

INTRODUÇÃO

Os autômatos são modelos matemáticos que representam máquinas abstratas capazes de processar linguagens formais. Um autômato é composto por um conjunto finito de estados, um alfabeto de símbolos de entrada, uma função de transição, um estado inicial e um conjunto de estados finais. A função de transição define como o autômato transita entre estados com base nos símbolos de entrada recebidos.

O estudo dos autômatos é relevante e importante por diversas razões. Eles fornecem uma base teórica sólida para a compreensão de como máquinas e programas processam dados e realizam tarefas. Além disso, os autômatos têm diversas aplicações práticas, desde o reconhecimento de padrões e análise léxica de compiladores até o processamento de linguagem natural. Compreender os autômatos permite desenvolver algoritmos e sistemas mais eficientes e robustos.

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar como os autômatos podem ser aplicados na construção de um bot para calcular preços de viagens, integrando conceitos teóricos com aplicações práticas. Especificamente, cada seção do artigo abordará os conceitos teóricos dos autômatos, a revisão bibliográfica, a metodologia de desenvolvimento do bot, e a implementação prática do algoritmo.

REVISÃO DE LITERATURA

Existem vários tipos de autômatos, cada um com características e capacidades distintas:

- **Autômatos Finitos Determinísticos (AFD)**: São os autômatos mais simples, caracterizados por um único estado inicial e transições determinísticas, onde para cada estado e símbolo de entrada há exatamente uma transição possível. Eles são usados principalmente para reconhecer linguagens regulares, que podem ser descritas por expressões regulares.
- **Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFN)**: Similar aos AFD, mas permitem múltiplas transições para um dado estado e símbolo de entrada. Embora pareçam mais poderosos, os AFN não reconhecem mais linguagens que os AFD, pois existe um AFD equivalente para cada AFN. No entanto, eles podem simplificar a construção de autômatos para certas linguagens.
- **Autômatos de Pilha**: Estes autômatos possuem uma pilha adicional que permite reconhecer linguagens livres de contexto. A pilha

proporciona memória adicional, permitindo ao autômato lidar com uma gama mais ampla de padrões, como aqueles encontrados em estruturas aninhadas, típicas de linguagens de programação.

- **Autômatos de Turing**: Considerados os autômatos mais poderosos, os autômatos de Turing podem simular qualquer algoritmo computacional. Eles possuem uma fita infinita que serve como memória e podem ler e escrever símbolos na fita, movendo-se para a esquerda ou direita. São usados para definir a classe de linguagens recursivamente enumeráveis e são fundamentais para a teoria da computabilidade.

As linguagens formais são conjuntos de cadeias de caracteres construídas a partir de um alfabeto específico e seguem regras sintáticas bem definidas. A teoria das linguagens formais estuda essas linguagens e suas propriedades, classifica-as de acordo com a complexidade de suas regras e explora a relação entre linguagens e autômatos. A hierarquia de Chomsky é uma classificação das linguagens formais em quatro tipos principais:

- **Linguagens Regulares**: Reconhecidas por autômatos finitos, essas linguagens são as mais simples e podem ser descritas por expressões regulares.
- **Linguagens Livres de Contexto**: Reconhecidas por autômatos de pilha, incluem estruturas de linguagem que possuem uma hierarquia, como as gramáticas de programação.
- **Linguagens Sensíveis ao Contexto**: Reconhecidas por máquinas de Turing lineares, são mais complexas e podem descrever linguagens com dependências contextuais.
- **Linguagens Recursivamente Enumeráveis**: Reconhecidas por máquinas de Turing, são as mais gerais e podem representar qualquer linguagem computável.

Os autômatos e as linguagens formais têm uma ampla gama de aplicações em diversas áreas da ciência da computação e outras disciplinas. A seguir, destacamos algumas das principais aplicações:

- **Reconhecimento de Padrões**: Os autômatos finitos são amplamente utilizados no reconhecimento de padrões em textos e cadeias de caracteres. Eles são a base para algoritmos de busca e correspondência de padrões em editores de texto, motores de busca e sistemas de análise de dados. Por exemplo, expressões regulares, que são descrições compactas de linguagens regulares, utilizam autômatos finitos para identificar padrões em strings. Esta aplicação é detalhada em "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation" de

Hopcroft, Motwani, e Ullman, que explica como autômatos podem ser usados para processamento de strings e reconhecimento de padrões.

