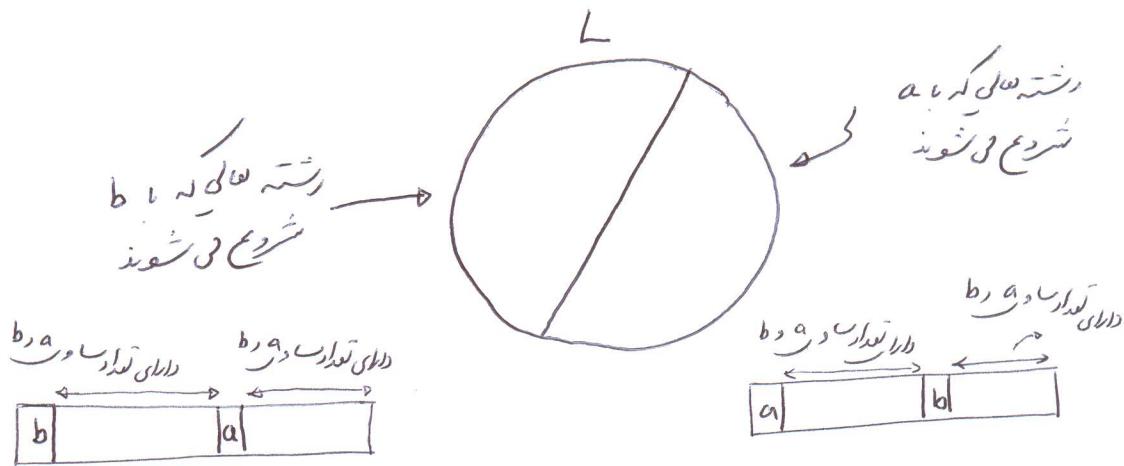
هر کلمه ای که می‌شود تبارگار و می‌شود
لطف گرامر و می‌شود

$$S \Rightarrow SS \Rightarrow SSS \Rightarrow aSbSS \Rightarrow abSS \Rightarrow abbaS \Rightarrow abba$$

$$\Rightarrow bbabaaba$$

abba b babaaba می‌شود

$L = \{ w \mid w \in \{a, b\}^*, n_a(w) = n_b(w) \}$ کارهای دوستی: برای زبان



a a b b a a b b

$S \rightarrow aSbS \mid bSaS \mid \lambda$

$S \Rightarrow aSbS \Rightarrow aasbSbS \Rightarrow aabSbS \Rightarrow aabbSaSbS$

$\Rightarrow aabbasbS$
 $\Rightarrow aabbabbS$

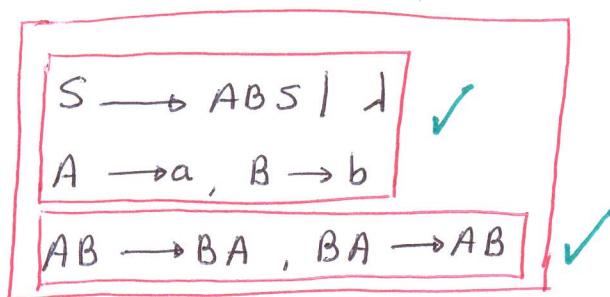
⋮
⋮
⋮

$\Rightarrow aabbabaababb$

جواب: مجموع کارکرد

$$L = \{ w \mid w \in \{a, b\}^*, n_a(w) = n_b(w) \}$$

a b a b a b
 ↓
a a b b a b
 ↓
a a a b b b
 ↓
 :



✓ $S \rightarrow ABS \Rightarrow ABABS \Rightarrow \underline{ABABABS}$
 $\Rightarrow AAB \underline{B} ABS$
 $\Rightarrow AA \underline{B} ABB S$
 $\Rightarrow AAABBB S$
 $\Rightarrow AAABB B$

⋮
~~* a a a b b b~~

a a a b b b نیز نہیں

✓ $S \Rightarrow \dots \dots \dots \dots \dots \Rightarrow \underline{bbbaaa}$

bbbaaa نیز نہیں

✓ $S \Rightarrow \dots \dots \dots \dots \dots \Rightarrow \underline{bababa}$

✓ $S \Rightarrow \dots \dots \dots \dots \dots \Rightarrow \underline{baaabbb}$

گرامر ریزاب را توصیی کنید؟

G:

$$\boxed{\begin{array}{l} S \rightarrow aB \mid bA \mid d \\ B \rightarrow b \mid bS \mid aBB \\ A \rightarrow a \mid aS \mid bAA \end{array}}$$

$$\{w \mid w \in \{a, b\}^*, 2n_a(w) = n_b(w)\} : \text{الف}$$

$$\{w \mid w \in \{a, b\}^*, n_a(w) = 2n_b(w)\} : \text{ب}$$

$$\{w \mid w \in \{a, b\}^*, n_a(w) = n_b(w)\} : \text{ج} \quad \square$$

حکایتی:

- هر دو زیر یک رشته هستند و ممکن است آنها با هم متفاوت باشند.

ab
abab
aaabbb
aabbbab
babbbaaa

توصیی: در این گرامر تولید هر a می باید b نیز تولید خواهد کرد و تولید هر b می باید a نیز تولید خواهد کرد. همچنین در تولید از a, b ها رانیز تولیدی کنند.

