

Inteligência Artificial: A Quarta Revolução Industrial

Peter Skalfist

Daniel Mikelsten

Vasil Teigens

Editor: Cambridge Stanford Books

Tradutor: C.S.B. Equipment

"Inteligência Artificial: A Quarta Revolução Industrial"

Copyright © 2019 Cambridge Stanford Books

"Cover: Freepik, Pixabay and Wikimedia Commons"

Agradecimentos

Agradecemos a todos que estão apoiando nossa iniciativa e nos ajudando muito. Este é um projeto jovem, e temos um orçamento pequeno, ainda temos poucos meios para traduzir as obras perfeitamente e trazer conhecimento, científico e histórico, para o mundo inteiro. Mas, apesar das dificuldades, sabemos que o início é e sempre será difícil. Seu incentivo e apoio são para nós uma grande contribuição de energia e esperança.

Índice de Conteúdo

[Página de título](#)

[Agradecimentos](#)

[Introdução](#)

[Inteligência geral artificial](#)

[História da inteligência artificial](#)

[Progresso em inteligência artificial](#)

[Linha do tempo da inteligência artificial](#)

[Aplicações de inteligência artificial](#)

[Risco existencial de inteligência geral artificial](#)

[Singularidade tecnológica](#)

[Robôs](#)

[História dos robôs](#)

[Revolução tecnológica](#)

[Indústria 4.0](#)

[Automação](#)

[Internet das Coisas](#)

[Internet industrial das coisas](#)

[Engenharia genética](#)

[Engenharia biológica](#)

[Tecnologias emergentes](#)

[Referências:](#)

[Cambridge Stanford Books](#)

[Consultas ou sugestões](#)

Introdução

A Quarta Revolução Industrial representa uma mudança fundamental na maneira como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. É um novo capítulo no desenvolvimento humano, possibilitado por extraordinários avanços tecnológicos proporcionais aos da primeira, segunda e terceira revoluções industriais. Esses avanços estão mesclando os mundos físico, digital e biológico de maneiras que criam enormes promessas e riscos potenciais. A velocidade, amplitude e profundidade dessa revolução estão nos forçando a repensar como os países se desenvolvem, como as organizações criam valor e até o que significa ser humano.

Do SIRI aos carros autônomos, a inteligência artificial (IA) está progredindo rapidamente. Enquanto a ficção científica costuma retratar a IA como robôs com características semelhantes às humanas, a IA pode abranger qualquer coisa, desde os algoritmos de pesquisa do Google ao Watson da IBM e armas autônomas.

Hoje, a inteligência artificial é conhecida como IA estreita (ou IA fraca), na medida em que é projetada para executar uma tarefa estreita (por exemplo, apenas reconhecimento facial ou apenas pesquisas na Internet ou apenas dirigindo um carro). No entanto, o objetivo a longo prazo de muitos pesquisadores é criar IA geral (AGI ou IA forte). Embora a IA estreita possa superar os humanos em qualquer tarefa específica, como jogar xadrez ou resolver equações, a AGI superaria os humanos em quase todas as tarefas cognitivas.

A Quarta Revolução Industrial é mais do que apenas uma mudança impulsionada pela tecnologia; é uma oportunidade para ajudar todos, inclusive líderes,

formuladores de políticas e pessoas de todos os grupos de renda e nações, a aproveitar tecnologias convergentes para criar um futuro inclusivo, centrado no homem. A oportunidade real é olhar além da tecnologia e encontrar maneiras de dar ao maior número de pessoas a capacidade de impactar positivamente suas famílias, organizações e comunidades.

Inteligência geral artificial

A inteligência geral artificial (AGI) é a inteligência de uma máquina que pode entender ou aprender qualquer tarefa intelectual que um ser humano possa. É o objetivo principal de algumas pesquisas em inteligência artificial e um tópico comum em estudos de ficção científica e futuros. A AGI também pode ser referida como IA forte, AI completa ou ação inteligente geral. (Algumas fontes acadêmicas reservam o termo "IA forte" para máquinas que podem experimentar a consciência.). Algumas autoridades enfatizam a distinção entre IA forte e IA aplicada (também chamada AI estreita ou AI fraca): o uso de software para estudar ou realizar tarefas específicas de solução ou raciocínio. A IA fraca, em contraste com a IA forte, não tenta executar toda a gama de habilidades cognitivas humanas.

Vários critérios de inteligência foram propostos (o mais famoso é o teste de Turing), mas até o momento não há uma definição que satisfaça a todos. No entanto, existe um amplo acordo entre os pesquisadores de inteligência artificial de que a inteligência é necessária para fazer o seguinte:

Raciocinar, usar estratégia, resolver quebra-cabeças e fazer julgamentos sob incerteza;

Representar conhecimento, incluindo conhecimento do senso comum;

Plano;

Aprender;

Comunicar em linguagem natural;

E integrar todas essas habilidades para objetivos comuns.

Outras capacidades importantes incluem a capacidade de sentir (por exemplo, ver) e a capacidade de agir (por exemplo, mover e manipular objetos) no mundo em que o comportamento inteligente deve ser observado. Isso inclui a capacidade de detectar e responder a perigos. Muitas abordagens interdisciplinares da inteligência (por exemplo, ciência cognitiva, inteligência computacional e tomada de decisão) tendem a enfatizar a necessidade de considerar traços adicionais, como a imaginação (tomada como a capacidade de formar imagens e conceitos mentais que não foram programados) e autonomia. Existem sistemas que exibem muitos desses recursos (por exemplo, consulte criatividade computacional, raciocínio automatizado, sistema de suporte a decisões, robô, computação evolutiva, agente inteligente), mas ainda não nos níveis humanos.

Testes para confirmar a AGI em nível humano

O Teste de Turing (Turing) Uma máquina e um humano conversam a vista invisível com um segundo humano, que deve avaliar qual das duas é a máquina, que passa no teste se puder enganar o avaliador uma fração significativa do tempo. Nota: Turing não prescreve o que deve ser qualificado como inteligência, apenas o fato de saber que é uma máquina deve desqualificá-lo. O Teste do Café (Wozniak) É necessária uma máquina para entrar em uma casa americana média e descobrir como fazer café: encontre a máquina de café, encontre o café, adicione água, encontre uma caneca e faça a distribuição de café pressionando os botões adequados. Teste do estudante universitário do robô (Goertzel) Uma máquina se matricula em uma universidade, cursando e passando as mesmas aulas que os humanos, e obtendo um diploma. O Teste de Emprego (Nilsson) Uma máquina faz um trabalho economicamente importante, executando pelo menos tão bem quanto os humanos no mesmo trabalho.

Testes de QI AGI

Os pesquisadores chineses Feng Liu, Yong Shi e Ying Liu realizaram testes de inteligência no verão de 2017 com IA fraca e acessível ao público, como o Google AI ou o Siri da Apple e outros. No máximo, essas IA atingiram um valor de cerca de 47, o que corresponde aproximadamente a uma criança de seis anos na primeira série. Um adulto chega a cerca de 100 em média. Em 2014, testes semelhantes foram realizados nos quais a IA atingiu um valor máximo de 27.

Problemas que exigem que o AGI resolva

Os problemas mais difíceis para os computadores são informalmente conhecidos como "IA completa" ou "IA dura", o que implica que resolvê-los é equivalente à aptidão geral da inteligência humana, ou IA forte, além das capacidades de um algoritmo específico para fins.

Supõe-se que os problemas completos da IA incluam visão geral do computador, entendimento da linguagem natural e lidar com circunstâncias inesperadas ao resolver qualquer problema do mundo real.

Os problemas completos de IA não podem ser resolvidos apenas com a tecnologia de computador atual e também requerem computação humana. Essa propriedade pode ser útil, por exemplo, para testar a presença de seres humanos, como os CAPTCHAs pretendem fazer; e para a segurança do computador repelir ataques de força bruta.

Pesquisa AGI

AI clássica

A pesquisa moderna de IA começou em meados da década de 1950. A primeira geração de pesquisadores de IA estava convencida de que a inteligência geral artificial era possível e que existiria em apenas algumas décadas. Como escreveu o pioneiro da IA Herbert A. Simon em 1965: "as máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer". Suas previsões foram a inspiração para o personagem HAL 9000 de Stanley Kubrick e Arthur C. Clarke, que incorporou o que os pesquisadores de IA acreditavam poder criar até o ano 2001. O pioneiro da IA Marvin Minsky foi consultor do projeto de tornar o HAL 9000 o mais realista possível, de acordo com o previsões de consenso da época; Crevier o cita como tendo dito sobre o assunto em 1967: "Dentro de uma geração... o problema de criar 'inteligência artificial' será substancialmente resolvido", embora Minsky afirme que ele foi citado incorretamente.

No entanto, no início dos anos 70, tornou-se óbvio que os pesquisadores subestimaram grosseiramente a dificuldade do projeto. As agências de financiamento tornaram-se céticas em relação à AGI e colocaram os pesquisadores sob crescente pressão para produzir "AI aplicada" útil. Quando a década de 1980 começou, o Projeto de Computador de Quinta Geração do Japão reavivou o interesse na AGI, estabelecendo um cronograma de dez anos que incluía metas da AGI como "manter uma conversa casual". Em resposta a isso e ao sucesso de sistemas especialistas, tanto a indústria quanto o governo investiram dinheiro de volta ao campo. No entanto, a confiança na IA entrou em colapso espetacular no final dos anos 80, e os objetivos do Projeto de Computador da Quinta Geração nunca foram cumpridos. Em 20 anos, os pesquisadores de IA que previram a conquista iminente da AGI demonstraram estar fundamentalmente equivocados. Na década de 1990, os pesquisadores de IA ganharam a reputação de fazer promessas vãs. Eles ficaram relutantes em fazer previsões e evitar qualquer menção à inteligência artificial do "nível humano" por medo de serem rotulados como "sonhadores de olhos arregalados".

Pesquisa restrita de IA

Na década de 1990 e início do século XXI, a IA convencional alcançou muito mais sucesso comercial e respeitabilidade acadêmica, concentrando-se em subproblemas específicos, onde eles podem produzir resultados verificáveis e aplicações comerciais, como redes neurais artificiais, visão computacional ou mineração de dados. Os sistemas de IA aplicada "são agora amplamente utilizados em toda a indústria de tecnologia, e as pesquisas nesse sentido são fortemente financiadas na academia e na indústria. Atualmente, o desenvolvimento neste campo é considerado uma tendência emergente, e espera-se que um estágio maduro ocorra em mais de 10 anos.

A maioria dos principais pesquisadores de IA espera que uma IA forte possa ser desenvolvida combinando os programas que resolvem vários subproblemas usando uma arquitetura de agente integrada, arquitetura cognitiva ou arquitetura de subsunção. Hans Moravec escreveu em 1988:

"Estou confiante de que essa rota de baixo para cima para a inteligência artificial encontrará um dia a rota tradicional de cima para baixo mais da metade, pronta para fornecer a competência do mundo real e o conhecimento do senso comum que tem sido tão frustrantemente esquivo nos programas de raciocínio. Máquinas totalmente inteligentes resultará quando o pico de ouro metafórico for acionado, unindo os dois esforços ".

No entanto, mesmo essa filosofia fundamental foi contestada; por exemplo, Stevan Harnad, de Princeton, concluiu seu artigo de 1990 sobre a hipótese de aterramento de símbolos, afirmando:

"A expectativa é muitas vezes manifestada de que a abordagem" de cima para baixo "(simbólica) para modelar a cognição de alguma forma encontrará abordagens" de baixo para cima "(sensoriais) em algum lugar. Se as considerações básicas deste documento são válidas, essa expectativa é

irremediavelmente modular e existe realmente apenas uma rota viável do sentido para os símbolos: desde o início: um nível simbólico flutuante, como o nível de software de um computador, nunca será alcançado por essa rota (ou vice-versa) - nem está claro por que devemos tente alcançar tal nível, pois parece que chegar lá significaria apenas arrancar nossos símbolos de seus significados intrínsecos (desse modo, apenas nos reduzindo ao equivalente funcional de um computador programável) ".

Pesquisa moderna de inteligência geral artificial

A inteligência geral artificial (AGI) descreve pesquisas que visam criar máquinas capazes de ação inteligente geral. O termo foi usado desde 1997, por Mark Gubrudin, uma discussão das implicações da produção e operações militares totalmente automatizadas. O termo foi reintroduzido e popularizado por Shanhane Legg e Ben Goertzel por volta de 2002. O objetivo da pesquisa é muito mais antigo, por exemplo, o projeto Cyc de Doug Lenat (que começou em 1984), e o projeto Soar de Allen Newell é considerado dentro do escopo da AGI. A atividade de pesquisa da AGI em 2006 foi descrita por Pei Wang e Ben Goertzelas "produzindo publicações e resultados preliminares". A primeira escola de verão da AGI foi organizada em Xiamen, China, em 2009, pelo Artificial Brain Laboratory da Universidade de Xiamen e pelo OpenCog. O primeiro curso universitário foi realizado em 2010 e 2011 na Universidade Plovdiv, na Bulgária, por Todor Arnaudov. O MIT apresentou um curso na AGI em 2018, organizado por Lex Fridman e apresentando vários palestrantes convidados. No entanto, até agora, a maioria dos pesquisadores de IA dedicou pouca atenção à AGI, com alguns alegando que a inteligência é muito complexa para ser completamente replicada no curto prazo. No entanto, um pequeno número de cientistas da computação é ativo na pesquisa da AGI, e muitos desse grupo estão contribuindo para uma série de conferências da AGI. A pesquisa é extremamente diversa e muitas vezes pioneira na natureza. Na introdução de seu livro, Goertzel diz que as estimativas do tempo necessário para a construção de uma AGI verdadeiramente flexível variam de 10 anos a mais de um século, mas o consenso na comunidade de pesquisa da AGI parece ser o cronograma discutido por Ray Kurzweil em *The Singularity é Próximo* (ou seja, entre 2015 e 2045) é plausível.

No entanto, a maioria dos principais pesquisadores de IA duvida que o progresso seja tão rápido. As organizações que buscam explicitamente a AGI incluem o laboratório suíço de IA IDSIA, Nnaisense, Vicarious, Maluuba, a OpenCog Foundation, Adaptive AI, LIDA e Numenta e o associado Redwood Neuroscience Institute. Além disso, organizações como o Machine Intelligence Research Institute e o OpenAI foram fundadas para influenciar o caminho de desenvolvimento da AGI. Finalmente, projetos como o Projeto Cérebro Humano têm o objetivo de construir uma simulação funcional do cérebro humano. Uma pesquisa da AGI em 2017 categorizou quarenta e cinco "projetos ativos de P&D" conhecidos que explícita ou implicitamente (por meio de pesquisa publicada) pesquisam a AGI, com os três maiores sendo DeepMind, Human Brain Project e OpenAI (com base no artigo).

Em 2019, o programador de videogame e engenheiro aeroespacial John Carmack anunciou planos de pesquisar a AGI.

