

EA072 – Roteiro de Estudos para a Prova 1 – 2s2019

Parte 1

Tópico 0 – Introdução e Motivação

- (0.1) O que é inteligência? (Não é questão de prova, mas ajuda a contextualizar a matéria da prova)
- (0.2) O que é inteligência artificial? (Também não é questão de prova.)
- (0.3) O que caracteriza um comportamento inteligente?
- (0.4) O que é um organismo cibernético?
- (0.5) O que é um sistema inteligente sob a perspectiva de Albus (1991)?
- (0.6) O que é mente? O que é consciência? (Não é questão de prova, mas ajuda a contextualizar a matéria da prova)
- (0.7) Faça uma distinção apropriada entre sentimento e pensamento.
- (0.8) Qual a motivação para que Searle apresentasse o cenário da sala chinesa?
- (0.9) Explique como funciona o teste de Turing.
- (0.10) Na teoria das múltiplas inteligências de Gardner, quais compõem o quociente de inteligência (QI) e quais compõem o quociente emocional (QE)?
- (0.11) O que é aprendizado? (Não é questão de prova, mas ajuda a contextualizar a matéria da prova)
- (0.12) O slide 13 de Motivação, ao apresentar cinco etapas do processo de aprendizado humano, deixa transparecer que é grande o desafio para se chegar a máquinas de aprendizado que mereçam a denominação de sistemas de inteligência artificial. Que níveis de aprendizado você consegue detectar em sistemas práticos de inteligência artificial com os quais já nos defrontamos no dia-a-dia?

Sugestão: Procure investigar as funcionalidades de produtos e soluções de empresas com foco bem definido em inteligência artificial, como Google (<https://research.google.com/teams/brain/>) e IBM (<http://www.ibm.com/watson/>).

- (0.13) O que é aprendizado de máquina?
- (0.14) Por que cada vez se torna mais relevante dominar técnicas que aprendem a partir de dados?

Resolução: Veja slides 27 a 34 de Motivação.

- (0.15) Quais são os principais desafios em mineração de dados?

Resolução: Veja slide 34 de Motivação.

(0.16) Quais são os principais atributos que tornam um algoritmo de aprendizado de máquina popular?

Resolução: (1) Princípio operacional de fácil compreensão, simplificando a tarefa de implementação computacional; (2) Baixo custo computacional, levando a soluções que escalam bem; (3) Desempenho competitivo, por exemplo, só superado (geralmente com ganhos não muito expressivos) por algoritmos bem mais elaborados e complexos.

(0.17) O que a miniaturização do transistor tem a ver com a lei de Moore?

(0.18) Qual é o significado da Lei de Moore?

(0.19) Qual é o significado da Lei de Metcalfe?

(0.20) Se a IA promove a automação de tarefas que requerem comportamento inteligente para serem realizadas, quais são os principais impactos do avanço da IA na sociedade?

(0.21) Apresente argumentos que sustentem a seguinte afirmação: “Mesmo recorrendo a técnicas avançadas e eficazes para processamento de informação e busca, normalmente associadas à área de inteligência artificial, o principal fator que levou *Deep Blue* a superar Kasparov (campeão mundial de xadrez) em 1997 foi a ‘força bruta’ da máquina.”

(0.22) Forneça uma explicação mais completa para o que é apresentado no slide 60 da Motivação, que envolve a lei de Moore e a complexidade computacional de problemas passíveis de tratamento via computação digital (computação com arquitetura padrão von Neumann).

(0.23) Procure definir devidamente e dar exemplos de abordagens *top-down* e *bottom-up* que caracterizam as técnicas de IA, propostas ao longo de sua história.

(0.24) Na sua opinião, por que as condições de ⟨ser igual⟩ e de ⟨ser não-distinguível⟩ são tão determinantes para a viabilidade e para o sucesso da IA?

Tópico 1 – Redes Neurais Artificiais e Máquinas de Aprendizado

(1.1) Esboce graficamente o comportamento da densidade de sinapses no cérebro, ao longo da vida de um ser humano que atinge uma idade avançada.

(1.2) Numa abordagem conexionista, explique como se dá o aprendizado e a memória.