تعريف: دو گرامر G_1, G_2 مترادفات (equivalent) هستند اگر

$$L(G_1) = L(G_2)$$

$$L(G_1) = L(G_2)$$

$$L(G_1) \subset L(G_2)$$

$$x \in L(G_1) \Rightarrow x \in L(G_2)$$

هر شیخ که توسط G_1 تولیدی شود
توسط G_2 هم تولیدی شود.

$$L(G_2) \subset L(G_1)$$

$$x \in L(G_2) \Rightarrow x \in L(G_1)$$

هر شیخ که توسط G_2 تولیدی شود
توسط G_1 هم تولیدی شود.

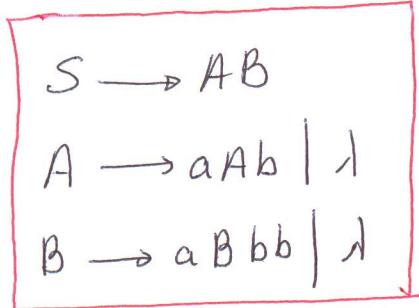
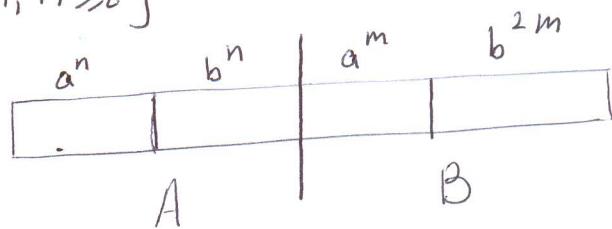
- نشان دهنده گرامر G_1, G_2 مترادفات

$$G_1 : S \rightarrow SS \mid asb \mid bsa \mid \lambda$$

$$G_2 : S \rightarrow SS \mid SSS \mid asb \mid bsa \mid \lambda$$

Ergebnis ist ein Produkt

$$L = \{ a^n b^n a^m b^{2m} \mid n, m \geq 0 \}$$



$$L_S = L_A \cdot L_B$$

$$L_A = \{ a^n b^n \mid n \geq 0 \}$$

$$L_B = \{ a^n b^{2n} \mid n \geq 0 \}$$

aabbbaabbbb D. rückt, ✓

$S \Rightarrow AB$
 $\Rightarrow aAbB$
 $\Rightarrow aaAbbB$
 $\Rightarrow aabbB$
 $\Rightarrow aabbabbb$
 $\Rightarrow aabbaabbbb$
 $\Rightarrow aabbaabbbb$

$\Rightarrow \text{L} = \{a^m b^n \mid m > n\}$ Q: How to prove this?

$$L = \{\underline{a^p} \underline{a^n} b^n \mid n \geq 0, p \geq 1\}$$

$$\begin{array}{l} S \rightarrow AB \\ A \rightarrow aA/a \\ B \rightarrow aBb/b \end{array}$$

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow AB \Rightarrow aAB \Rightarrow aaB \\ &\Rightarrow aaaBb \\ &\Rightarrow aaaaBbb \\ &\Rightarrow aaaaaBbbb \\ &\Rightarrow aaaaaabb \end{aligned}$$

aaaabb Q: How to prove this?

$$L = \{\underline{a^n} \underline{a^p} b^n \mid n \geq 0, p \geq 1\}$$

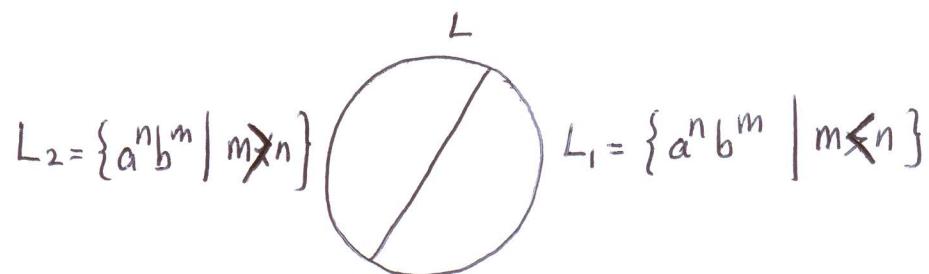
$$\begin{array}{l} S \rightarrow aSb \mid A \\ A \rightarrow aA \mid a \end{array}$$

$$\begin{aligned} S &\Rightarrow aSb \Rightarrow aasbb \Rightarrow aaaSbbb \\ &\Rightarrow aaaAbbb \\ &\Rightarrow aaaaAbbbb \\ &\Rightarrow aaaaaabb \end{aligned}$$

aaaaabb Q: How to prove this?

گرامریکس نظریہ

$$L = \{a^n b^m \mid n \neq m\}$$



$$L = L_1 \cup L_2$$

