UNIVERSIDADE PAULISTA

CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Aspectos Teóricos da Computação

Aspectos Teóricos da Computação

ROTEIRO

- Hierarquia de Chomsky
- Máquina de Estado Finito
- Conceitos da Teoria de Autômatos
- Máquina de Turing

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Estrela de Kleene de uma linguagem L: L^*
  - L^* é o conjunto de todas as strings obtidas pela concatenação de zero ou mais strings de L.
  - $L^* = \{w \in \Sigma^*: w = w_1 \circ w_2 \circ \ldots \circ w_k,\ k \geq 0$ e algum $w_1, \ldots, w_k \in L\}$

- Exemplo: $L=\{01, 1, 100\}$. A palavra w=110001110011 $\in L^*$?
  - 110001110011 = $1 \circ 100 \circ 01 \circ 1 \circ 100 \circ 1 \circ 1$

Exemplo: $L=\{01, 1, 100\}$. A palavra w=01011101001 $\in L^*$?

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Expressão Regular
  - é uma notação formal usada para descrever um conjunto de cadeias (strings) em uma linguagem regular.
  - é uma sequência de caracteres que define um padrão que pode ser usado para identificar strings que fazem parte de uma linguagem.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Linguagens Regulares e Expressões Regulares
  - as expressões regulares são uma maneira de descrever linguagens regulares.
  - linguagens regulares são um tipo de linguagem formal que pode ser reconhecida por um autômato finito (determinístico ou não-determinístico).
  - as expressões regulares e os autômatos finitos são formalmente equivalentes, ou seja, para cada expressão regular, existe um autômato finito que a reconhece, e vice-versa.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Autômato Finito
  - é um modelo matemático usado para representar e reconhecer linguagens regulares.
  - é composto por:
    - um número finito de estados,
    - transições entre esses estados, e
    - uma função de transição que especifica como o autômato se move de um estado para outro com base em um símbolo de entrada.
  - Objetivo:
    - processar uma sequência de símbolos (ou string) e determinar se essa sequência pertence ou não à linguagem que ele reconhece.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Autômato Finito Determinístico (DFA – *Deterministic Finite Automaton*)
  - é um tipo de autômato finito
  - para cada estado e cada símbolo de entrada, há apenas uma transição possível
  - o autômato sabe exatamente qual estado visitar para cada símbolo, sem ambiguidades
- Autômato Finito Não Determinístico (NFA – *Nondeterministic Finite Automaton*)
  - é um tipo de autômato finito
  - para cada estado e símbolo de entrada, pode haver mais de uma transição possível ou até mesmo nenhuma transição
  - pode ter transições espontâneas (chamadas de transições ϵ), onde o autômato pode mudar de estado sem consumir nenhum símbolo de entrada.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Componentes Básicos de Expressões Regulares:
  - Símbolos
    - Qualquer símbolo de um alfabeto (por exemplo, a, b, 1, 0, etc.).
  - Concatenação
    - de duas expressões regulares *A* e *B* é escrita como *AB*, representando todas as strings formadas pela concatenação de uma string de *A* seguida de uma string de B.

$$A.B = AB = A \circ B = \{ xy \mid x \in A \text{ e } y \in B\}$$

  - União (alternância)
    - Representada pelo operador | ou $\cup$, significa "ou". Se *A* e *B* são expressões regulares, $A|B$ corresponde a qualquer string que pertence a *A* ou *B*.

$$A \cup B = \{ w \mid w \in A \text{ ou } w \in B\}$$

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Componentes Básicos de Expressões Regulares:
  - String vazia
    - representada por ϵ, a string vazia é a string de comprimento zero.
  - Fecho de Kleene (representado pelo operador *)
    - indica que o símbolo ou a expressão regular anterior pode ocorrer zero ou mais vezes.
    - se A é uma expressão regular, A^* representa a concatenação de zero ou mais cadeias que pertencem a A.
  - Fecho positivo (representado por +)
    - é similar ao fecho de Kleene, mas indica que o símbolo ou a expressão regular anterior deve ocorrer uma ou mais vezes.
      - ✔ Obs.:
        - ➢ Fecho de Kleene (A^*): Permite zero ou mais repetições de A, incluindo a string vazia ϵ.
        - ➢ Fecho Positivo (A^+): Permite uma ou mais repetições de A, não inclui a string vazia ϵ.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Exemplos de Expressões Regulares:
  - Exemplo 1: Expressão regular: a*
    - Descrição
      - descreve a linguagem que contém zero ou mais repetições do símbolo a
      - strings válidas
        - ϵ, a, aa, aaa, …
    - Linguagem descrita
      - *L*={ϵ, a, aa, aaa, … }