- **Análise Léxica de Compiladores:** Na construção de compiladores, autômatos finitos desempenham um papel crucial na análise léxica, a primeira fase do processo de compilação. Durante essa fase, o compilador usa autômatos para dividir o código-fonte em tokens, que são as unidades sintáticas básicas da linguagem de programação. Esta técnica é fundamental para garantir a correta interpretação e tradução do código pelo compilador. Este processo é bem descrito no livro "Compilers: Principles, Techniques, and Tools" de Aho, Sethi e Ullman, onde os autores detalham a utilização de autômatos na fase de análise léxica dos compiladores.
- **Processamento de Linguagem Natural (PLN):** Autômatos de pilha e autômatos de Turing são utilizados no processamento de linguagem natural para tarefas como análise sintática, tradução automática e geração de linguagem natural. Autômatos de pilha são particularmente úteis para analisar a estrutura gramatical das sentenças, enquanto autômatos de Turing são empregados para realizar tarefas mais complexas, como a compreensão e a geração de texto. Michael Sipser, em seu livro "Introduction to the Theory of Computation", discute como os autômatos de Turing podem ser utilizados para modelar processos de linguagem natural, destacando a flexibilidade e o poder computacional desses autômatos.
- **Verificação Formal:** Autômatos são utilizados na verificação formal de sistemas, que é a prática de provar matematicamente que um sistema cumpre suas especificações. Esta técnica é essencial na engenharia de software para garantir a correção de sistemas críticos, como aqueles usados em aviação, medicina e finanças. Autômatos finitos e autômatos temporais são usados para modelar e verificar propriedades de sistemas concorrentes e distribuídos. Peter Linz, em "An Introduction to Formal Languages and Automata", explora como os autômatos são aplicados na verificação formal de sistemas, demonstrando sua importância na garantia de correção de software.
- **Inteligência Artificial (IA):** Em inteligência artificial, autômatos são usados para modelar agentes inteligentes que tomam decisões baseadas em estados e transições. Por exemplo, autômatos de estados finitos são utilizados em sistemas de controle e jogos para modelar comportamentos de NPCs (personagens não jogáveis). Hopcroft, Motwani, e Ullman, em "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation", descrevem como os autômatos podem ser utilizados

para modelar sistemas de IA, destacando sua aplicação em algoritmos de decisão e controle.

- **Sistemas de Controle e Robótica:** Em sistemas de controle e robótica, autômatos são usados para modelar e implementar controladores que gerenciam o comportamento de sistemas físicos. Autômatos de estados finitos podem ser usados para programar sequências de ações em robôs, garantindo que eles respondam adequadamente a diferentes estímulos do ambiente. Sipser, em "Introduction to the Theory of Computation", discute como autômatos podem ser aplicados na robótica para controlar e prever comportamentos de sistemas físicos complexos.

As aplicações práticas dos autômatos e das linguagens formais demonstram sua importância e versatilidade em diversas áreas da ciência da computação. A capacidade de modelar e analisar sistemas complexos de maneira formal e precisa é uma das razões pelas quais o estudo desses conceitos continua sendo uma área ativa e essencial da pesquisa em computação.