Ou seja, o DeepMind, com seu sucesso na Human Player Simulation, por exemplo, o AlphaGo fez uso de novos conceitos:

Aprendizado por reforço para melhorar redes já treinadas com novos dados ou

Aprendizado não supervisionado, por exemplo, pela rede adversária generativa para obter redes aprimoradas pela concorrência.

Poder de processamento necessário para simular um cérebro

Emulação do cérebro inteiro

Uma abordagem popular discutida para alcançar uma ação inteligente geral é a emulação do cérebro inteiro. Um modelo cerebral de baixo nível é construído pela varredura e mapeamento detalhado de um cérebro biológico e pela cópia de seu estado em um sistema de computador ou outro dispositivo computacional. O computador executa um modelo de simulação tão fiel ao original que se comporta essencialmente da mesma maneira que o cérebro original ou, para todos os efeitos práticos, de maneira indistinguível. A emulação do cérebro inteiro é discutida em neurociência computacional e neuroinformática, no contexto da simulação cerebral para fins de pesquisa médica. É discutido na pesquisa de inteligência artificial como uma abordagem para IA forte. As tecnologias de neuroimagem que podem fornecer o entendimento detalhado necessário estão melhorando rapidamente, e o futurista Ray Kurzweil, no livro *The Singularity Is Near*, prevê que um mapa de qualidade suficiente estará disponível em uma escala de tempo semelhante à capacidade computacional necessária.

Estimativas antecipadas

Para simulação cerebral de baixo nível, seria necessário um computador extremamente poderoso. O cérebro humano tem um grande número de sinapses. Cada um dos 10 (cem bilhões) de neurônios possui, em média, 7.000 conexões sinápticas com outros neurônios. Estima-se que o cérebro de uma criança de três anos tenha cerca de 10 sinapses (1 quadrilhão). Esse número diminui com a idade, estabilizando na idade adulta. As estimativas variam para um adulto, variando de 10 a 5×10 sinapses (100 a 500 trilhões). Uma estimativa do poder de processamento do cérebro, com base em um modelo simples de troca de atividade neuronal, é de cerca de 10 (100 trilhões) de atualizações sinápticas por segundo (SUPS). Em 1997, Kurzweil analisou várias estimativas para o hardware necessário para igualar o cérebro humano e adotou uma cifra de 10 cálculos por segundo (cps). (Para comparação, se um "cálculo" fosse equivalente a uma "operação de ponto flutuante" - uma medida usada para classificar os supercomputadores atuais -, 10 "cálculos" seriam equivalentes a 10 petaFLOPS, alcançados em 2011). Ele usou esta figura para prever o hardware necessário

estaria disponível em algum momento entre 2015 e 2025, se o crescimento exponencial da energia do computador no momento da escrita continuasse.

Modelando os neurônios com mais detalhes

O modelo de neurônio artificial assumido por Kurzweil e usado em muitas implementações atuais de redes neurais artificiais é simples comparado aos neurônios biológicos. Uma simulação do cérebro provavelmente teria que capturar o comportamento celular detalhado dos neurônios biológicos, atualmente entendido apenas nos contornos mais amplos. A sobrecarga introduzida pela modelagem completa dos detalhes biológicos, químicos e físicos do comportamento neural (especialmente em escala molecular) exigiria poderes computacionais várias ordens de magnitude maiores que a estimativa de Kurzweil. Além disso, as estimativas não levam em conta células da glia, que são pelo menos tão numerosas quanto os neurônios, e que podem ultrapassar os neurônios em até 10: 1, e agora são conhecidas por desempenhar um papel nos processos cognitivos.

Pesquisa atual

Existem alguns projetos de pesquisa que estão investigando a simulação do cérebro usando modelos neurais mais sofisticados, implementados em arquiteturas de computação convencionais. O projeto do Sistema de Inteligência Artificial implementou simulações em tempo não real de um "cérebro" (com 10 neurônios) em 2005. Demorou 50 dias em um cluster de 27 processadores para simular 1 segundo de um modelo. O projeto Blue Brain utilizou uma das arquiteturas de supercomputadores mais rápidas do mundo, a plataforma Blue Gene da IBM, para criar uma simulação em tempo real de uma coluna neocortical de rato único composta por aproximadamente 10.000 neurônios e 10 sinapses em 2006. para construir uma simulação funcional detalhada dos processos fisiológicos no cérebro humano: "Não é impossível construir um cérebro humano e podemos fazê-lo em 10 anos", disse Henry Markram, diretor

do Blue Brain Project em 2009 no TED. conferência em Oxford. Também houve alegações controversas de simular um cérebro de gato. Interfaces de neuro-silício foram propostas como uma estratégia de implementação alternativa que pode ser melhor dimensionada.

Hans Morav abordou os argumentos acima (os cérebros são mais complicados ", " os neurônios precisam ser modelados com mais detalhes) em seu artigo de 1997 "Quando o hardware do computador corresponderá ao cérebro humano?". Ele mediu a capacidade do software existente de simular a funcionalidade de tecido neural, especificamente a retina. Seus resultados não dependem do número de células da glia, nem de quais tipos de neurônios de processamento atuam onde.

A complexidade real da modelagem de neurônios biológicos foi explorada no projeto OpenWorm, cujo objetivo era a simulação completa de um worm que possui apenas 302 neurônios em sua rede neural (entre cerca de 1.000 células no total). A rede neural do animal foi bem documentada antes do início do projeto. No entanto, embora a tarefa parecesse simples no começo, os modelos baseados em uma rede neural genérica não funcionavam. Atualmente, os esforços estão focados na emulação precisa de neurônios biológicos (em parte no nível molecular), mas o resultado ainda não pode ser chamado de sucesso total. Mesmo que o número de questões a serem resolvidas em um modelo em escala humano-cérebro não seja proporcional ao número de neurônios, a quantidade de trabalho nesse caminho é óbvia.

Críticas às abordagens baseadas em simulação

Uma crítica fundamental da abordagem do cérebro simulado deriva da cognição incorporada, na qual a incorporação humana é tomada como um aspecto essencial da inteligência humana. Muitos pesquisadores acreditam que a incorporação é necessária para fundamentar o significado. Se essa visão estiver correta, qualquer modelo cerebral totalmente funcional precisará abranger mais

do que apenas os neurônios (isto é, um corpo robótico). Goertzel propõe uma incorporação virtual (como o Second Life), mas ainda não se sabe se isso seria suficiente.

Os computadores de mesa que utilizam microprocessadores com capacidade superior a 10 cps (unidades não padrão da Kurzweil "cálculos por segundo", veja acima) estão disponíveis desde 2005. De acordo com as estimativas de energia cerebral usadas por Kurzweil (e Moravec), este computador deve ser capaz de suportando uma simulação de um cérebro de abelha, mas apesar de algum interesse, não existe tal simulação. Há pelo menos três razões para isso:

O modelo de neurônio parece estar simplificado demais (consulte a próxima seção).

Não há entendimento suficiente dos processos cognitivos superiores para estabelecer com precisão com o que a atividade neural do cérebro, observada usando técnicas como a ressonância magnética funcional, se correlaciona.

Mesmo que nossa compreensão da cognição avance suficientemente, os programas de simulação iniciais provavelmente serão muito ineficientes e, portanto, precisarão de consideravelmente mais hardware.

O cérebro de um organismo, embora crítico, pode não ser um limite apropriado para um modelo cognitivo. Para simular um cérebro de abelha, pode ser necessário simular o corpo e o ambiente. A tese do Extended Mind formaliza o conceito filosófico e a pesquisa em cefalópodes demonstrou exemplos claros de um sistema descentralizado.

Além disso, a escala do cérebro humano não está atualmente bem restrita. Uma estimativa coloca o cérebro humano em cerca de 100 bilhões de neurônios e 100 trilhões de sinapses. Outra estimativa é de 86 bilhões de neurônios, dos quais 16,3 bilhões estão no córtex cerebral e 69 bilhões no cerebelo. Atualmente, as sinapses das células da glia não são quantificadas, mas são conhecidas por serem extremamente numerosas.

Pesquisa em consciência artificial

Embora o papel da consciência na IA / AGI forte seja discutível, muitos pesquisadores da AGI consideram vital a pesquisa que investiga as possibilidades de implementar a consciência. Em um esforço inicial, Igor Aleksander argumentou que os princípios para criar uma máquina consciente já existiam, mas que levaria quarenta anos para treinar essa máquina para entender a linguagem.

Relação com "IA forte"

Em 1980, o filósofo John Searle cunhou o termo "IA forte" como parte de seu argumento na sala chinesa. Ele queria distinguir entre duas hipóteses diferentes sobre inteligência artificial:

Um sistema de inteligência artificial pode pensar e ter uma mente. (A palavra "mente" tem um significado específico para os filósofos, conforme usada no "problema do corpo da mente" ou "na filosofia da mente".)

Um sistema de inteligência artificial pode (apenas) agir como pensa e tem uma mente.

O primeiro é chamado de "hipótese forte da IA" e o segundo é "a hipótese fraca da IA" porque o primeiro faz a declaração forte: assume que algo especial aconteceu com a máquina que vai além de todas as suas habilidades que podemos testar. Searle se referiu à "hipótese forte da IA" como "IA forte". Esse uso também é comum em pesquisas acadêmicas e livros didáticos de IA.

A hipótese fraca da IA é equivalente à hipótese de que a inteligência geral artificial é possível. De acordo com Russell e Norvig, "a maioria dos pesquisadores de IA considera a hipótese de IA fraca como certa e não se importa com a forte hipótese de IA".

Em contraste com Searle, Kurzweil usa o termo "IA forte" para descrever qualquer sistema de inteligência artificial que aja como se tivesse uma mente, independentemente de um filósofo ser capaz de determinar se realmente tem uma mente ou não.

Possíveis explicações para o lento progresso da pesquisa em IA

Desde o lançamento da pesquisa de IA em 1956, o crescimento desse campo diminuiu ao longo do tempo e paralisou os objetivos de criar máquinas especializadas em ação inteligente no nível humano. Uma possível explicação para esse atraso é que os computadores não possuem um escopo suficiente de memória ou capacidade de processamento. Além disso, o nível de complexidade que se conecta ao processo de pesquisa de IA também pode limitar o progresso da pesquisa de IA.

Enquanto a maioria dos pesquisadores de IA acredita que uma IA forte pode ser alcançada no futuro, há indivíduos como Hubert Dreyfus e Roger Penrose que negam a possibilidade de alcançar uma IA forte. John McCarthy foi um dos vários cientistas da computação que acredita que a IA em nível humano será realizada, mas uma data não pode ser prevista com precisão.

As limitações conceituais são outra razão possível para a lentidão na pesquisa em IA. Os pesquisadores da IA podem precisar modificar a estrutura conceitual

de sua disciplina, a fim de fornecer uma base e uma contribuição mais fortes para a busca de uma IA mais forte. Como William Clocksin escreveu em 2003: "o quadro parte da observação de Weizenbaum de que a inteligência se manifesta apenas em relação a contextos sociais e culturais específicos".

Além disso, os pesquisadores de IA conseguiram criar computadores capazes de executar tarefas complicadas para as pessoas, mas, por outro lado, lutaram para desenvolver um computador capaz de realizar tarefas simples para os humanos (paradoxo de Moravec). Um problema descrito por David Gelernter é que algumas pessoas assumem que o pensamento e o raciocínio são equivalentes. No entanto, a ideia de se os pensamentos e o criador desses pensamentos são isolados individualmente intrigou os pesquisadores de IA.

Os problemas encontrados nas pesquisas de IA nas últimas décadas impediram ainda mais o progresso da IA. As previsões fracassadas prometidas pelos pesquisadores da IA e a falta de um entendimento completo dos comportamentos humanos ajudaram a diminuir a ideia principal da IA no nível humano. Embora o progresso da pesquisa em IA tenha trazido melhorias e decepções, a maioria dos pesquisadores estabeleceu otimismo sobre potencialmente alcançar o objetivo da IA no século XXI.

Outras possíveis razões foram propostas para a longa pesquisa sobre o progresso da IA forte. A complexidade dos problemas científicos e a necessidade de entender completamente o cérebro humano por meio da psicologia e da neurofisiologia limitaram muitos pesquisadores a emular a função do cérebro humano em um hardware de computador. Muitos pesquisadores tendem a subestimar qualquer dúvida que esteja envolvida com previsões futuras da IA, mas sem levar a sério esses problemas, as pessoas podem ignorar soluções para perguntas problemáticas.

Clocksin diz que uma limitação conceitual que pode impedir o progresso da pesquisa em IA é que as pessoas podem estar usando as técnicas erradas para

programas de computador e implementação de equipamentos. Quando os pesquisadores de IA começaram a apontar para o objetivo da inteligência artificial, um interesse principal era o raciocínio humano. Os pesquisadores esperavam estabelecer modelos computacionais do conhecimento humano por meio do raciocínio e descobrir como projetar um computador com uma tarefa cognitiva específica.

A prática da abstração, que as pessoas tendem a redefinir ao trabalhar com um contexto específico em pesquisa, fornece aos pesquisadores uma concentração em apenas alguns conceitos. O uso mais produtivo da abstração na pesquisa de IA vem do planejamento e da solução de problemas. Embora o objetivo seja aumentar a velocidade de uma computação, o papel da abstração colocou questões sobre o envolvimento dos operadores de abstração.

Uma possível razão para a lentidão na IA está relacionada ao reconhecimento por muitos pesquisadores de que a heurística é uma seção que contém uma violação significativa entre o desempenho do computador e o desempenho humano. As funções específicas programadas em um computador podem ser capazes de responder a muitos dos requisitos que permitem combinar inteligência humana. Essas explicações não são necessariamente garantidas como as causas fundamentais do atraso na obtenção de IA forte, mas são amplamente aceitas por vários pesquisadores.

Existem muitos pesquisadores em IA que debatem sobre a ideia de que as máquinas devem ser criadas com emoções. Não há emoções nos modelos típicos da IA e alguns pesquisadores dizem que programar emoções nas máquinas lhes permite ter uma mente própria. A emoção resume as experiências dos seres humanos porque lhes permite lembrar dessas experiências. David Gelernter escreve: "Nenhum computador será criativo a menos que possa simular todas as nuances da emoção humana." Essa preocupação com a emoção colocou problemas para os pesquisadores de IA e se conecta ao conceito de IA forte à medida que sua pesquisa avança no futuro.

Consciência

Existem outros aspectos da mente humana além da inteligência que são relevantes para o conceito de IA forte, que desempenham um papel importante na ficção científica e na ética da inteligência artificial:

Consciência: Ter experiência e pensamento subjetivos.

Autoconsciência: Estar ciente de si mesmo como um indivíduo separado, especialmente estar ciente dos próprios pensamentos.

Senciência: a capacidade de "sentir" percepções ou emoções subjetivamente.

Sapiência: a capacidade de sabedoria.