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Exemplos de Expressões Regulares:
  - Exemplo 2: Expressão regular: (a | b)*
    - Descrição
      - ✔ descreve todas as strings que consistem de zero ou mais ocorrências de a ou b.
      - ✔ Strings válidas:
        - ϵ, a, b, ab, ba, aa, bb, aba, …
    - Linguagem descrita
      - ✔ *L*={ϵ, a, b, ab, ba, aa, bb, aba,… }

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Exemplos de Expressões Regulares:
  - Exemplo 3: Expressão regular: a(b | c)*
    - Descrição
      - ✔ corresponde a todas as strings que começam com a, seguidas de zero ou mais ocorrências de b ou c.
      - ✔ strings válidas incluem a, ab, ac, abb, acc, abcc, …
    - Linguagem descrita
      - ✔ L={ϵ, a, ab, ac, abb, acc, abcc, … }

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Exemplos de Expressões Regulares:
  - Exemplo 4: Expressão regular: (0 | 1)+
    - Descrição
      - corresponde a todas as strings formadas por uma ou mais ocorrências de 0 ou 1.
      - strings válidas
        - 0, 1, 01, 10, 110, 001, …
      - Linguagem descrita
        - L={0, 1, 01, 10, 110, 001, …} ou seja, todas as strings binárias não vazias.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Aplicações de Expressões Regulares:
  - Reconhecimento de Padrões em Texto:
    - são amplamente utilizadas em ferramentas de busca e editores de texto para encontrar e substituir padrões específicos em strings.
    - Exemplo: A expressão regular \d{3}-\d{2}-\d{4} pode ser usada para reconhecer o formato de números de matrícula de um funcionário em uma empresa como 123-45-6789.
  - Validação de Entrada de Usuário:
    - São usadas em sistemas de software para validar entradas de usuários, como números de telefone, e-mails ou endereços IP.
    - Exemplo: A expressão regular ^\d{3}-\d{3}-\d{4}$ pode ser usada para validar números de telefone no formato 123-456-7890.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Aplicações de Expressões Regulares:
  - Compiladores e Interpretadores:
    - Expressões regulares são usadas em analisadores léxicos de compiladores para dividir o código-fonte em tokens, que serão analisados posteriormente.
    - Exemplo: A expressão regular [a-zA-Z_][a-zA-Z0-9_]* pode ser usada para reconhecer identificadores em linguagens de programação, como nomes de variáveis.

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Problemas:
  - Na teoria de autômatos, um *problema* é a questão de decidir se uma determinada palavra w é elemento de alguma linguagem L, ou seja:
    - Dada uma palavra w em Σ^*, afirmar que L aceita $w = w_1 w_2 ... w_n$, onde cada $w_i \in \Sigma$ está ou não em L, deve-se demonstrar que existe uma sequência de estados $r_0, r_1, r_2, \ldots, r_n \in Q$ onde:

      - $r_0 = q_0$
      - $r_i = \delta(r_{i-1}, w_i)$ para $1 \leq i \leq n$
      - $r_n \in L$

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Problemas:
  - Na teoria de autômatos, um *problema* é a questão de decidir se uma determinada palavra é elemento de alguma linguagem *L*, ou seja:
    - $L(M) = \{ w \mid M \text{ aceita } w \}$
    - *L(M)* é a linguagem de *M*
    - *M* reconhece *L(M)*

Conceitos da Teoria de Autômatos

- Problemas:
  - São exemplos de problemas:

    1) {*w* | *w* consiste em um número igual de 0`s e 1`s}.
    2) {*w* | *w* é um número inteiro binário primo}.
    3) {*w* | *w* é um programa em *C* sintaticamente correto}.
    4) $\{0^n 1^n \mid n \geq 1\}$.
    5) $\{0^i 1^j \mid 0 \leq i \leq j\}$.

  - É uma linguagem ou um problema?
    Na realidade linguagem e problemas são a mesma coisa.