METODOLOGIA

Neste projeto, a metodologia foi estruturada de maneira a integrar a fundamentação teórica com a aplicação prática dos conceitos de autômatos em um exemplo específico. A metodologia adotada envolve as seguintes etapas:

- **Introdução:** A primeira etapa consistiu na elaboração de uma introdução clara e contextualizada sobre o tema dos autômatos e sua aplicação em linguagens formais. Esta seção tem o objetivo de situar o leitor no contexto do estudo, explicando a relevância e a importância dos autômatos, bem como os objetivos gerais e específicos do artigo. A introdução foi redigida com base em fontes teóricas e exemplos práticos para garantir uma compreensão abrangente do tema.
- **Revisão de Literatura:** A segunda etapa envolveu uma revisão bibliográfica abrangente e detalhada. Foram consultadas fontes confiáveis, de diferentes autores renomados, para apresentar os principais conceitos relacionados aos autômatos e linguagens formais. A revisão de literatura também incluiu a classificação dos diferentes tipos de autômatos (como autômatos finitos, autômatos de pilha, e autômatos de Turing) e suas características distintivas. Além disso, foram discutidas as diversas aplicações dos autômatos, como reconhecimento de padrões, análise léxica de compiladores, e processamento de linguagem natural.
- **Exemplo Prático:** A terceira etapa focou no desenvolvimento de um exemplo prático de aplicação dos autômatos, utilizando um algoritmo

específico criado para um bot de agência de viagens. Este exemplo foi implementado em Python, e o código do algoritmo foi descrito detalhadamente. A implementação do bot ilustra como os conceitos teóricos dos autômatos podem ser aplicados para resolver problemas práticos. O bot conduz o usuário através de um conjunto finito de estados e transições, simulando um autômato finito determinístico (AFD).

- **Conclusão Desejada:** A etapa final envolveu a elaboração da conclusão desejada, que visa resumir os principais achados do estudo e destacar a importância dos autômatos na teoria e prática da computação. A conclusão também discutiu as possíveis melhorias e extensões do trabalho, bem como suas implicações para futuras pesquisas e aplicações.

Para garantir a integridade e a validade das informações apresentadas, a seleção das fontes e a organização dos conceitos seguiram critérios rigorosos de relevância e confiabilidade. Cada seção do artigo foi estruturada de forma lógica e coesa, facilitando a compreensão dos leitores e a integração dos conceitos teóricos com a prática.

RESULTADOS

Para exemplificar os conceitos estudados sobre autômatos, fizemos um algoritmo criado para um bot de agência de viagens é um exemplo prático de um autômato finito determinístico (AFD). Este bot ajuda o usuário a planejar uma viagem, escolhendo a região do Brasil, o estado desejado, a duração da estadia, e opcionais como café da manhã, transporte e guia turístico. O algoritmo, implementado em Python, é composto por várias funções que guiam o usuário através de um processo de tomada de decisões, similar ao funcionamento de um AFD. O código do algoritmo pode ser encontrado no apêndice desse trabalho. A seguir, descrevemos cada parte do algoritmo:

- **Inicialização:** O bot é inicializado com dicionários que contêm as informações necessárias, como regiões do Brasil e seus estados, valores das passagens aéreas por região, valores de diárias por estado, e custos adicionais para opcionais.
- **Escolha da Região:** O usuário é solicitado a escolher uma região do Brasil. Esta escolha determina o próximo estado do autômato, onde o usuário escolherá um estado dentro da região selecionada.
- **Escolha do Estado:** O usuário escolhe um estado dentro da região selecionada anteriormente. Esta escolha determina o próximo estado do autômato, onde o usuário decidirá a duração da estadia.

- **Escolha da Duração da Estadia:** O usuário informa quantos dias deseja ficar no estado escolhido. Esta escolha determina o próximo estado do autômato, onde o usuário decidirá se deseja incluir café da manhã.
- **Escolha de Opcionais:** O usuário decide se deseja incluir café da manhã, transporte e guia turístico em sua viagem. Cada uma dessas escolhas determina uma série de transições no autômato que influenciam o cálculo final do custo da viagem.
- **Cálculo do Valor Total:** Com base nas escolhas feitas, o bot calcula o valor total da viagem somando o custo das diárias, passagens aéreas e opcionais selecionados.
- **Resumo da Viagem:** O bot apresenta um resumo da viagem ao usuário, detalhando as escolhas feitas e o valor total da viagem.