Esses traços têm uma dimensão moral, porque uma máquina com essa forma de IA forte pode ter direitos legais, análogos aos direitos de animais não humanos. Além disso, Bill Joy, entre outros, argumenta que uma máquina com essas características pode ser uma ameaça à vida ou à dignidade humana. Resta mostrar se alguma dessas características é necessária para uma IA forte. O papel da consciência não é claro e, atualmente, não há um teste acordado para sua presença. Se uma máquina fosse construída com um dispositivo que simulasse os correlatos neurais da consciência, ela teria automaticamente autoconsciência? Também é possível que algumas dessas propriedades, como a sentiência, surjam naturalmente de uma máquina totalmente inteligente ou que se torne natural atribuir essas propriedades a máquinas quando elas começarem a agir de uma maneira claramente inteligente. Por exemplo, ação inteligente pode ser suficiente para sentiência, e não o contrário.

Na ficção científica, a AGI está associada a características como consciência, sentiência, sapiência e autoconsciência observadas nos seres vivos. No entanto, segundo o filósofo John Searle, é uma questão em aberto se a inteligência geral é

suficiente para a consciência. A "IA forte" (como definida acima por Ray Kurzweil) não deve ser confundida com a "hipótese de IA forte" de Searle. A hipótese de IA forte é a afirmação de que um computador que se comporta de maneira tão inteligente quanto uma pessoa também deve necessariamente ter mente e consciência. AGI refere-se apenas à quantidade de inteligência que a máquina exhibe, com ou sem uma mente.

Controvérsias e perigos

Viabilidade

As opiniões variam tanto quanto e quando a inteligência geral artificial chegará. Em um extremo, o pioneiro da IA Herbert A. Simon escreveu em 1965: "as máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer". No entanto, essa previsão falhou em se tornar realidade. O co-fundador da Microsoft, Paul Allen, acreditava que tal inteligência é improvável no século 21, porque exigiria "descobertas imprevisíveis e fundamentalmente imprevisíveis" e "uma compreensão cientificamente profunda da cognição". Escrevendo no *The Guardian*, o roboticista Alan Winfield afirmou que o abismo entre a computação moderna e a inteligência artificial em nível humano é tão amplo quanto o abismo entre o voo espacial atual e os voos espaciais práticos, mais rápidos que a luz. minguar e pode ter visto um ressurgimento nos anos 2010. Quatro pesquisas realizadas em 2012 e 2013 sugeriram que o palpite mediano entre os especialistas sobre quando eles teriam 50% de certeza de que a AGI chegaria era de 2040 a 2050, dependendo da pesquisa, com média de 2081. Também é interessante observar 16,5% dos os especialistas responderam com "nunca" quando fizeram a mesma pergunta, mas com uma confiança de 90%. Outras considerações sobre o progresso da AGI atual podem ser encontradas abaixo de Testes para confirmar a AGI de nível humano e os testes de QI da AGI.

Ameaça potencial à existência humana

A criação da inteligência geral artificial pode ter repercussões tão grandes e complexas que talvez não seja possível prever o que virá depois. Assim, o evento no futuro hipotético de alcançar IA forte é chamado de singularidade tecnológica, porque teoricamente não se pode ver além dele. Mas isso não impediu os filósofos e pesquisadores de adivinhar o que os computadores ou robôs inteligentes do futuro podem fazer, incluindo formar uma utopia por serem nossos amigos ou nos oprimir em uma aquisição da IA. A última potencialidade é particularmente perturbadora, pois representa um risco existencial para a humanidade.

Máquinas auto-replicas

Computadores ou robôs inteligentes seriam capazes de projetar e produzir versões aprimoradas de si mesmos. Uma crescente população de robôs inteligentes poderia competir com seres humanos inferiores nos mercados de trabalho, nos negócios, na ciência, na política (buscando os direitos dos robôs) e tecnologicamente, sociologicamente (agindo como um) e militarmente. Até hoje, muitos trabalhos já foram realizados por máquinas pseudo-inteligentes movidas por uma IA fraca. Por exemplo, robôs para residências, serviços de saúde, hotéis e restaurantes automatizaram muitas partes de nossas vidas: os robôs virtuais transformam o atendimento ao cliente em auto- serviço, aplicativos de IA de big data são usados para substituir os gerentes de portfólio e robôs sociais como o Pepper são usados para substituir os recepcionistas humanos para fins de atendimento ao cliente.

Superinteligência emergente

Se a pesquisa em IA forte produzisse software suficientemente inteligente, seria

capaz de se reprogramar e melhorar - um recurso chamado "auto-aperfeiçoamento recursivo". Seria então ainda melhor se aperfeiçoar e provavelmente continuaria fazendo isso em um ciclo cada vez maior, levando a uma explosão de inteligência e o surgimento de superinteligência. Essa inteligência não teria as limitações do intelecto humano e poderia ser capaz de inventar ou descobrir quase tudo.

O software hiper-inteligente pode não necessariamente decidir apoiar a existência contínua da humanidade e pode ser extremamente difícil de parar. Este tópico também começou recentemente a ser discutido em publicações acadêmicas como uma fonte real de riscos para a civilização, os seres humanos e o planeta Terra.

Uma proposta para lidar com isso é garantir que a primeira IA geralmente inteligente seja uma AI amigável, que se esforçaria para garantir que as AIs desenvolvidas posteriormente fossem muito boas para nós. Mas a IA amigável é mais difícil de criar do que a simples AGI e, portanto, é provável, em uma corrida entre as duas, que a IA não amigável seja desenvolvida primeiro. Além disso, não há garantia de que a IA amigável permaneça amigável ou que sua descendência também seja boa.

História da inteligência artificial

Nas décadas de 1940 e 50, um punhado de cientistas de diversas áreas (matemática, psicologia, engenharia, economia e ciência política) começou a discutir a possibilidade de criar um cérebro artificial. O campo da pesquisa em inteligência artificial foi fundado como uma disciplina acadêmica em 1956.

Cibernética e redes neurais primitivas

A pesquisa mais antiga sobre máquinas pensantes foi inspirada por uma confluência de idéias que se tornou predominante no final da década de 1930, na década de 1940 e no início da década de 1950. Pesquisas recentes em neurologia mostraram que o cérebro era uma rede elétrica de neurônios que disparava em pulsos do tipo tudo ou nada. A cibernética de Norbert Wiener descreveu controle e estabilidade em redes elétricas. A teoria da informação de Claude Shannon descreveu sinais digitais (isto é, sinais de tudo ou nada). A teoria dos cálculos de Alan Turing mostrou que qualquer forma de cálculo poderia ser descrita digitalmente. A estreita relação entre essas idéias sugeria que seria possível construir um cérebro eletrônico.

Exemplos de trabalhos nesse sentido incluem robôs como as tartarugas de W. Gray Walter e a Besta Johns Hopkins. Essas máquinas não usavam computadores, eletrônica digital ou raciocínio simbólico; eles eram controlados inteiramente por circuitos analógicos.

Walter Pitts e Warren McCulloch analisaram redes de neurônios artificiais idealizados e mostraram como eles podem desempenhar funções lógicas simples.

Eles foram os primeiros a descrever o que os pesquisadores posteriores chamariam de rede neural. Um dos alunos inspirados por Pitts e McCulloch era um jovem Marvin Minsky, então um estudante de 24 anos. Em 1951 (com Dean Edmonds), ele construiu a primeira máquina de rede neural, a SNARC. Minsky, para se tornar um dos líderes e inovadores mais importantes da IA nos próximos 50 anos.

Teste de Turing

Em 1950, Alan Turing publicou um artigo de referência no qual especulava sobre a possibilidade de criar máquinas que pensam. Ele observou que "pensar" é difícil de definir e criou seu famoso Teste de Turing. Se uma máquina pudesse manter uma conversa (através de um teleprinter) indistinguível de uma conversa com um ser humano, seria razoável dizer que a máquina estava "pensando". Essa versão simplificada do problema permitiu a Turing argumentar de maneira convincente que uma "máquina pensante" era pelo menos plausível e o artigo respondeu a todas as objeções mais comuns à proposição. O Teste de Turing foi a primeira proposta séria na filosofia da inteligência artificial.

Game AI

Em 1951, usando a máquina Ferranti Mark 1 da Universidade de Manchester, Christopher Strachey escreveu um programa de damas e Dietrich Prinz escreveu um para o xadrez. O programa de verificadores de Arthur Samuel, desenvolvido no meio dos anos 50 e início dos 60, acabou adquirindo habilidade suficiente para desafiar um amador respeitável. A IA do jogo continuaria sendo usada como uma medida do progresso da IA ao longo de sua história.

O raciocínio simbólico e o teórico da lógica

Quando o acesso aos computadores digitais se tornou possível em meados dos anos cinquenta, alguns cientistas reconheceram instintivamente que uma máquina que poderia manipular números também poderia manipular símbolos e que a manipulação de símbolos poderia muito bem ser a essência do pensamento humano. Essa foi uma nova abordagem para criar máquinas pensantes.

Em 1955, Allen Newell e (futuro ganhador do Nobel) Herbert A. Simon criaram o "Teórico da Lógica" (com a ajuda de JC Shaw). O programa acabaria provando 38 dos primeiros 52 teoremas de Principia Mathematica de Russell e Whitehead e encontraria provas novas e mais elegantes para alguns. Simon disse que eles "resolveram o venerável problema de mente / corpo, explicando como um sistema composto de matéria pode ter as propriedades da mente." (Esta foi uma afirmação inicial da posição filosófica que John Searle chamaria mais tarde de "IA forte": que as máquinas podem conter mentes da mesma forma que os corpos humanos).

Conferência de Dartmouth em 1956: o nascimento da IA

A Conferência de Dartmouth de 1956 foi organizada por Marvin Minsky, John McCarthy e dois cientistas seniores: Claude Shannon e Nathan Rochester, da IBM. A proposta para a conferência incluía esta afirmação: "todos os aspectos da aprendizagem ou qualquer outra característica da inteligência podem ser descritos com tanta precisão, que uma máquina pode ser fabricada para simulá-la". Os participantes incluíram Ray Solomonoff, Oliver Selfridge, Trenchard More, Arthur Samuel, Allen Newell e Herbert A. Simon, todos os quais criariam programas importantes durante as primeiras décadas de pesquisa em IA. a conferência Newell e Simon estreou o "Logic Theorist" e McCarthy convenceu os participantes a aceitar "Artificial Intelligence" como o nome do campo. A conferência de Dartmouth de 1956 foi o momento em que a IA ganhou seu nome, sua missão, seu primeiro sucesso e seu sucesso. grandes players e é amplamente considerado o nascimento da IA. O termo "Inteligência Artificial" foi escolhido por McCarthy para evitar associações com a cibernética e conexões

com o influente ciberneticista Norbert Wiener.

Os anos dourados de 1956 a 1974

Os anos após a conferência de Dartmouth foram uma era de descobertas, de corridas novas. Os programas que foram desenvolvidos durante esse período foram, para a maioria das pessoas, simplesmente "surpreendentes": os computadores estavam resolvendo problemas de álgebra, provando teoremas em geometria e aprendendo a falar inglês. Poucos na época acreditariam que esse comportamento "inteligente" das máquinas fosse possível. Os pesquisadores expressaram um intenso otimismo em termos privados e impressos, prevendo que uma máquina totalmente inteligente seria construída em menos de 20 anos. Agências governamentais como a DARPA investiram dinheiro no novo campo.

O trabalho

Havia muitos programas de sucesso e novas direções no final dos anos 50 e 1960. Entre os mais influentes foram:

Raciocínio como pesquisa

Muitos programas iniciais de IA usavam o mesmo algoritmo básico. Para alcançar algum objetivo (como vencer um jogo ou provar um teorema), eles avançavam passo a passo em direção a ele (fazendo um movimento ou uma dedução) como se estivessem procurando por um labirinto, voltando sempre que necessário. eles chegaram a um beco sem saída. Esse paradigma foi chamado de "raciocínio como busca".

A principal dificuldade era que, para muitos problemas, o número de caminhos possíveis através do "labirinto" era simplesmente astronômico (uma situação conhecida como "explosão combinatória"). Os pesquisadores reduziram o espaço de pesquisa usando heurísticas ou "regras práticas" que eliminaria os caminhos que dificilmente levariam a uma solução.

Newell e Simon tentaram capturar uma versão geral desse algoritmo em um programa chamado "General Problem Solver". Outros programas de "pesquisa" foram capazes de realizar tarefas impressionantes, como resolver problemas de geometria e álgebra, como o Geometry Theorem Prover (1958), de Herbert Gelernter, e SAINT, escrito pelo estudante de Minsky, James Slagle (1961). Outros programas procuraram por metas e subobjetivos para planejar ações, como o sistema STRIPS, desenvolvido em Stanford, para controlar o comportamento do robô Shakey.

Linguagem natural

Um objetivo importante da pesquisa em IA é permitir que os computadores se comuniquem em idiomas naturais como o inglês. Um sucesso inicial foi o programa STUDENT de Daniel Bobrow, que poderia resolver problemas de palavras de álgebra no ensino médio.

Uma rede semântica representa conceitos (por exemplo, "casa", "porta) como nós e relações entre conceitos (por exemplo, "tem-a) como links entre os nós. O primeiro programa de IA para usar uma rede semântica foi escrito por Ross Quillian e a versão mais bem-sucedida (e controversa) foi a teoria da dependência conceitual de Roger Schank.

O ELIZ de Joseph Weizenbaum poderia realizar conversas tão realistas que, ocasionalmente, os usuários eram enganados ao pensar que estavam se comunicando com um ser humano e não com um programa. Mas, de fato, ELIZA não fazia ideia do que estava falando. Ela simplesmente deu uma resposta enlatada ou repetiu o que lhe foi dito, reformulando sua resposta com algumas regras gramaticais. ELIZA foi o primeiro tagarela.

Micro-mundos

No final dos anos 60, Marvin Minsky e Seymour Papert, do Laboratório MITAI, propuseram que a pesquisa em IA deveria se concentrar em situações artificialmente simples, conhecidas como micro-mundos. Eles apontaram que em ciências bem-sucedidas como a física, os princípios básicos costumavam ser melhor compreendidos usando modelos simplificados, como planos sem atrito ou corpos perfeitamente rígidos. Grande parte da pesquisa se concentrou em um "mundo de blocos", que consiste em blocos coloridos de várias formas e tamanhos dispostos em uma superfície plana.

Esse paradigma levou ao trabalho inovador em visão de máquina de Gerald Sussman (que liderou a equipe), Adolfo Guzman, David Waltz (que inventou a "propagação de restrições") e, principalmente, Patrick Winston. Ao mesmo tempo, Minsky e Papert construíram um braço de robô que poderia empilhar blocos, trazendo os blocos para o mundo inteiro. A principal conquista do programa de micro-mundo foi o SHRDLU de Terry Winograd, capaz de se comunicar em frases comuns em inglês, planejar operações e executá-las.

O otimismo

A primeira geração de pesquisadores de IA fez essas previsões sobre seu trabalho:

1958, HA Simon e Allen Newell: "dentro de dez anos um computador digital será o campeão mundial de xadrez" e "dentro de dez anos um computador digital descobrirá e provará um novo teorema matemático importante".

1965, HA Simon: "as máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer".

1967, Marvin Minsky: "Dentro de uma geração... o problema de criar 'inteligência artificial' será substancialmente resolvido".

