

Como funciona o ChatGPT?

Conhecer as bases, a um nível elementar, do modelo matemático que está na origem das máquinas pensantes e dialogantes

João Nuno Tavares

Revisão científica

João Pedro Pedroso (Universidade do Porto)

REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

FICHA TÉCNICA

Rev. Ciência Elem., V12(A)

Publicação trimestral
da Casa das Ciências
ISSN 2183-9697 (versão impressa)
ISSN 2183-1270 (versão online)
rce.casadasciencias.org

DEPÓSITO LEGAL
452636/19

TÍTULO
Como funciona o ChatGPT?

AUTOR
João Nuno Tavares

IMAGENS
João Nuno Tavares

PAGINAÇÃO
Raul Seabra

IMPRESSÃO E ACABAMENTO
UniarTE Gráfica S.A.

TIRAGEM
100 exemplares

© Todo o material publicado nesta revista
pode ser reutilizado para fins não comerciais,
desde que a fonte seja citada.



PROPRIETÁRIO

Casa das Ciências/ICETA
Faculdade de Ciências,
Universidade do Porto
Rua do Campo Alegre, 687
4169-007 Porto
rce@casadasciencias.org

CORPO EDITORIAL DA REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR

EDITOR

João Nuno Tavares (UNIVERSIDADE DO PORTO)

CONSELHO EDITORIAL

Alexandre Lopes Magalhães (UNIVERSIDADE DO PORTO)
Jorge Manuel Canhoto (UNIVERSIDADE DE COIMBRA)
Paulo Ribeiro-Claro (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)
José Cidade Mourão (INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO)
Rute Coimbra (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)
Sónia Gouveia (UNIVERSIDADE DE AVEIRO)
José Francisco Rodrigues (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

PRODUÇÃO E SECRETARIADO

Alexandra Coelho
Guilherme Monteiro
Liliana Freitas
Raul Seabra

NORMAS DE PUBLICAÇÃO NA RCE

A Revista de Ciência Elementar dirige-se a um público alargado
de professores do ensino básico e secundário, aos estudantes
de todos os níveis de ensino e a todos aqueles que se
interessam pela Ciência. Discutirá conceitos numa linguagem
elementar, mas sempre com um rigor superior.

INFORMAÇÃO PARA AUTORES E REVISORES

Convidam-se todos os professores e investigadores
a apresentarem os conceitos básicos do seu labor diário numa
linguagem que a generalidade da população possa ler e
compreender.

Para mais informação sobre o processo de submissão
de artigos, consulte a página da revista em
rce.casadasciencias.org



EDULOG · FUNDAÇÃO BELMIRO DE AZEVEDO

PREFÁCIO

Neste curto texto, o leitor poderá encontrar o seguinte:

No capítulo 1, uma introdução muito simples e intuitiva aos modelos matemáticos que estão na base do funcionamento das redes neuronais artificiais. Com recurso apenas a aritmética elementar, explica-se o que é o perceptron – um modelo matemático que tenta, de forma muito simplista, imitar o funcionamento de um neurónio biológico. Uma rede neuronal tem como unidade atómica o perceptron. O uso de redes com arquiteturas especiais permite executar tarefas presentes em todo o tipo de aplicações, como, por exemplo, o chatGPT que tanta controvérsia tem causado recentemente.

As redes neuronais artificiais têm cada vez mais e importantes aplicações em todos os ramos da Ciência, Indústria, Serviços, Saúde e outras. Para citar apenas algumas: em Física da Antimatéria, Física de Neutrinos, da Matéria Escura, Cosmologia e Astrofísica, Física do Clima; em Química: Previsão de Propriedades de Moléculas, Previsão de Reações Químicas; em Biologia e Medicina; Dados Biomédicos, Diagnóstico, Cirurgia de alta precisão, Proteómica, Genómica e Transcriptómica, Imagiologia Médica, Cuidados de Saúde e muitas outras.

No capítulo 2, uma introdução aos modelos de Processamento de Linguagem Natural (PLN) que estão na base do funcionamento dos Chatbots (GPT, Bard e outros). Dominar um idioma é uma das maiores capacidades cognitivas do homem. Mas o que nos vai interessar neste texto, é a seguinte questão:

Será possível construir uma máquina que consiga ler e escrever em linguagem natural?

As ciências da computação designam os idiomas humanos (inglês, português, etc.), como linguagens naturais, para as distinguir das linguagens que foram criadas para máquinas, como Assembly, LISP ou XML.

A discussão é atual. Basta recordar o que se tem escrito desde que a OpenAI resolveu disponibilizar, com acesso livre, o chamado Chat GPT (*Chat Generative Pre-trained Transformer*), que rapidamente se transformou num instrumento que tem respostas razoavelmente coerentes sobre tudo, e que até já se presta a utilizações fraudulentas em exames, teses, etc. Na minha opinião, estas máquinas pensantes e dialogantes podem criar, num futuro próximo, graves problemas éticos, sociológicos e psicológicos, prejudicando a comunicação e a sociabilidade, desumanizando-as, e prestando-se a um controlo do pensamento livre, substituindo-o por um formatado, eventualmente ao serviço de interesses obscuros.

No capítulo 3, discute-se, de forma muito simplificada, a arquitetura dos transformadores que permitem, com notável eficácia, modelar linguagem natural. Discute-se, com especial ênfase e detalhe, os chamados módulos de auto atenção, que são os módulos principais utilizados nos transformadores.