O bot de agência de viagens pode ser modelado como um autômato finito determinístico (AFD). A seguir, detalhamos como os conceitos de AFD são aplicados no algoritmo:

- **Estados Finitos:** O algoritmo possui um número finito de estados, como a escolha da região, escolha do estado, duração da estadia, e escolha dos opcionais. Cada um desses estados corresponde a um passo específico no processo de planejamento da viagem.
- **Transições Determinísticas:** As transições entre os estados são determinísticas. Para cada estado e símbolo de entrada (escolha do usuário), existe exatamente uma transição possível. Por exemplo, após a escolha de uma região, o estado do autômato transita para a escolha do estado dentro daquela região.
- **Símbolos de Entrada:** Os símbolos de entrada são as escolhas do usuário, como a seleção da região, estado, número de dias de estadia, e a inclusão ou não de opcionais. Cada símbolo de entrada determina a próxima transição no autômato.
- **Estado Inicial:** O estado inicial do autômato é quando o bot é iniciado e o usuário começa a interação, escolhendo a região do Brasil.
- **Estados Finais:** Os estados finais são aqueles em que o bot apresenta o resumo da viagem e o valor total. Nesses estados, o processo de planejamento da viagem está completo.

CONCLUSÃO

Neste estudo, exploramos os conceitos fundamentais dos autômatos e suas aplicações em linguagens formais, culminando na implementação prática de um bot de agência de viagens utilizando um autômato finito determinístico (AFD). Através da revisão bibliográfica, foi possível compreender a importância e a versatilidade dos autômatos em diversas áreas da ciência da computação, como reconhecimento de padrões, análise léxica de compiladores, processamento de linguagem natural, verificação formal, inteligência artificial e sistemas de controle e robótica.

A implementação do bot de agência de viagens serviu como um exemplo concreto de como os autômatos podem ser aplicados para resolver problemas práticos. O algoritmo desenvolvido demonstrou como um AFD pode ser utilizado para guiar o usuário através de um processo estruturado de tomada de decisões, garantindo transições determinísticas entre estados e

proporcionando uma experiência de usuário eficiente e intuitiva.

As principais aprendizagens adquiridas durante a pesquisa incluem:

- **Compreensão Profunda dos Autômatos:** A pesquisa aprofundada nos permitiu entender os diferentes tipos de autômatos (AFD, AFN, autômatos de pilha e autômatos de Turing) e suas características distintivas. Esta compreensão é crucial para a aplicação correta desses modelos em problemas específicos.
- **Aplicação Prática:** A implementação do bott mostrou como os conceitos teóricos dos autômatos podem ser aplicados na prática para criar sistemas interativos que respondem a entradas do usuário de maneira previsível e controlada.
- **Integração Teoria e Prática:** A capacidade de integrar conceitos teóricos com aplicações práticas é uma habilidade valiosa que contribui para o avanço do conhecimento na área da computação. Esta integração permite não apenas entender os fundamentos teóricos, mas também aplicar esse conhecimento para desenvolver soluções inovadoras e eficientes.
- **Versatilidade dos Autômatos:** A pesquisa destacou a versatilidade dos autômatos em diversas aplicações, desde a construção de compiladores até o desenvolvimento de sistemas de IA e robótica. Esta versatilidade demonstra a importância contínua dos autômatos como ferramentas fundamentais na ciência da computação.

Essas aprendizagens contribuem significativamente para o avanço do conhecimento na área, proporcionando uma base sólida para futuras pesquisas

e aplicações práticas. O estudo dos autômatos continua a ser uma área vital na computação, oferecendo insights valiosos para o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas e eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hopcroft, John E., Motwani, Rajeev, Ullman, Jeffrey D. "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation." Pearson, 2006.

Aho, Alfred V., Sethi, Ravi, Ullman, Jeffrey D. "Compilers: Principles, Techniques, and Tools." Addison-Wesley, 1986.

Sipser, Michael. "Introduction to the Theory of Computation." Cengage Learning, 2012.

Linz, Peter. "An Introduction to Formal Languages and Automata." Jones & Bartlett Learning, 2011.

Link Código: https://github.com/ElismarSilva/Bot_viagem_LFA