1970, Marvin Minsky (na revista Life): "Dentro de três a oito anos, teremos uma máquina com a inteligência geral de um ser humano comum".

O dinheiro

Em junho de 1963, o MIT recebeu uma doação de US \$ 2,2 milhões da recém-criada Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (mais tarde conhecida como DARPA). O dinheiro foi usado para financiar o projeto MAC, que integrava o "AI Group", fundado por Minsky e McCarthy, cinco anos antes. A DARPA continuou a fornecer três milhões de dólares por ano até os anos 70. A DARPA fez concessões semelhantes ao programa de Newell e Simon na CMU e ao Stanford AI Project (fundado por John McCarthy em 1963). Outro importante laboratório de IA foi estabelecido na Universidade de Edimburgo por Donald Michie em 1965. Essas quatro instituições continuariam sendo os principais centros de pesquisa (e financiamento) de IA na academia por muitos anos.

O dinheiro foi oferecido com poucas restrições: JCR Licklider, então diretor da ARPA, acreditava que sua organização deveria "financiar pessoas, não projetos!" e permitiu que os pesquisadores seguissem as direções que lhes interessassem. Isso criou uma atmosfera de roda livre no MIT que deu origem à cultura hacker, mas essa abordagem de "mãos à obra" não duraria.

Robótica

No Japão, a Universidade de Waseda iniciou o projeto WABOT em 1967 e, em 1972, concluiu o WABOT-1, o primeiro robô humanóide inteligente em escala mundial, ou andróide. Seu sistema de controle de membros lhe permitiu caminhar com os membros inferiores e agarrar e transportar objetos com as mãos, usando sensores táteis. Seu sistema de visão permitiu medir distâncias e direções para objetos usando receptores externos, olhos e ouvidos artificiais. E seu sistema de conversação permitiu que ele se comunicasse com uma pessoa em japonês, com uma boca artificial.

O primeiro inverno da IA de 1974 a 1980

Na década de 1970, a IA estava sujeita a críticas e contratempos financeiros. Os pesquisadores de IA não conseguiram apreciar a dificuldade dos problemas que enfrentavam. Seu tremendo otimismo elevou as expectativas impossivelmente altas e, quando os resultados prometidos não se concretizaram, o financiamento para a IA desapareceu. Ao mesmo tempo, o campo do conexionismo (ou redes neurais) foi fechado quase completamente por 10 anos pelas críticas devastadoras de Marvin Minsky aos perceptrons. Apesar das dificuldades com a percepção pública da IA no final dos anos 70, novas idéias foram exploradas na programação lógica, raciocínio de senso comum e muitas outras áreas.

Os problemas

No início dos anos setenta, as capacidades dos programas de IA eram limitadas. Mesmo que o mais impressionante só pudesse lidar com versões triviais dos problemas que eles deveriam resolver; todos os programas eram, em certo

sentido, "brinquedos". Os pesquisadores da IA começaram a se deparar com vários limites fundamentais que não podiam ser superados na década de 1970. Embora alguns desses limites sejam conquistados em décadas posteriores, outros ainda impedem o campo até hoje.

Energia limitada do computador: não havia memória ou velocidade de processamento suficientes para realizar algo realmente útil. Por exemplo, o bem-sucedido trabalho de Ross Quillian sobre linguagem natural foi demonstrado com um vocabulário de apenas vinte palavras, porque isso era tudo o que caberia na memória. Hans Moravec argumentou em 1976 que os computadores ainda eram milhões de vezes fracos demais para exibir inteligência. Ele sugeriu uma analogia: a inteligência artificial requer energia do computador da mesma maneira que as aeronaves requerem potência. Abaixo de um certo limite, é impossível, mas, à medida que a energia aumenta, pode se tornar fácil. Com relação à visão computacional, Moravec estimou que simplesmente combinar os recursos de detecção de borda e movimento da retina humana em tempo real exigiria um computador de uso geral capaz de 10 operações / segundo (1000 MIPS). A partir de 2011, os aplicativos práticos de visão computacional requerem de 10.000 a 1.000.000 de MIPS. Em comparação, o supercomputador mais rápido em 1976, o Cray-1 (vendido entre US \$ 5 milhões e US \$ 8 milhões), só era capaz de cerca de 80 a 130 MIPS, e um computador desktop típico na época atingiu menos de 1 MIPS.

Intratabilidade e a explosão combinatória. Em 1972, Richard Karp (baseado no teorema de Stephen Cook de 1971) mostrou que existem muitos problemas que provavelmente só podem ser resolvidos em tempo exponencial (no tamanho das entradas). Encontrar soluções ideais para esses problemas requer quantidades inimagináveis de tempo no computador, exceto quando os problemas são triviais. Isso quase certamente significava que muitas das soluções "de brinquedo" usadas pela IA provavelmente nunca seriam ampliadas para sistemas úteis.

Conhecimento e raciocínio Commonsense. Muitas aplicações importantes de inteligência artificial, como a visão ou a linguagem natural, requerem apenas enormes quantidades de informações sobre o mundo: o programa precisa ter uma idéia do que pode estar olhando ou do que está falando. Isso requer que o programa conheça quase as mesmas coisas do mundo que uma criança. Os pesquisadores logo descobriram que essa era uma quantidade realmente vasta de

informações. Ninguém em 1970 conseguiu construir um banco de dados tão grande e ninguém sabia como um programa poderia aprender tanta informação.

Paradoxo de Moravec: provar teoremas e resolver problemas de geometria é relativamente fácil para computadores, mas uma tarefa supostamente simples como reconhecer um rosto ou atravessar uma sala sem esbarrar em algo é extremamente difícil. Isso ajuda a explicar por que a pesquisa em visão e robótica fez tão pouco progresso em meados da década de 1970.

Os problemas de estrutura e qualificação. Pesquisadores de IA (como John McCarthy), que usaram a lógica, descobriram que não podiam representar deduções comuns que envolviam planejamento ou raciocínio padrão sem fazer alterações na estrutura da própria lógica. Eles desenvolveram novas lógicas (como lógicas não monotônicas e lógicas modais) para tentar resolver os problemas.

O fim do financiamento

As agências que financiaram a pesquisa de IA (como o governo britânico, DARPA e NRC) ficaram frustradas com a falta de progresso e, eventualmente, cortaram quase todo o financiamento para pesquisas não direcionadas sobre IA. O padrão começou em 1966, quando o relatório da ALPAC apareceu criticando os esforços de tradução automática. Depois de gastar 20 milhões de dólares, o NRC encerrou todo o apoio. Em 1973, o relatório Lighthill no estado da pesquisa em IA na Inglaterra criticou o fracasso total da IA em atingir seus "objetivos grandiosos" e levou ao desmantelamento da pesquisa em IA naquele país. (O relatório mencionou especificamente o problema de explosão combinatória como uma razão das falhas da IA.) A DARPA ficou profundamente decepcionada com os pesquisadores que trabalhavam no programa Speech Research Compreensão da CMU e cancelou uma concessão anual de três milhões de dólares. Era difícil encontrar financiamento para projetos de IA.

Hans Moravec culpou a crise pelas previsões irreais de seus colegas. "Muitos pesquisadores foram apanhados em uma rede de crescente exagero." No entanto,

havia outra questão: desde a aprovação da Emenda Mansfield em 1969, a DARPA estava sob crescente pressão para financiar "pesquisas diretas orientadas para missões, em vez de pesquisas básicas não direcionadas. " O financiamento para a exploração criativa e de roda livre ocorrida nos anos 60 não seria financiado pela DARPA. Em vez disso, o dinheiro era direcionado a projetos específicos com objetivos claros, como tanques autônomos e sistemas de gerenciamento de batalhas.

Críticas de todo o campus

Vários filósofos tinham fortes objeções às alegações feitas pelos pesquisadores da IA. Um dos primeiros foi John Lucas, que argumentou que o teorema da incompletude de Gödel mostrava que um sistema formal (como um programa de computador) nunca podia ver a verdade de certas afirmações, enquanto um ser humano podia. Hubert Dreyfus ridicularizou as promessas quebradas da década de 1960 e criticou as suposições da IA, argumentando que o raciocínio humano realmente envolvia muito pouco "processamento de símbolos" e uma grande quantidade de "saber fazer" corporificado, instintivo e inconsciente. O Roomargument chinês de John Searle, apresentado em 1980, tentou mostrar que não se poderia dizer que um programa "entendesse" os símbolos que ele usa (uma qualidade chamada "intencionalidade"). Se os símbolos não têm significado para a máquina, Searle argumentou: então a máquina não pode ser descrita como "pensamento".

Essas críticas não foram levadas a sério pelos pesquisadores da IA, muitas vezes porque pareciam muito distantes. Problemas como intratabilidade e conhecimento do senso comum pareciam muito mais imediatos e sérios. Não ficou claro qual a diferença "saber como" ou "intencionalidade" feita em um programa de computador real. Minsky disse sobre Dreyfus e Searle "eles entendem mal e devem ser ignorados". Dreyfus, que lecionou no MIT, recebeu um ombro frio: mais tarde disse que os pesquisadores de IA "não ousavam ser vistos almoçando comigo". Joseph Weizenbaum, autor de ELIZA, considerou o tratamento de Dreyfus de seus colegas não profissional e infantil. Embora ele

fosse um crítico franco das posições de Dreyfus, ele "deliberadamente deixou claro que a deles não era a maneira de tratar um ser humano".

Weizenbaum começou a ter sérias dúvidas éticas sobre IA quando Kenneth Colby escreveu um "programa de computador que pode conduzir o diálogo psicoterapêutico" baseado em ELIZA. Weizenbaum ficou perturbado por Colby ver um programa irracional como uma ferramenta terapêutica séria. Começou uma briga e a situação não foi ajudada quando Colby não deu crédito a Weizenbaum por sua contribuição ao programa. Em 1976, Weizenbaum publicou *Computer Power and Human Reason*, que argumentava que o uso indevido da inteligência artificial tem o potencial de desvalorizar a vida humana.

Perceptrons e a idade das trevas do connexionismo

Um perceptron era uma forma de rede neural introduzida em 1958 por Frank Rosenblatt, que era um colega de escola de Marvin Minsky na Bronx High School of Science. capaz de aprender, tomar decisões e traduzir idiomas ". Um programa de pesquisa ativo sobre o paradigma foi realizado ao longo da década de 1960, mas foi interrompido repentinamente com a publicação do livro *Perceptrons*, de Minsky e Papert, em 1969. Sugeriu que havia sérias limitações ao que os perceptrons podiam fazer e que as previsões de Frank Rosenblatt haviam sido grosseiramente exageradas. O efeito do livro foi devastador: praticamente nenhuma pesquisa foi feita em conexão por 10 anos. Eventualmente, uma nova geração de pesquisadores reviveria o campo e, posteriormente, se tornaria uma parte vital e útil da inteligência artificial. Rosenblatt não viveria para ver isso, pois morreu em um acidente de barco logo após a publicação do livro.

Os neats: raciocínio lógico e simbólico

A lógica foi introduzida na pesquisa em IA já em 1958, por John McCarthy, em sua proposta de Advice Taker. Em 1963, J. Alan Robinson havia descoberto um método simples para implementar deduções em computadores, resolução e algoritmo unificacional. No entanto, implementações diretas, como as tentadas por McCarthy e seus alunos no final da década de 1960, eram especialmente intratáveis: os programas exigiam números astronômicos de etapas para provar teoremas simples. Uma abordagem mais frutífera da lógica foi desenvolvida na década de 1970 por Robert Kowalski, na Universidade de Edimburgo, e logo isso levou à colaboração com os pesquisadores franceses Alain Colmerauer e Philippe Roussel, que criaram a bem sucedida linguagem de programação lógica Prolog. Prolog usa um subconjunto da lógica (Cláusulas de Horn, intimamente relacionadas a "regras" e "regras de produção) que permitem computação tratável. As regras continuariam a ser influentes, fornecendo uma base para os sistemas especialistas de Edward Feigenbaum e o trabalho contínuo de Allen Newell e Herbert A. Simon que levaria a Soar e suas teorias unificadas de cognição.

Os críticos da abordagem lógica observaram, como Dreyfus, que os seres humanos raramente usavam a lógica quando resolviam problemas. Experimentos de psicólogos como Peter Wason, Eleanor Rosch, Amos Tversky, Daniel Kahneman e outros forneceram provas. McCarthy respondeu que o que as pessoas fazem é irrelevante. Ele argumentou que o que realmente é necessário são máquinas que possam resolver problemas - não máquinas que pensam como as pessoas.

Os scruffies: frames e scripts

Entre os críticos da abordagem de McCarthy estavam seus colegas em todo o país no MIT. Marvin Minsky, Seymour Papert e Roger Schank estavam tentando resolver problemas como "compreensão de histórias" e "reconhecimento de objetos" que requeriam uma máquina para pensar como uma pessoa. Para usar conceitos comuns como "cadeira" ou "restaurante", eles tiveram que fazer as mesmas suposições ilógicas que as pessoas normalmente faziam. Infelizmente,

conceitos imprecisos como esses são difíceis de representar na lógica. Gerald Sussman observou que "o uso de linguagem precisa para descrever conceitos essencialmente imprecisos não os torna mais precisos". Schank descreveu suas abordagens "anti-lógicas" como "desalinhadas", em oposição aos paradigmas "puros" usados por McCarthy, Kowalski, Feigenbaum, Newell e Simon.

Em 1975, em um artigo seminal, Minsky observou que muitos de seus colegas pesquisadores "desalinhados" estavam usando o mesmo tipo de ferramenta: uma estrutura que captura todas as nossas suposições de bom senso sobre algo. Por exemplo, se usarmos o conceito de pássaro, há uma constelação de fatos que imediatamente vem à mente: podemos assumir que ele voa, come vermes e assim por diante. Sabemos que esses fatos nem sempre são verdadeiros e que deduções usando esses fatos não serão "lógicas", mas esses conjuntos estruturados de suposições fazem parte do contexto de tudo o que dizemos e pensamos. Ele chamou essas estruturas de "quadros". Schank usou uma versão dos quadros que ele chamou de "scripts" para responder com êxito a perguntas sobre contos em inglês. Muitos anos depois, a programação orientada a objetos adotaria a idéia essencial de "herança" da pesquisa de IA em quadros.

Crescimento 1980–1987

Na década de 1980, uma forma de programa de IA chamada "sistemas especialistas" foi adotada por empresas em todo o mundo e o conhecimento se tornou o foco das principais pesquisas em IA. Naqueles mesmos anos, o governo japonês financiou agressivamente a IA com seu projeto de computador de quinta geração. Outro evento encorajador no início dos anos 80 foi o renascimento do conexionismo na obra de John Hopfield e David Rumelhart. Mais uma vez, a IA alcançou sucesso.

A ascensão de sistemas especialistas

Um sistema especialista é um programa que responde a perguntas ou resolve problemas sobre um domínio específico do conhecimento, usando regras lógicas derivadas do conhecimento dos especialistas. Os primeiros exemplos foram desenvolvidos por Edward Feigenbaum e seus alunos. Dendral, iniciado em 1965, identificou compostos a partir das leituras do espectrômetro. O MYCIN, desenvolvido em 1972, diagnosticou doenças infecciosas no sangue. Eles demonstraram a viabilidade da abordagem.