(1.3) Apresente a diferença de funções entre os hemisférios direito e esquerdo do cérebro.

(1.4) Em que o paradigma da neurocomputação contrasta com o paradigma de um computador digital padrão von Neumann?

(1.5) Explique como se dá o processo eletroquímico de transmissão de sinais entre duas células nervosas, na conexão sináptica, enfatizando o papel dos neurotransmissores e das bombas de sódio-potássio.

- (1.6) Por que se diz que o caso de Phineas Gage representa o início histórico dos estudos das bases biológicas do comportamento?
- (1.7) Embora já esteja disponível, há pelo menos mais de uma década, tecnologia suficiente para reproduzir em um dispositivo eletrônico o número de neurônios e o número de conexões que se entende existirem no cérebro humano, por que ainda não temos máquinas capazes de emular o cérebro humano?
- (1.8) Explique o modelo matemático de um neurônio artificial, dando destaque para (i) a existência de produto interno; (ii) a presença de saturação na forma de uma função sigmoideal; e (iii) a saída na forma de uma função de expansão ortogonal (*ridge function*).
- (1.9) No aprendizado supervisionado a partir de dados amostrados e empregando uma rede neural MLP, apresente os três mapeamentos envolvidos e indique quais são suas dimensões de entrada e de saída.
- (1.10) Por que é tão relevante dominar técnicas computacionais capazes de sintetizar mapeamentos multidimensionais que admitem formas arbitrárias?
- (1.11) O que há em comum entre um controlador (de uma planta industrial), um preditor (de uma série temporal) e um classificador (de imagens, de textos), a ponto de todos eles poderem ser sintetizados empregando um mesmo tipo de rede neural artificial?
- (1.12) Explique o conceito de sobre treinamento (*overfitting*) e apresente mecanismos capazes de contribuir para reduzir os seus efeitos. Para tanto, use os conceitos de capacidade de generalização e de regularização do mapeamento a ser aproximado.
- (1.13) Qual foi a conjectura de Minsky e Papert e por que ela foi tão prejudicial para a pesquisa em redes neurais artificiais (neurocomputação) entre 1969 e 1985?
- (1.14) Apresente o princípio básico de operação de um algoritmo de otimização não-linear irrestrita, empregado no ajuste de pesos de redes neurais MLP sujeitas a um processo de treinamento supervisionado.
- (1.15) O que é mínimo local no treinamento supervisionado de uma rede neural MLP? Inclua o conceito de bacia de atração em sua resposta.
- (1.16) Por que mínimos locais e pontos de sela da superfície de erro não causam tantos problemas ao se treinar uma rede neural MLP de arquitetura rasa (em oposição aos problemas existentes no caso de arquiteturas profundas)? Observação: Aceita-se aqui uma resposta de natureza empírica, não necessariamente sustentada por fundamentos conceituais / teóricos.
- (1.17) Por que existem arquiteturas distintas de redes neurais artificiais?
- (1.18) Descreva geometricamente como uma rede neural RBF aproxima mapeamentos multidimensionais de entrada-saída.
- (1.19) Descreva geometricamente como uma rede neural MLP aproxima mapeamentos multidimensionais de entrada-saída.

- (1.20) No caso de redes neurais RBF, apresente uma proposta para a determinação dos centros das funções de base radial, de suas dispersões e dos pesos da camada de saída.
- (1.21) Compare uma máquina de aprendizado extremo (ELM, do inglês *extreme learning machine*) com uma rede neural MLP.
- (1.22) Explique o conceito de quadrados mínimos regularizados em ELMs.
- (1.23) Dado qualquer problema de otimização que seja linear nos parâmetros ajustáveis, obtenha a ‘matriz H ’ que aparece na formulação de quadrados mínimos (regularizados ou não).
- (1.24) O problema de quadrados mínimos é de grande relevância em muitas outras áreas de atuação e tem suas variações e extensões. Procure ler a respeito dos seguintes problemas: *recursive least squares*, *total least squares* e *weighted least squares*.
- (1.25) O que significa capacidade de aproximação universal em redes neurais artificiais, sejam elas recorrentes ou não-recorrentes?
- (1.26) O que é uma rede neural recorrente?
- (1.27) No contexto de sistemas dinâmicos, explique os conceitos de estado, dinâmica, espaço de estados e trajetória.
- (1.28) Como é possível simular um sistema com dinâmica contínua e estado contínuo (representável por uma equação diferencial) em computadores digitais, que são autômatos (sistemas com dinâmica discreta e estado discreto)?