Finalmente, no Apêndice, indicamos as definições e operações básicas com vetores e matrizes, ilustradas com exemplos concretos, que são usadas neste texto. O objetivo é pois explicar, de forma muito simplificada, o funcionamento de um chatbot como, por exemplo, o chat GPT.

Para termos uma posição racionalmente crítica sobre os riscos que estes instrumentos da Inteligência Artificial, em vertiginosa expansão, trazem para a sociedade atual, nada melhor do que compreendermos como funcionam. Vamos, por isso, tentar explicar, pelo menos, as ideias essenciais neste texto.

Quero agradecer, e muito, ao Professor João Pedro Pedroso (FCUP), o ter aceite fazer a revisão científica deste trabalho, pelos comentários que fez o favor de me enviar, e que valorizaram a versão do texto agora apresentado.

Por último, quero dedicar este livrinho às minhas netinhas, Clarinha e Maggie. Por isso resolvi intercalar os emojis “expressionistas”, antecipando os seus estados de espírito, se e quando o lerem. Um beijo enorme a ambas.

João Nuno Tavares
Coordenador da Casa das Ciências



O MECENAS

A Fundação Manuel António da Mota (FMAM) foi constituída em 2009 e oficialmente reconhecida em 2010.

Constitui o contemporâneo e natural corolário da matriz e tradição filantrópicas do Grupo Mota-Engil, na senda do legado do seu fundador, Manuel António da Mota.

Manuel António da Mota foi um empreendedor e filantropo que se superou a si próprio.

Apesar de todas as adversidades, através da sua atividade empresarial ou por iniciativa própria, contribuiu sempre para o bem comum, afirmando os valores que a FMAM e a família Mota preservam até hoje.

Não tendo ido além do ensino primário, mas dotado de forte determinação e ousadia, fundou em 1946 a Mota & Companhia, uma empresa com atividade centrada no setor da Engenharia e Construção, e que mais tarde deu origem ao Grupo Mota-Engil.

O Grupo Mota-Engil, liderado pela família Mota, integra hoje um conjunto alargado e multissetorial de negócios, englobando as áreas da Engenharia e Construção, Gestão de Resíduos, Energia, Multisserviços, Concessões de Infraestruturas de Transportes, Mineração e Logística. Presente na Europa, Américas e África através das suas sucursais e empresas participadas espalhadas pelo mundo, o seu volume de negócios cifra-se em mais de 3,8 mil milhões de euros, contando nas suas fileiras com milhares de colaboradores.

Criada em homenagem a Manuel António da Mota, a Fundação é um importante instrumento da política de responsabilidade social do Grupo Mota-Engil, enquanto expressão organizada e sistematizada de uma gestão ética e socialmente comprometida, em nome de uma cidadania empresarial ativa e participativa.

A Fundação, sediada na cidade do Porto, tem por fins estatutários a promoção, desenvolvimento e apoio a iniciativas de natureza social nos domínios da beneficência e solidariedade social, e de natureza cultural nos domínios da educação, saúde, ambiente, organização e apoio à atividade artística, exercendo a sua atividade em todo o território nacional e nos países onde o Grupo Mota-Engil marca presença.

Institui ainda anualmente o “Prémio Manuel António da Mota”.



MECENAS



MOTAENGIL

Índice

Capítulo 1

Conhecer a base do modelo matemático que está na origem das máquinas pensantes e dialogantes.....	9
1. Neurónios biológicos e artificiais.....	10
2. Redes Neurais Artificiais (RNAs).....	14
3. Uma situação bem mais complicada.....	16
4. A base de dados MNIST.....	17
5. O que é a aprendizagem (ou treino) de um rede neuronal?.....	19

Capítulo 2

O que é o Processamento de Linguagem Natural (PLN)?.....	21
1. Processamento de linguagem natural (PLN). Uma visão panorâmica.....	24
2. Preparando dados de texto.....	24
2.1. Representação one-hot.....	26
2.2. Como medir quantitativamente a afinidade entre duas palavras?.....	27
3. Métodos para Representação de Texto. Representação distribuída de palavras. Método Word2Vec.....	29
4. Compreender o modelo Cbow.....	30
4.1. Arquitetura da rede neuronal Cbow.....	32
4.2. Como introduzimos as palavras de contexto na camada de entrada da rede?.....	33
4.3. Como gerar um conjunto de treino para treinar a rede neuronal Cbow?.....	34
4.4. Como transformar as pontuações de afinidade em probabilidades?.....	39
4.5. Função perda e atualização dos pesos.....	40
4.6. Cbow. Sumário.....	42
5. Método Skip-gram.....	43
5.1. Método Skip-gram. Sumário.....	47
6. Amostragem negativa.....	49
6.1. Como gerar um conjunto de treino para treinar a rede neuronal Skip-gram?.....	52

Capítulo 3

Transformadores.....	55
1. Introdução. Modelos de linguagem autorregressivos.....	55
2. Autoatenção para gerar representações vetoriais contextualizadas.....	56
2.1. Como funciona o mecanismo de autoatenção?.....	57
2.2. O mecanismo de autoatenção (Query/Keys)-Values.....	58
2.3. Cálculo da representação ponderada pela atenção de apenas uma palavra.....	60
3. Um exemplo concreto.....	63
4. Transformadores.....	64

Capítulo 4	
Apêndice. Operações com vetores e matrizes	69
1. Vetores	69
2. Matrizes	71
3. Exemplos	72
Bibliografia.....	75
Casa das Ciências – o projeto	77
Outras edições Casa das Ciências	79