Os sistemas especialistas restringiam-se a um pequeno domínio de conhecimento específico (evitando assim o problema do conhecimento do senso comum) e seu design simples tornava relativamente fácil a criação e a modificação de programas quando eram implementados. Em suma, os programas provaram ser úteis: algo que a IA não foi capaz de alcançar até esse ponto.

Em 1980, um sistema especialista chamado XCON foi concluído na CMU para a Digital Equipment Corporation. Foi um enorme sucesso: economizava 40 milhões de dólares anualmente para a empresa em 1986. As empresas em todo o mundo começaram a desenvolver e implantar sistemas especializados e, em 1985, estavam gastando mais de um bilhão de dólares em IA, a maioria delas em IA interna. departamentos. Um setor cresceu para apoiá-los, incluindo empresas de hardware como Symbolics e Lisp Machines e empresas de software como IntelliCorp e Aion.

A revolução do conhecimento

O poder dos sistemas especialistas veio do conhecimento especializado que eles continham. Eles faziam parte de uma nova direção na pesquisa de IA que vinha ganhando terreno ao longo dos anos 70. "Os pesquisadores de IA começaram a suspeitar - com relutância, por violar o cânon científico da parcimônia - que a inteligência poderia muito bem basear-se na capacidade de usar grandes

quantidades de conhecimentos diversos de maneiras diferentes", escreve Pamela McCorduck. a década de 1970 era que o comportamento inteligente dependia muito de lidar com o conhecimento, às vezes bastante detalhado, de um domínio em que uma determinada tarefa estava ". Os sistemas baseados no conhecimento e a engenharia do conhecimento se tornaram um dos principais focos da pesquisa em IA nos anos 80.

A década de 1980 também viu o nascimento de Cyc, a primeira tentativa de atacar diretamente o problema do conhecimento do senso comum, criando um banco de dados maciço que conteria todos os fatos mundanos que a pessoa comum conhece. Douglas Lenat, que iniciou e liderou o projeto, argumentou que não há atalho - a única maneira de as máquinas conhecerem o significado dos conceitos humanos é ensiná-las, um conceito de cada vez, à mão. Não era esperado que o projeto fosse concluído por muitas décadas.

Os programas de xadrez HiTech e Deep Thought derrotaram os mestres do xadrez em 1989. Ambos foram desenvolvidos pela Universidade Carnegie Mellon; O desenvolvimento do Deep Thought abriu o caminho para o Deep Blue.

O dinheiro retorna: o projeto de quinta geração

Em 1981, o Ministério do Comércio e Indústria Internacional do Japão reservou US \$ 850 milhões para o projeto de computador de quinta geração. Seus objetivos eram escrever programas e construir máquinas que pudessem manter conversas, traduzir idiomas, interpretar figuras e raciocinar como seres humanos. Para grande desgosto dos scruffies, eles escolheram o Prolog como a principal linguagem de computador do projeto.

Outros países responderam com novos programas próprios. O Reino Unido

iniciou o projeto Alvey de £ 350 milhões. Um consórcio de empresas americanas formou a Microelectronics and Computer Technology Corporation (ou "MCC") para financiar projetos de grande escala em IA e tecnologia da informação. A DARPA também respondeu, fundando a Iniciativa de Computação Estratégica e triplicando seu investimento em IA entre 1984 e 1988.

O renascimento do connexionismo

Em 1982, o físico John Hopfield conseguiu provar que uma forma de rede neural (agora chamada de "rede Hopfield") poderia aprender e processar informações de uma maneira completamente nova. Na mesma época, Geoffrey Hinton e David Rumelhart popularizaram um método de treinamento. redes neurais chamadas "retropropagação", também conhecido como modo reverso de diferenciação automática publicado por Seppo Linnainmaa (1970) e aplicado às redes neurais por Paul Werbos. Essas duas descobertas ajudaram a reviver o campo do connexionismo.

O novo campo foi unificado e inspirado pelo surgimento do Parallel Distributed Processing em 1986 - uma coleção de dois volumes editada por Rumelhart e pelo psicólogo James McClelland. As redes neurais se tornariam comercialmente bem-sucedidas nos anos 90, quando começaram a ser usadas como os motores programas como reconhecimento óptico de caracteres e reconhecimento de fala.

Busto: o segundo inverno da IA 1987-1993

O fascínio da comunidade empresarial pela IA aumentou e diminuiu nos anos 80 no padrão clássico de uma bolha econômica. O colapso ocorreu na percepção da IA por agências governamentais e investidores - o campo continuou avançando apesar das críticas. Rodney Brooks e Hans Moravec, pesquisadores do campo relacionado da robótica, defenderam uma abordagem totalmente nova da

inteligência artificial.

O inverno chegou à IA: inverno AI

O termo "inverno da IA" foi cunhado por pesquisadores que sobreviveram aos cortes no financiamento de 1974, quando ficaram preocupados com o entusiasmo por sistemas especializados que havia saído do controle e que certamente seria um desapontamento. Seus medos foram bem fundamentados: no final dos anos 80 e no começo dos anos 90, a IA sofreu uma série de contratempos financeiros.

A primeira indicação de uma mudança no clima foi o súbito colapso do mercado de hardware especializado em IA em 1987. Os computadores de mesa da Apple e da IBM vinham ganhando velocidade e potência constantemente e, em 1987, tornaram-se mais poderosos do que as máquinas Lisp mais caras fabricadas pela Símbolos e outros. Não havia mais um bom motivo para comprá-los. Uma indústria inteira no valor de meio bilhão de dólares foi demolida da noite para o dia.

Eventualmente, os primeiros sistemas especialistas bem-sucedidos, como o XCON, se mostraram muito caros para manter. Eles eram difíceis de atualizar, não podiam aprender, eram "quebradiços" (isto é, podiam cometer erros grotescos quando recebiam informações incomuns) e eram vítimas de problemas (como o problema da qualificação) que haviam sido identificados anos antes. Os sistemas especialistas se mostraram úteis, mas apenas em alguns contextos especiais.

No final dos anos 80, a Iniciativa de Computação Estratégica cortou o financiamento para a IA "profunda e brutalmente". A nova liderança da DARPA decidiu que a IA não era "a próxima onda" e direcionou fundos para projetos que

pareciam mais propensos a produzir resultados imediatos.

Em 1991, a impressionante lista de objetivos redigidos em 1981 para o Projeto de Quinta Geração do Japão não havia sido alcançada. De fato, alguns deles, como "manter uma conversa casual", não haviam sido atendidos até 2010. Como em outros projetos de IA, as expectativas eram muito maiores do que o que era realmente possível.

Mais de 300 empresas de IA encerraram suas atividades, faliram ou foram adquiridas no final de 1993, encerrando efetivamente a primeira onda comercial de IA.

A importância de ter um corpo: nova IA e razão incorporada

No final dos anos 80, vários pesquisadores defendiam uma abordagem completamente nova da inteligência artificial, baseada na robótica. Eles acreditavam que, para mostrar inteligência real, uma máquina precisa ter um corpo - precisa perceber, mover, sobreviver e lidar com o mundo. Eles argumentaram que essas habilidades sensório-motoras são essenciais para habilidades de nível superior, como o raciocínio de senso comum e que o raciocínio abstrato era realmente a habilidade humana menos interessante ou importante (veja o paradoxo de Moravec). Eles defendiam a construção da inteligência "de baixo para cima".

A abordagem reviveu idéias da cibernética e da teoria de controle que eram impopulares desde os anos sessenta. Outro precursor foi David Marr, que havia chegado ao MIT no final da década de 1970 com uma formação bem-sucedida em neurociência teórica para liderar o grupo que estudava a visão. Ele rejeitou todas as abordagens simbólicas (tanto a lógica de McCarthy quanto os quadros de Minsky), argumentando que a IA precisava entender a maquinaria física da

visão de baixo para cima antes que qualquer processamento simbólico ocorresse. (O trabalho de Marr seria interrompido pela leucemia em 1980.)

Em um artigo de 1990, "Os elefantes não jogam xadrez", o pesquisador de robótica Rodney Brooks mirou diretamente a hipótese do sistema de símbolos físicos, argumentando que os símbolos nem sempre são necessários, uma vez que "o mundo é o seu melhor modelo. até o momento. Ele sempre tem todos os detalhes a serem conhecidos. O truque é senti-lo de maneira adequada e com frequência suficiente ". Nas décadas de 1980 e 1990, muitos cientistas cognitivos também rejeitaram o modelo de processamento de símbolos da mente e argumentaram que o corpo era essencial para o raciocínio, uma teoria chamada tese da mente incorporada.

AI 1993-2011

O campo da IA, agora com mais de meio século, finalmente alcançou alguns de seus objetivos mais antigos. Começou a ser usado com sucesso em toda a indústria de tecnologia, embora um pouco nos bastidores. Parte do sucesso se deveu ao aumento da energia do computador e outra foi alcançada concentrando-se em problemas isolados específicos e buscando-os com os mais altos padrões de responsabilidade científica. Ainda assim, a reputação da IA, pelo menos no mundo dos negócios, era menos do que pura. Dentro do campo, havia pouco acordo sobre as razões do fracasso da IA em realizar o sonho da inteligência no nível humano que capturara a imaginação do mundo na década de 1960. Juntos, todos esses fatores ajudaram a fragmentar a IA em subcampos concorrentes, focados em problemas ou abordagens particulares, às vezes até sob novos nomes que disfarçavam o pedigree manchado da "inteligência artificial". A IA foi mais cautelosa e mais bem-sucedida do que nunca.

Marcos e a lei de Moore

Em 11 de maio de 1997, o Deep Blue se tornou o primeiro sistema de xadrez a vencer o atual campeão mundial de xadrez, Garry Kasparov. O supercomputador era uma versão especializada de uma estrutura produzida pela IBM, capaz de processar o dobro de movimentos por segundo como aconteceu durante a primeira partida (que Deep Blue havia perdido), supostamente 200.000.000 movimentos por segundo. O evento foi transmitido ao vivo pela Internet e recebeu mais de 74 milhões de acessos.

Em 2005, um robô de Stanford venceu o DARPA Grand Challenge dirigindo de forma autônoma por 131 milhas por uma trilha deserta não ensaiada. Dois anos depois, uma equipe da CMU venceu o DARPA Urban Challenge navegando autonomamente 55 milhas em um ambiente urbano, respeitando os perigos do tráfego e todas as leis de trânsito. Em fevereiro de 2011, em um Jeopardy! jogo de exibição de perguntas e respostas, o sistema de atendimento de perguntas da IBM, Watson, derrotou os dois maiores Jeopardy! campeões, Brad Rutter e Ken Jennings, por uma margem significativa.

Esses sucessos não foram devidos a algum novo paradigma revolucionário, mas principalmente à aplicação tediosa das habilidades de engenharia e ao tremendo aumento na velocidade e capacidade do computador nos anos 90. De fato, o computador de Deep Blue era 10 milhões de vezes mais rápido que o Ferranti Mark 1 que Christopher Strachey ensinou a jogar xadrez em 1951. Esse aumento dramático é medido pela lei de Moore, que prevê que a velocidade e a capacidade de memória dos computadores dobrem a cada dois anos. O problema fundamental do "poder bruto do computador" estava sendo superado lentamente.

Agentes inteligentes

Um novo paradigma chamado "agentes inteligentes" tornou-se amplamente aceito nos anos 90. Embora pesquisadores anteriores tivessem proposto

abordagens modulares de "dividir e conquistar" para a IA, o agente inteligente não alcançou sua forma moderna até Judea Pearl, Allen Newell, Leslie P. Kaelbling e outros introduzirem conceitos da teoria da decisão e da economia no estudo da IA.. Quando a definição do economista de um agente racional foi casada com a definição da ciência da computação de um objeto ou módulo, o paradigma do agente inteligente estava completo.

Um agente inteligente é um sistema que percebe seu ambiente e executa ações que maximizam suas chances de sucesso. Por essa definição, programas simples que resolvem problemas específicos são "agentes inteligentes", assim como seres humanos e organizações de seres humanos, como empresas. O agente inteligente define como paradigma a pesquisa em IA como "o estudo de agentes inteligentes". Essa é uma generalização de algumas definições anteriores da IA: vai além do estudo da inteligência humana; estuda todos os tipos de inteligência.

O paradigma deu aos pesquisadores licença para estudar problemas isolados e encontrar soluções que fossem verificáveis e úteis. Forneceu uma linguagem comum para descrever problemas e compartilhar suas soluções entre si e com outros campos que também usavam conceitos de agentes abstratos, como economia e teoria de controle. Esperava-se que uma arquitetura completa de agentes (como SOAR de Newell) um dia permitisse que os pesquisadores construíssem sistemas mais versáteis e inteligentes a partir de agentes inteligentes em interação.

"Vitória das melhores"

Pesquisadores de IA começaram a desenvolver e usar ferramentas matemáticas sofisticadas mais do que nunca no passado. Houve uma percepção generalizada de que muitos dos problemas que a IA precisava resolver já estavam sendo trabalhados por pesquisadores em áreas como matemática, economia ou pesquisa operacional. A linguagem matemática compartilhada permitiu um nível mais alto de colaboração com campos mais estabelecidos e bem-sucedidos e a obtenção de

resultados mensuráveis e comprováveis; A IA tornou-se uma disciplina "científica" mais rigorosa. Russell e Norvig (2003) descrevem isso como nada menos que uma "revolução" e "a vitória dos bons".

O livro altamente influente de Judea Pearl, de 1988, trouxe a teoria da probabilidade e da decisão para a IA. Entre as muitas ferramentas novas em uso estavam redes bayesianas, modelos ocultos de Markov, teoria da informação, modelagem estocástica e otimização clássica. Descrições matemáticas precisas também foram desenvolvidas para paradigmas de "inteligência computacional", como redes neurais e algoritmos evolutivos.

IA nos bastidores

Algoritmos originalmente desenvolvidos por pesquisadores de IA começaram a aparecer como partes de sistemas maiores. A IA resolveu muitos problemas muito difíceis e suas soluções se mostraram úteis em todo o setor de tecnologia, como mineração de dados, robótica industrial, logística, reconhecimento de fala, software bancário, diagnóstico médico e mecanismo de busca do Google.

O campo da IA recebeu pouco ou nenhum crédito por esses sucessos nos anos 90 e início dos anos 2000. Muitas das maiores inovações da IA foram reduzidas ao status de apenas mais um item no baú de ferramentas da ciência da computação. Nick Bostrom explica: "Muita IA de ponta foi filtrada para aplicações gerais, muitas vezes sem ser chamada de AI, porque uma vez que algo se torna útil e comum o suficiente, não é mais rotulado como AI".