Observação: Para *deep learning*, há um roteiro de estudos específico.

Tópico 2 – Computação Evolutiva

Observação: Os assuntos das questões destacadas em vermelho não foram ainda vistos em aula, não sendo, portanto, matéria para a Prova 1. Serão cobertos na Prova 2.

- (2.1) Usando os conceitos de transcrição, tradução e códon, explique como o código genético determina a produção de uma proteína, sabendo que uma proteína é dada por uma sequência de aminoácidos.

Dica: Assista o vídeo em <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>.

- (2.2) Qual é a diferença entre fenótipo e genótipo?
- (2.3) Explique o princípio da seleção natural de Darwin.
- (2.4) O que é uma meta-heurística?
- (2.5) Dada a definição formal de uma solução candidata num problema de otimização a ser resolvido via computação evolutiva, apresente uma proposta de codificação (representação computacional) capaz de representar unicamente cada solução candidata, a qual vai corresponder a um ponto do espaço de busca. Esta codificação pode ser na forma de um vetor de atributos binários, inteiros, em ponto flutuante, ou uma mistura dessas três possibilidades. Matriz, árvore e outras

estruturas de dados não estão descartadas na representação computacional, em lugar do vetor mencionado acima.

- (2.6) Dado que se conhece a representação computacional de uma solução candidata, proponha operadores de mutação e recombinação (*crossover*).
- (2.7) A partir de uma descrição textual dos objetivos envolvidos numa tarefa de otimização, proponha uma formulação matemática para a função de adaptação (*fitness*) a ser empregada por um algoritmo evolutivo.
- (2.8) Proponha múltiplas estratégias de seleção para a escolha de indivíduos que irão compor a próxima geração.
- (2.9) Explique como funciona a estratégia evolutiva, para busca em espaços contínuos.
- (2.10) Explique como funciona o algoritmo genético, para busca em espaços binários.
- (2.11) Como se dá a evolução de regras em sistemas classificadores?
- (2.12) Qual é o papel da busca local em algoritmos evolutivos?
- (2.13) Uma vez formalizado o espaço de busca, calcule a sua cardinalidade, ou seja, o número de soluções candidatas do espaço de busca.
- (2.14) Aprenda a aplicar a Tabela de Contagem de Coleções.
- (2.15) Mostre como se relacionam funções que crescem exponencialmente com o tamanho de um problema e funções que crescem fatorialmente com o tamanho de um problema.
- (2.16) Supondo que o espaço de busca é composto por soluções factíveis e infactíveis, que propostas você adotaria para tratar as soluções infactíveis geradas ao longo da busca, ou então para não permitir a geração de soluções infactíveis?
- (2.17) Se você for ajustar os pesos de uma rede neural MLP via computação evolutiva, qual seria a codificação a ser adotada e como ficaria a função de adaptação?
- (2.18) Geralmente, não se emprega computação evolutiva para a tarefa mencionada na Questão (2.17), pois existem algoritmos de otimização eficientes para tal. No entanto, quando se busca otimizar outros aspectos da topologia da rede neural, como número de neurônios, tipo de função de ativação e presença ou ausência de conexões, resultam problemas de otimização não-diferenciáveis e junto aos quais meta-heurísticas evolutivas podem desempenhar papel relevante. Além disso, como as arquiteturas de rede neural podem mudar de configuração durante o processo de busca, não é elementar manter o método do gradiente operante no ajuste dos pesos sinápticos. Nessas circunstâncias, evoluir simultaneamente propriedades topológicas e pesos sinápticos pode ser uma boa estratégia. Proponha, portanto, uma codificação pertinente para evoluir a topologia e os pesos de uma rede neural artificial.