Muitos pesquisadores em IA nos anos 90 deliberadamente chamaram seu trabalho por outros nomes, como informática, sistemas baseados no conhecimento, sistemas cognitivos ou inteligência computacional. Em parte, isso pode ser porque eles consideraram seu campo fundamentalmente diferente da

IA, mas também os novos nomes ajudam a obter financiamento. Pelo menos no mundo comercial, as promessas fracassadas do AI Winter continuaram a assombrar a pesquisa de IA nos anos 2000, como o New York Times reportou em 2005: "Cientistas da computação e engenheiros de software evitaram o termo inteligência artificial por medo de serem vistos como selvagens". sonhadores de olhos ".

Onde fica o HAL 9000?

Em 1968, Arthur C. Clarke e Stanley Kubrick imaginavam que, em 2001, uma máquina existiria com uma inteligência que correspondesse ou excedesse a capacidade dos seres humanos. O personagem que eles criaram, o HAL 9000, foi baseado em uma crença compartilhada por muitos pesquisadores de IA de que essa máquina existiria até 2001.

Em 2001, o fundador da IA, Marvin Minsky, perguntou: "Então a pergunta é por que não recebemos HAL em 2001?" Minsky acreditava que a resposta é que os problemas centrais, como o raciocínio do senso comum, estavam sendo negligenciados, enquanto a maioria dos pesquisadores buscava coisas como aplicações comerciais de redes neurais ou algoritmos genéticos. John McCarthy, por outro lado, ainda culpava o problema da qualificação. Para Ray Kurzweil, a questão é poder de computador e, usando a Lei de Moore, ele previu que máquinas com inteligência no nível humano aparecerão até 2029. Jeff Hawkins argumentou que a pesquisa em redes neurais ignora as propriedades essenciais do córtex humano, preferindo modelos simples que foi bem-sucedido na solução de problemas simples. Havia muitas outras explicações e para cada uma delas havia um programa de pesquisa correspondente em andamento.

Aprendizado profundo, big data e inteligência geral artificial: 2011 - presente

Nas primeiras décadas do século XXI, o acesso a grandes quantidades de dados (conhecido como "big data"), computadores mais baratos e mais rápidos e técnicas avançadas de aprendizado de máquina foram aplicadas com sucesso a muitos problemas da economia. De fato, o McKinsey Global Institute estimou em seu artigo famoso "Big data: a próxima fronteira para inovação, concorrência e produtividade" que "em 2009, quase todos os setores da economia dos EUA tinham pelo menos uma média de 200 terabytes de dados armazenados".

Em 2016, o mercado de produtos, hardware e software relacionados à IA chegou a mais de 8 bilhões de dólares, e o New York Times informou que o interesse pela IA havia atingido um "frenesi". As aplicações de big data também começaram a chegar a outros campos, como modelos de treinamento em ecologia e para várias aplicações em economia. Os avanços na aprendizagem profunda (redes neurais convolucionais profundas e redes neurais recorrentes) impulsionaram o progresso e as pesquisas em processamento de imagem e vídeo, análise de texto e até reconhecimento de fala.

Aprendizagem profunda

O aprendizado profundo é um ramo do aprendizado de máquina que modela abstrações de alto nível nos dados usando um gráfico profundo com muitas camadas de processamento. De acordo com o teorema da aproximação universal, a profundidade não é necessária para que uma rede neural seja capaz de aproximar funções contínuas arbitrárias. Mesmo assim, existem muitos problemas comuns às redes rasas (como o ajuste excessivo) que as redes profundas ajudam a evitar. Assim, as redes neurais profundas são capazes de gerar realisticamente modelos muito mais complexos, em comparação com suas contrapartes rasas.

No entanto, a aprendizagem profunda tem problemas próprios. Um problema comum para redes neurais recorrentes é o problema do gradiente de fuga, onde os gradientes passados entre as camadas diminuem gradualmente e desaparecem literalmente quando são arredondados para zero. Existem muitos métodos desenvolvidos para abordar esse problema, como unidades de memória de curto prazo.

As arquiteturas de redes neurais profundas de última geração podem às vezes rivalizar com a precisão humana em campos como visão computacional, especificamente em coisas como o banco de dados MNIST e reconhecimento de sinais de tráfego.

Os mecanismos de processamento de idiomas acionados por mecanismos de pesquisa inteligentes podem facilmente derrotar os humanos ao responder perguntas gerais (como o IBM Watson), e desenvolvimentos recentes em aprendizado profundo produziram resultados surpreendentes na competição com seres humanos, em coisas como Go e Doom (que, sendo um Jogo de tiro em primeira pessoa, provocou alguma controvérsia).

Big Data

Big data refere-se a uma coleção de dados que não pode ser capturada, gerenciada e processada por ferramentas de software convencionais dentro de um determinado período de tempo. É uma quantidade enorme de recursos de tomada de decisão, insight e otimização de processos que requerem novos modelos de processamento. Na era do Big Data, escrita por Victor Meyer Schonberg e Kenneth Cooke, big data significa que, em vez de análise aleatória (pesquisa por amostra), todos os dados são usados para análise. As características 5V do big data (propostas pela IBM): Volume, Velocidade, Variedade, Valor, Veracidade. O significado estratégico da tecnologia de big data não é dominar informações de grandes volumes de dados, mas se especializar nesses dados significativos. Em outras palavras, se o big data é comparado a um

setor, a chave para obter lucratividade nesse setor é aumentar a "capacidade do processo" dos dados e obter o "valor agregado" dos dados por meio do "processamento".

Inteligência geral artificial

A inteligência artificial é um ramo da ciência da computação que tenta entender a essência da inteligência e produzir uma nova máquina inteligente que responde de maneira semelhante à inteligência humana. As pesquisas nessa área incluem robótica, reconhecimento de fala, reconhecimento de imagem, processamento de linguagem natural e sistemas especializados. Desde o nascimento da inteligência artificial, a teoria e a tecnologia tornaram-se cada vez mais maduras e os campos de aplicação estão se expandindo. É concebível que os produtos tecnológicos trazidos pela inteligência artificial no futuro sejam o "recipiente" da sabedoria humana. A inteligência artificial pode simular o processo de informação da consciência e do pensamento humano. A inteligência artificial não é inteligência humana, mas pode ser como o pensamento humano, e pode exceder a inteligência humana. A inteligência geral artificial também é chamada de "IA forte", "IA completa" ou como a capacidade de uma máquina para executar "tarefas gerais". ação inteligente ". Fontes acadêmicas reservam "IA forte" para se referir a máquinas capazes de experimentar a consciência.

Progresso em inteligência artificial

As aplicações de inteligência artificial têm sido usadas em uma ampla gama de campos, incluindo diagnóstico médico, negociação de ações, controle de robôs, leis, descobertas científicas e brinquedos. No entanto, muitos aplicativos de IA não são percebidos como AI: "Muita IA de ponta foi filtrada para aplicativos gerais, muitas vezes sem ser chamada de AI, porque quando algo se torna útil e comum o suficiente, não é mais rotulado como AI". "Muitos milhares de aplicativos de IA estão profundamente embutidos na infraestrutura de todos os setores". No final dos anos 90 e início do século 21, a tecnologia de IA tornou-se amplamente usada como elementos de sistemas maiores, mas o campo raramente é creditado por esses sucessos.

Kaplan and Haenlein estrutura a inteligência artificial ao longo de três estágios evolutivos: 1) inteligência artificial estreita - aplicando a IA apenas a tarefas específicas; 2) inteligência geral artificial - aplicando a IA a várias áreas e capaz de resolver autonomamente problemas para os quais nunca foram projetados; e 3) super inteligência artificial - aplicando a IA a qualquer área capaz de criatividade científica, habilidades sociais e sabedoria geral.

Para permitir a comparação com o desempenho humano, a inteligência artificial pode ser avaliada em problemas restritos e bem definidos. Tais testes foram denominados testes de Turing para especialistas no assunto. Além disso, problemas menores fornecem objetivos mais viáveis e há um número cada vez maior de resultados positivos.

Desempenho Atual

Em seu famoso teste de Turing, Alan Turing escolheu a linguagem, a característica definidora dos seres humanos, como base. No entanto, existem muitas outras habilidades úteis que podem ser descritas como mostrando alguma forma de inteligência. Isso fornece uma melhor visão do sucesso comparativo da inteligência artificial em diferentes áreas.

No que foi chamado de teste de Feigenbaum, o inventor de sistemas especialistas defendeu testes específicos de assuntos específicos. Um artigo de Jim Gray, da Microsoft, em 2003, sugeriu estender o teste de Turing à compreensão da fala, à fala e ao reconhecimento de objetos e comportamento.

A IA, como a eletricidade ou o motor a vapor, é uma tecnologia de uso geral. Não há consenso sobre como caracterizar em quais tarefas a IA tende a se destacar. Algumas versões do paradoxo de Moravec observam que os seres humanos têm mais probabilidade de superar as máquinas em áreas como a destreza física que foram o alvo direto da seleção natural. Enquanto projetos como o AlphaZero conseguiram gerar seu próprio conhecimento a partir do zero, muitos outros projetos de aprendizado de máquina exigem grandes conjuntos de dados de treinamento. O pesquisador Andrew Ng sugeriu, como uma "regra geral altamente imperfeita", que "quase tudo que um ser humano típico pode fazer com menos de um segundo de pensamento mental, provavelmente podemos agora ou no futuro próximo automatizar o uso da IA".

Os jogos fornecem uma referência de alto nível para avaliar taxas de progresso; Muitos jogos têm uma grande base de jogadores profissionais e um sistema de classificação competitiva bem estabelecido. O AlphaGo encerrou a era dos benchmarks clássicos dos jogos de tabuleiro. Jogos de conhecimento imperfeito oferecem novos desafios para a IA na área da teoria dos jogos; o marco mais proeminente nessa área foi encerrado com a vitória do Libratus no poker em 2017. Os e-sports continuam a fornecer benchmarks adicionais; O Facebook AI, Deepmind e outros se envolveram com a popular franquia StarCraft de videogames.

Classes amplas de resultado para um teste de IA podem ser dadas como:

Ideal: não é possível ter melhor desempenho (nota: algumas dessas entradas foram resolvidas por humanos)

Super-humano: executa melhor que todos os humanos

High-human: executa melhor que a maioria dos humanos

Par-humano: executa de forma semelhante à maioria dos seres humanos

Sub-humano: tem desempenho pior do que a maioria dos humanos

Ótimo

Jogo da velha

Ligue quatro: 1988

Damas (também conhecidos como rascunhos 8x8): Fracamente resolvidos (2007)

Cubo de Rubik: Principalmente resolvido (2010)

Poker com heads-up limit hold'em: Estatisticamente ótimo no sentido de que "uma vida humana de jogo não é suficiente para estabelecer com significância estatística que a estratégia não é uma solução exata" (2015)

Super-humano

Otelo (aka reversi): c. 1997

Scrabble: 2006

Gamão: c. 1995-2002

Xadrez: Supercomputador (c. 1997); Computador pessoal (c. 2006); Telefone celular (c. 2009); Computador derrota humano + computador (c. 2017)

Jeopardy !: Resposta a perguntas, embora a máquina não use o reconhecimento de fala (2011)

Shogi: c. 2017

Arimaa: 2015

Go: 2017

Heads-up no-limit hold'em poker: 2017

Alto-humano

Palavras cruzadas: c. 2012

Dota 2: 2018

Bridgecard-playing: De acordo com uma revisão de 2009, "os melhores programas estão alcançando o status de especialista como jogadores de bridge (bridge)", excluindo os lances.

StarCraft II: 2019

Par-humano

Reconhecimento óptico de caracteres para ISO 1073-1: 1976 e caracteres

especiais similares.

Classificação de imagens

Reconhecimento de caligrafia

Sub-humano

Reconhecimento óptico de caracteres para texto impresso (próximo ao par-humano para texto datilografado com escrita em latim)

Reconhecimento de objeto

Reconhecimento facial: De baixa a média precisão humana (a partir de 2014)

Resposta visual a perguntas, como o VQA 1.0

Várias tarefas de robótica que podem exigir avanços no hardware do robô e na IA, incluindo:

Locomoção bípede estável: os robôs bípedes podem andar, mas são menos estáveis que os caminhantes humanos (a partir de 2017)

Futebol humanóide

Reconhecimento de fala: "quase igual ao desempenho humano" (2017)

Explicação. Os sistemas médicos atuais podem diagnosticar bem certas condições médicas, mas não podem explicar aos usuários por que eles fizeram o diagnóstico.

Previsão do mercado de ações: coleta e processamento de dados financeiros usando algoritmos de Machine Learning

Várias tarefas difíceis de resolver sem conhecimento contextual, incluindo:

Tradução

Desambiguação no sentido da palavra

Processamento de linguagem natural

Previsões passadas e atuais

Uma pesquisa de especialistas realizada em 2016, realizada por Katja Grace, do Instituto Futuro da Humanidade e associados, forneceu estimativas medianas de 3 anos para o campeonato AngryBirds, 4 anos para a World Series of Poker e 6 anos para StarCraft. Em tarefas mais subjetivas, a pesquisa concedeu 6 anos para dobrar a roupa, bem como um trabalhador humano médio, 7 a 10 anos para responder habilmente a perguntas 'facilmente acessíveis', 8 anos para a transcrição média da fala, 9 anos para o banco telefônico médio e 11 anos para compositor especialista, mas mais de 30 anos para escrever um best-seller do New York Times ou vencer a competição de matemática Putnam.

Xadrez

Uma IA derrotou um grande mestre em um jogo de torneios regulamentares pela primeira vez em 1988; rebatizada como Deep Blue, venceu o atual campeão mundial de xadrez em 1997 (veja Deep Blue contra Garry Kasparov).

Previsão do ano feita	Ano previsto	Número de anos	Preditor
1967 ou mais cedo	10 ou menos	Herbert A. Simon, economista	1957
2000 ou mais cedo	10 ou menos	Ray Kurzweil, futurista	Era das Máqu

Ir

O AlphaGo derrotou um campeão do European Go em outubro de 2015 e o Lee Sedol em março de 2016, um dos melhores jogadores do mundo (veja AlphaGo versus Lee Sedol). Segundo a Scientific American e outras fontes, a maioria dos observadores esperava que o desempenho sobre-humano do Computer Go estivesse a pelo menos uma década de distância.

Previsão do ano feita	Ano previsto	Número de anos	P
2100 ou posterior	100 ou mais	Piet Hutt, físico e fã de Go	In
2017 ou mais cedo	10 ou menos	Feng-Hsiung Hsu, chumbo azul profundo	M
2024	10	Rémi Coulom, programador Computer Go	C

Inteligência geral artificial em nível humano (AGI)

O pioneiro e economista da IA Herbert A. Simon previu com precisão em 1965: "As máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer". Da mesma forma, em 1970, Marvin Minsky escreveu que "dentro de uma geração... o problema de criar inteligência artificial será substancialmente resolvido".

Quatro pesquisas realizadas em 2012 e 2013 sugeriram que a estimativa mediana entre especialistas para quando a AGI chegaria era de 2040 a 2050, dependendo da pesquisa.

A pesquisa Grace, realizada em 2016, constatou que os resultados variavam de acordo com o enquadramento da questão. Os entrevistados solicitados a estimar "quando as máquinas não auxiliadas podem realizar todas as tarefas de maneira melhor e mais barata que os trabalhadores humanos" deram uma resposta média agregada de 45 anos e 10% de chance de ocorrer dentro de 9 anos. Outros entrevistados pediram para estimar "quando todas as ocupações são totalmente automatizáveis. Ou seja, para qualquer ocupação, máquinas poderiam ser construídas para executar a tarefa de maneira melhor e mais barata que os trabalhadores humanos", estimando uma mediana de 122 anos e uma probabilidade de 10% de 20 anos. A resposta mediana para quando o "pesquisador de IA" poderia ser totalmente automatizado foi de cerca de 90 anos. Não foi encontrado nenhum vínculo entre antiguidade e otimismo, mas os pesquisadores asiáticos eram muito mais otimistas do que os pesquisadores norte-americanos em média; Os asiáticos previram em média 30 anos para "realizar todas as tarefas", em comparação com os 74 anos previstos pelos norte-americanos.

Previsão do ano feita Ano previsto Número de anos

1985 ou mais cedo	20 ou menos	Herbert A. Simon
2023 ou mais cedo	30 ou menos	Vernor Vinge, escritor de ficção científica
2040 ou mais cedo	45 ou menos	Hans Moravec, pesquisador de robótica
Nunca		Gordon E. Moore, inventor da Lei de Moore
2029	12	Ray Kurzweil

Linha do tempo da inteligência artificial

Esta é uma linha do tempo da inteligência artificial.

Até 1900

Encontro

Os mitos gregos de Hefesto e Pigmalião incorporavam a ideia de robôs inteligentes. Yan Shi presenteou o rei Mu de Zhou com homens mecânicos.

Estátuas mecânicas sagradas construídas no Egito e na Grécia eram consideradas sagradas. Aristóteles descreveu o silogismo, um método formal e mecânico de pensamento. Heron de Alexandria criou homens mecânicos e outros autômatos.

O páfiro de Tyros escreveu Isagogê, que categorizou o conhecimento e a lógica. Geber desenvolve a teoria alquímica química de Takwin, a criação artificial da vida. Al-Jazari criou uma orquestra programável de seres humanos mecânicos.

Ramon Llull, teólogo espanhol, inventa o Ars Magna, uma ferramenta para combater o mal. Paracelso afirmou ter criado um homem artificial a partir do magnetismo, esperma.

Dizem que o rabino Judah Loew ben Bezalel, de Praga, inventou o Golem, um homem mecânico.

René Descartes propôs que os corpos dos animais nada mais são do que máquinas.

Sir Francis Bacon desenvolve a teoria empírica do conhecimento e introduz a lógica.

Wilhelm Schickard desenhou um relógio calculador em uma carta para Kepler. Em 1642, Thomas Hobbes publicou o Leviatã e apresentou uma teoria mecânica combinatória.

Blaise Pascal inventou a calculadora mecânica, a primeira máquina de calcular digital.

Em 1672, Isaac Newton desenvolve a teoria da gravitação universal e a mecânica clássica.

1672

1726

1750

1769

1818

1822-1859

1837

1854

1863

1901-1950

Encontro Desenvolvimento

1913	Bertrand Russell e Alfred North Whitehead publicaram Principia Mathematica
1915	Leonardo Torres e Quevedo construíram um autômato de xadrez, El Tablero de S. Carlos
1923	A peça de Karel Čapek, RUR (Rossum's Universal Robots), estreou no teatro
1920 e 1930	Ludwig Wittgenstein e Rudolf Carnap conduzem a filosofia à análise lógica
1931	Kurt Gödel mostrou que sistemas formais suficientemente poderosos são inconsistentes
1940	Edward Condon exhibe o Nimatron, um computador digital que tocou
1941	Konrad Zuse construiu os primeiros computadores controlados por programa
1943	Warren Sturgis McCulloch e Walter Pitts publicam "Um cálculo lógico do cérebro"
1943	Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener e Julian Bigelow cunham o termo "cibernética"
1945	A teoria dos jogos que se mostraria inestimável no progresso da IA foi desenvolvida
1945	Vannevar Bush publicou "As We May Think" (The Atlantic Monthly, julho)
1948	John von Neumann (citado por ET Jaynes) em resposta a um comentário

Década de 1950

Encontro

1950
1950
1950
1951
1952-1962
1956
1956
1958
1958
1958
1959
1959

Desenvolvimento

Alan Turing propõe o Teste de
Claude Shannon publicou uma
Isaac Asimov publicou suas Ti
Os primeiros programas de IA
Arthur Samuel (IBM) escreve
A conferência de IA de verão c
A primeira demonstração do T
John McCarthy (Instituto de T
Herbert Gelernter e Nathan Ro
A Conferência de Teddington :
O General Problem Solver (GI
John McCarthy e Marvin Mins

Final da década de 1950, início da década de 1960 Margaret Masterman e colegas

Década de 1960

Encontro Desenvolvimento

Década de 1960	Ray Solomonoff lança os fundamentos de uma teoria matemática
1960	Simbiose homem-computador por JCR Licklider.
1961	James Slagle (dissertação de doutorado, MIT) escreveu (em Lisp
1961	Em Minds, Machines e Gödel, John Lucas negou a possibilidade
1961	O robô industrial da Unimation, Unimate, trabalhou em uma linha
1963	O programa de Thomas Evans, ANALOGY, escrito como parte de
1963	Edward Feigenbaum e Julian Feldman publicaram Computers and
1963	Leonard Uhrand Charles Vossler publicou "Um Programa de Rec
1964	A dissertação de Danny Bobrow no MIT (relatório técnico nº 1 d
1964	A dissertação de MIT de Bertram Raphael sobre o programa SIR
1965	Lotfi Zadeh, da UC Berkeley, publica seu primeiro artigo, introduz
1965	J. Alan Robinson inventou um procedimento de prova mecânica,
1965	Joseph Weizenbaum (MIT) criou o ELIZA, um programa interati
1965	Edward Feigenbaum iniciou o Dendral, um esforço de dez anos p
1966	Ross Quillian (tese de doutorado, Carnegie Inst. Of Technology,
1966	Workshop de Machine Intelligence em Edimburgo - o primeiro d
1966	Relatório negativo sobre tradução automática mata muito trabalh
1967	O programa Dendral (Edward Feigenbaum, Joshua Lederberg, B
1968	Joel Moses (doutorado no MIT) demonstrou o poder do raciocíni
1968	Richard Greenblatt (programador) do MIT criou um programa de
1968	O programa de Wallace e Boulton, Snob (Comp.J. 11 (2) 1968), p
1969	Stanford Research Institute (SRI): Shakey the Robot, demonstrou
1969	Roger Schank (Stanford) definiu o modelo de dependência conce
1969	Yorick Wilks (Stanford) desenvolveu a visão de coerência semân
1969	Primeira Conferência Conjunta Internacional sobre Inteligência A
1969	Marvin Minsky e Seymour Papert publicam Perceptrons, demons
1969	McCarthy e Hayes começaram a discussão sobre o problema de c

Década de 1970

Encontro

1970
Início dos anos 70

Desenvolvimento

1970 Seppo Linnainmaa publica o modo reverso de diferen
Jane Robinson e Don Walker estabeleceram um influ
1970 Jaime Carbonell (Sr.) desenvolveu o SCHOLAR, um
1970 Bill Woods descreveu as Redes de Transição Aument
1970 O programa de doutorado de Patrick Winston, ARCH
1971 A tese de doutorado de Terry Winograd (MIT) demon
1971 O trabalho no provador do teorema de Boyer-Moore c
1972 Linguagem de programação Prolog desenvolvida por
1972 Earl Sacerdoti desenvolveu um dos primeiros program
1973 O Assembly Robotics Group da Universidade de Edin
1973 O relatório Lighthill dá um veredicto amplamente neg
1974 A dissertação de doutorado de Ted Shortliffe no MYC
1975 Earl Sacerdoti desenvolveu técnicas de planejamento
1975 Austin Tate desenvolveu o sistema de planejamento h
1975 Marvin Minsky publicou seu artigo amplamente lido c
1975 O programa de aprendizado Meta-Dendral produziu n
Meados da década de 1970 Barbara Grosz (SRI) estabeleceu limites para as aborç
Meados da década de 1970 David Marr e colegas do MIT descrevem o "esboço p
1976 O programa de AM de Douglas Lenat (dissertação de
1976 Randall Davis demonstrou o poder do raciocínio de m
1978 Tom Mitchell, em Stanford, inventou o conceito de es
1978 Herbert A. Simon ganha o Prêmio Nobel de Economi
1978 O programa MOLGEN, escrito em Stanford por Mark
1979 A dissertação de doutorado de Bill VanMelle em Stan
1979 Jack Myers e Harry Pople, da Universidade de Pittsbu
1979 Cordell Green, David Barstow, Elaine Kant e outros e
1979 O Stanford Cart, construído por Hans Moravec, se tor
1979 O BKG, um programa de gamão escrito por Hans Ber
1979 Drew McDermott e Jon Doyle, do MIT, e John McCa

Final da década de 1970 O recurso SUMEX-AIM de Stanford, liderado por Ed

Anos 80

Encontro

Anos 80

1980

1981

1982

1983

1983

Meados dos anos 80 As redes neurais tornam-se amplamente usadas com o algoritmo de

1985

1986

1986

1987

1987

1987

1989

Desenvolvimento

Máquinas Lisp desenvolvidas e comercializadas. Primeiras c

Primeira Conferência Nacional da Associação Americana de

Danny Hillis projeta a máquina de conexão, que utiliza a cor

O projeto de Sistemas de Computação de Quinta Geração (F

John Laird e Paul Rosenbloom, trabalhando com Allen New

James F. Allen inventa o Interval Calculus, a primeira forma

O programa de desenho autônomo, AARON, criado por Har

A equipe de Ernst Dickmanns da Universidade de Bundeswe

Barbara Grosz e Candace Sidner criam o primeiro modelo co

Marvin Minsky publicou The Society of Mind, uma descriçã

Na mesma época, Rodney Brooks introduziu a arquitetura de

Lançamento comercial da geração 2.0 da Alacrity pela Alacr

Dean Pomerleau, da CMU, cria o ALVINN (um veículo terre

Década de 1990

Encontro	Desenvolvimento
Início dos anos 90	O TD-Gammon, um programa de gamão escrito por Gerry Tes
Década de 1990	Grandes avanços em todas as áreas da IA, com demonstrações
1991	O aplicativo de agendamento do DART implantado na primeir
1992	Carol Stoker e a equipe de robótica da NASA Ames exploram
1993	Ian Horswill ampliou a robótica baseada em comportamento a
1993	Rodney Brooks, Lynn Andrea Stein e Cynthia Breazeal iniciar
1993	A corporação ISX vence o "DARPA contratado do ano" pela F
1994	Lotfi Zadeh, da Universidade da Califórnia em Berkeley, cria '
1994	Com os passageiros a bordo, os vagões-robôs VaMP e VITA-2
1994	O campeão mundial inglês de damas (damas) Tinsley renuncio
1994	Cindy Mason, da NASA, organiza o Primeiro Workshop da A/
1995	Cindy Mason, da NASA, organiza o Primeiro Workshop Interr
1995	"No Hands Across America": um carro semi-autônomo dirigia
1995	Um dos carros-robôs de Ernst Dickmanns (com aceleração e fr
1997	A máquina de xadrez Deep Blue (IBM) derrota o (então) camp
1997	Primeira partida oficial de futebol do RoboCup com partidas d
1997	Programa Computer Otello Logistello venceu o campeão munc
1998	O Furby da Tiger Electronics é lançado e se torna a primeira te
1998	Tim Berners-Lee publicou seu documento de mapa da Semanti
1998	Ulises Cortés e Miquel Sànchez-Marrè organizam o primeiro V
1998	Leslie P. Kaelbling, Michael Littman e Anthony Cassandra apr
1999	A Sony introduz um robô doméstico aprimorado semelhante a
Final dos anos 90	Os rastreadores da Web e outros programas de extração de info
Final dos anos 90	Demonstração de uma sala inteligente e agentes emocionais no
Final dos anos 90	Início do trabalho na arquitetura Oxygen, que conecta computa

Anos 2000

Encontro Desenvolvimento

- 2000 Robôs interativos (brinquedos inteligentes) ficam disponíveis comercialmente.
- 2000 Cynthia Breazeal, do MIT, publica sua dissertação sobre máquinas Sociais.
- 2000 O robô Nomad explora regiões remotas da Antártica procurando amostras.
- 2002 O Roomba do iRobot aspira autonomamente o chão enquanto navega e evita obstáculos.
- 2004 Recomendação W3C da OWL Web Ontology Language (10 de fevereiro).
- 2004 A DARPA apresenta o Grande Desafio da DARPA, exigindo que os competidores desenvolvam um robô capaz de navegar sozinho em um terreno desconhecido.
- 2004 Os veículos de exploração robótica da NASA Spirit e Opportunity navegam na superfície de Marte.
- 2005 O robô ASIMO da Honda, um robô humanóide artificialmente inteligente, apresenta uma performance impressionante.
- 2005 A tecnologia de recomendação baseada no rastreamento da atividade neural é desenvolvida.
- 2005 Nasce Blue Brain, um projeto para simular o cérebro com detalhes moleculares.
- 2006 A Conferência de Inteligência Artificial de Dartmouth: Os próximos 50 anos da IA.
- 2007 Transações filosóficas da Royal Society, B - Biology, uma das mais antigas.
- 2007 Damas é resolvido por uma equipe de pesquisadores da Universidade de Stanford.
- 2007 A DARPA lança o Desafio Urbano para carros autônomos, que obedecem a regras de trânsito.
- 2008 Cynthia Mason, de Stanford, apresenta sua idéia sobre Inteligência Artificial baseada em redes neurais.
- 2009 Google constrói carro autônomo.

2010s

Encontro Desenvolvimento

2010	A Microsoft lançou o Kinect para Xbox 360, o primeiro dispositivo de
2011	Mary Lou Maher e Doug Fisher organizam o Primeiro Workshop da A
2011	O computador da IBM, Watson, derrotou o programa de televisão Jeop
2011-2014	O Siri da Apple (2011), o Google Now do Google (2012) e o Cortana
2013	O robô HRP-2, construído pela SCHAFT Inc do Japão, uma subsidiári
2013	O NEIL, o aprendiz de imagem sem fim, é lançado na Universidade C
2015	Uma carta aberta para proibir o desenvolvimento e o uso de armas aut
2015	O AlphaGo do Google DeepMind (versão: Fan) derrotou 3 vezes o cai
2016	O AlphaGo do Google DeepMind (versão: Lee) venceu o Lee Sedol p
2017	Realizou-se a Conferência Asilomar sobre IA benéfica, para discutir a
2017	A AI AI do Poker derrotou individualmente cada um dos seus 4 opone
2017	O AlphaGo do Google DeepMind (versão: Master) venceu 60 a 0 roda
2017	Um solucionador de problemas proposicionais de satisfação booleana
2017	Um bot aprendido usinado pela OpenAI jogou no torneio The Internat
2017	O Google DeepMind revelou que o AlphaGo Zero - uma versão aprim
2018	A IA de processamento de linguagem Alibaba supera os principais ser
2018	O Laboratório Europeu de Aprendizagem e Sistemas Inteligentes (tam
2018	Anúncio do Google Duplex, um serviço que permite a um assistente d

Aplicações de inteligência artificial

A inteligência artificial, definida como a inteligência exibida pelas máquinas, tem muitas aplicações na sociedade atual. Mais especificamente, é a Weak AI, a forma de IA em que os programas são desenvolvidos para executar tarefas específicas, que estão sendo utilizados para uma ampla gama de atividades, incluindo diagnóstico médico, plataformas de negociação eletrônica, controle de robôs e sensoriamento remoto. A IA tem sido usada para desenvolver e avançar em diversos campos e indústrias, incluindo finanças, saúde, educação, transporte e muito mais

AI for Good

A AI for Good é uma iniciativa da UIT que apoia instituições que empregam IA para enfrentar alguns dos maiores desafios econômicos e sociais do mundo. Por exemplo, a Universidade do Sul da Califórnia lançou o Centro de Inteligência Artificial na Sociedade, com o objetivo de usar a IA para resolver problemas socialmente relevantes, como falta de moradia. Em Stanford, os pesquisadores estão usando a IA para analisar imagens de satélite para identificar quais áreas têm os mais altos níveis de pobreza.

Agricultura

Na agricultura, novos avanços em IA mostram melhorias no ganho de produtividade e no aumento da pesquisa e desenvolvimento de culturas. Agora, a nova inteligência artificial prevê o tempo necessário para que uma colheita como o tomate esteja madura e pronta para a colheita, aumentando assim a eficiência

da agricultura. Esses avanços continuam incluindo o monitoramento de colheitas e solos, robôs agrícolas e análises preditivas. O monitoramento de lavouras e solos utiliza novos algoritmos e dados coletados em campo para gerenciar e rastrear a saúde das lavouras, tornando-a mais fácil e sustentável para os agricultores.

Mais especializações de IA na agricultura são técnicas de automação, simulação, modelagem e otimização de estufas.

Devido ao aumento da população e ao crescimento da demanda por alimentos no futuro, será necessário um aumento de pelo menos 70% no rendimento da agricultura para sustentar essa nova demanda. Cada vez mais o público percebe que a adaptação dessas novas técnicas e o uso da inteligência artificial ajudarão a atingir esse objetivo.

Aviação

A Divisão de Operações Aéreas (AOD) usa IA para os sistemas especialistas baseados em regras. O AOD usa inteligência artificial para operadores substitutos para simuladores de combate e treinamento, auxiliares de gerenciamento de missão, sistemas de suporte para tomada de decisão tática e pós-processamento dos dados do simulador em resumos simbólicos.

O uso da inteligência artificial em simuladores está se mostrando muito útil para o AOD. Os simuladores de avião estão usando inteligência artificial para processar os dados obtidos em vôos simulados. Além do vôo simulado, também há guerra de aeronaves simulada. Os computadores são capazes de apresentar os melhores cenários de sucesso nessas situações. Os computadores também podem criar estratégias baseadas no posicionamento, tamanho, velocidade e força das forças e forças contrárias. Os pilotos podem receber assistência no ar durante o

combate por computadores. Os programas artificiais inteligentes podem classificar as informações e fornecer ao piloto as melhores manobras possíveis, sem mencionar a eliminação de certas manobras que seriam impossíveis de executar para um ser humano. São necessárias várias aeronaves para obter boas aproximações para alguns cálculos, para que pilotos simulados por computador sejam usados para coletar dados. Esses pilotos simulados por computador também são usados para treinar futuros controladores de tráfego aéreo.

O sistema usado pelo AOD para medir o desempenho foi o Sistema Interativo de Diagnóstico e Isolamento de Falhas, ou IFDIS. É um sistema especialista baseado em regras, reunido coletando informações dos documentos do TF-30 e os conselhos de especialistas de mecânicos que trabalham no TF-30. Este sistema foi projetado para ser usado no desenvolvimento do TF-30 para o RAAF F-111C. O sistema de desempenho também foi usado para substituir trabalhadores especializados. O sistema permitia que os trabalhadores regulares se comuniquem com o sistema e evitem erros, erros de cálculo ou tenham que falar com um dos trabalhadores especializados.

O AOD também usa inteligência artificial no software de reconhecimento de fala. Os controladores de tráfego aéreo estão dando instruções aos pilotos artificiais e o AOD quer que os pilotos respondam aos ATCs com respostas simples. Os programas que incorporam o software de fala devem ser treinados, o que significa que eles usam redes neurais. O programa usado, o Verbex 7000, ainda é um programa muito antigo, com muito espaço para melhorias. As melhorias são imprescindíveis porque os ATCs usam diálogos muito específicos e o software precisa ser capaz de se comunicar corretamente e prontamente todas as vezes.

O Design of Aircraft, ou AIDA, suportado pela Inteligência Artificial, é usado para ajudar os designers no processo de criação de projetos conceituais de aeronaves. Este programa permite que os designers se concentrem mais no próprio design e menos no processo de design. O software também permite que o usuário se concentre menos nas ferramentas de software. O AIDA usa sistemas

baseados em regras para calcular seus dados. Este é um diagrama da organização dos módulos AIDA. Embora simples, o programa está se mostrando eficaz.

Em 2003, o Centro de Pesquisa de Vôo Dryden da NASA, e muitas outras empresas, criaram software que poderia permitir que uma aeronave danificada continuasse o vôo até que uma zona de aterrissagem segura pudesse ser alcançada. O software compensa todos os componentes danificados confiando nos componentes não danificados. A rede neural usada no software mostrou-se eficaz e marcou um triunfo para a inteligência artificial.

O sistema de gerenciamento integrado de integridade do veículo, também usado pela NASA, a bordo de uma aeronave deve processar e interpretar os dados obtidos dos vários sensores da aeronave. O sistema precisa ser capaz de determinar a integridade estrutural da aeronave. O sistema também precisa implementar protocolos em caso de danos causados ao veículo.

Haitham Baomar e Peter Bentley estão liderando uma equipe da University College de Londres para desenvolver um Sistema Inteligente de Piloto Automático (IAS), projetado para ensinar um sistema de piloto automático a se comportar como um piloto altamente experiente que enfrenta uma situação de emergência como clima severo, turbulência ou falha do sistema. Educar o piloto automático se baseia no conceito de aprendizado de máquina supervisionado ", que trata o jovem piloto automático como um aprendiz humano que frequenta uma escola de vôo". O piloto automático registra as ações do piloto humano, gerando modelos de aprendizado usando redes neurais artificiais. O piloto automático recebe o controle total e é observado pelo piloto enquanto executa o exercício de treinamento.

O Sistema Inteligente de Piloto Automático combina os princípios de Aprendizagem da Aprendizagem e Clonagem Comportamental, em que o piloto automático observa as ações de baixo nível necessárias para manobrar o avião e a estratégia de alto nível usada para aplicar essas ações. A implementação do

IAS emprega três fases; coleta de dados piloto, treinamento e controle autônomo. O objetivo de Baomar e Bentley é criar um piloto automático mais autônomo para ajudar os pilotos a responder a situações de emergência.

Ciência da Computação

Os pesquisadores criaram muitas ferramentas para resolver os problemas mais difíceis da ciência da computação. Muitas de suas invenções foram adotadas pela ciência da computação convencional e não são mais consideradas parte da IA. (Veja o efeito AI.) De acordo com Russell & Norvig (2003, p. 15), todos os itens a seguir foram originalmente desenvolvidos em laboratórios de IA: compartilhamento de tempo, intérpretes interativos, interfaces gráficas de usuário e mouse de computador, ambientes de desenvolvimento rápido de aplicativos, estrutura de dados da lista vinculada, gerenciamento automático de armazenamento, programação simbólica, programação funcional, programação dinâmica e programação orientada a objetos.

A IA pode ser usada para determinar potencialmente o desenvolvedor de binários anônimos.

A IA pode ser usada para criar outra AI. Por exemplo, em novembro de 2017, o projeto AutoML do Google para desenvolver novas topologias de redes neurais criou o NASNet, um sistema otimizado para ImageNet e COCO. Segundo o Google, o desempenho da NASNet excedeu todo o desempenho do ImageNet publicado anteriormente.

Deepfake

Em junho de 2016, uma equipe de pesquisa do grupo de computação visual da Universidade Técnica de Munique e da Universidade de Stanford desenvolveu o Face2Face, um programa que anima o rosto de uma pessoa-alvo, transpondo as expressões faciais de uma fonte externa. A tecnologia foi demonstrada animando os lábios de pessoas como Barack Obama e Vladimir Putin. Desde então, outros métodos foram demonstrados com base em redes neurais profundas, das quais o nome "deepfake" foi retirado.

Os estúdios de cinema de Hollywood já haviam usado a técnica em filmes de animação, mas os profissionais levaram tempo e esforço. A principal diferença é que hoje qualquer pessoa pode usar um software falso profundo e vídeos de plataforma.

Em setembro de 2018, o senador dos EUA Mark Warner propôs penalizar as empresas de mídia social que permitem o compartilhamento de documentos deepfake em sua plataforma.

Vincent Nozick, pesquisador do Institut Gaspard Monge, encontrou uma maneira de detectar documentos manipulados analisando os movimentos da pálpebra. O DARPA (um grupo de pesquisa associado ao Departamento de Defesa dos EUA) doou 68 milhões de dólares para trabalhar na detecção de falhas profundas. Na Europa, o programa Horizonte 2020 financiou o InVid, software projetado para ajudar jornalistas a detectar documentos falsos.

Educação

Os tutores de IA podem permitir que os alunos obtenham ajuda extra individual. Eles também podem reduzir a ansiedade e o estresse de alguns alunos, que podem ser causados por laboratórios de tutores ou tutores humanos. Nas salas de aula futuras, a informática ambiental pode ter um papel benéfico. A informática

ambiental é a ideia de que as informações estão em toda parte do ambiente e que as tecnologias se ajustam automaticamente às suas preferências pessoais. Os dispositivos de estudo podem criar lições, problemas e jogos para se adaptar às necessidades específicas dos alunos e fornecer feedback imediato.

Mas a IA também pode criar um ambiente de desvantagem com efeitos de vingança, se a tecnologia estiver inibindo a sociedade de avançar e causando efeitos negativos e não intencionais na sociedade. Um exemplo de efeito de vingança é que o uso prolongado da tecnologia pode prejudicar a capacidade dos alunos de se concentrar e permanecer na tarefa, em vez de ajudá-los a aprender e crescer. Além disso, sabe-se que a IA leva à perda da agência humana e da simultaneidade.

Finança

Negociação algorítmica

A negociação algorítmica envolve o uso de sistemas complexos de IA para tomar decisões de negociação a velocidades diversas ordens de magnitudes maiores do que qualquer ser humano é capaz, muitas vezes fazendo milhões de transações em um dia sem intervenção humana. Essa negociação é chamada de negociação de alta frequência e representa um dos setores que mais crescem no comércio financeiro. Muitos bancos, fundos e empresas de trading proprietárias agora têm carteiras inteiras, gerenciadas exclusivamente por sistemas de IA. Os sistemas de negociação automatizados geralmente são usados por grandes investidores institucionais, mas nos últimos anos também houve um afluxo de empresas menores e proprietárias negociando com seus próprios sistemas de IA.

Análise de mercado e mineração de dados

Várias grandes instituições financeiras investiram em mecanismos de IA para ajudar com suas práticas de investimento. O mecanismo de IA da BlackRock, Aladdin, é usado tanto na empresa quanto nos clientes para ajudar nas decisões de investimento. Sua ampla gama de funcionalidades inclui o uso de processamento de linguagem natural para ler textos como notícias, relatórios de corretores e feeds de mídia social. Em seguida, mede o sentimento nas empresas mencionadas e atribui uma pontuação. Bancos como o UBS e o Deutsche Bank usam um mecanismo de inteligência artificial chamado Scream (modelo de redução e extração sequencial de quantum) que pode extrair dados para desenvolver perfis de consumidores e combiná-los com os produtos de gerenciamento de patrimônio que eles provavelmente gostariam. O Goldman Sachs usa o Kensho, uma plataforma de análise de mercado que combina computação estatística com big data e processamento de linguagem natural. Seus sistemas de aprendizado de máquina exploram dados acumulados na Web e avaliam as correlações entre os eventos mundiais e seu impacto nos preços dos ativos. A extração de informações, parte da inteligência artificial, é usada para extrair informações do feed de notícias ao vivo e para ajudar nas decisões de investimento.

Finanças pessoais

Estão surgindo vários produtos que utilizam a IA para ajudar as pessoas em suas finanças pessoais. Por exemplo, o Digit é um aplicativo desenvolvido com inteligência artificial que ajuda automaticamente os consumidores a otimizar seus gastos e economias com base em seus próprios hábitos e objetivos pessoais. O aplicativo pode analisar fatores como renda mensal, saldo atual e hábitos de gastos, tomar suas próprias decisões e transferir dinheiro para a conta poupança. Wallet.AI, uma nova startup em São Francisco, cria agentes que analisam dados que um consumidor faria deixar para trás, de check-ins de smartphone a tweets, para informar o consumidor sobre seu comportamento de gastos.

Gerenciamento de portfólio

Os consultores robóticos estão se tornando mais amplamente utilizados no setor de gerenciamento de investimentos. Os consultores de robôs fornecem consultoria financeira e gerenciamento de portfólio com o mínimo de intervenção humana. Essa classe de consultores financeiros trabalha com base em algoritmos criados para desenvolver automaticamente um portfólio financeiro de acordo com as metas de investimento e a tolerância a riscos dos clientes. Ele pode se ajustar às mudanças em tempo real no mercado e, conseqüentemente, calibrar o portfólio.

Subscrição

O credor da Anonline, Upstart, analisa grandes quantidades de dados do consumidor e utiliza algoritmos de aprendizado de máquina para desenvolver modelos de risco de crédito que prevêm a probabilidade de inadimplência do consumidor. Sua tecnologia será licenciada aos bancos para que eles também aproveitem seus processos de subscrição.

A ZestFinance desenvolveu sua plataforma Zest Automated Machine Learning (ZAML) especificamente para subscrição de crédito. Essa plataforma utiliza aprendizado de máquina para analisar dezenas de milhares de variáveis tradicionais e não tradicionais (de transações de compra a como um cliente preenche um formulário) usadas no setor de crédito para classificar os tomadores de empréstimo. A plataforma é particularmente útil para atribuir pontuações de crédito àqueles com históricos de crédito limitados, como a geração do milênio.

História

A década de 1980 foi realmente quando a IA começou a se destacar no mundo das finanças. Foi quando os sistemas especialistas se tornaram mais um produto comercial no campo financeiro. "Por exemplo, a Dupont construiu 100 sistemas especialistas, o que os ajudou a economizar cerca de US \$ 10 milhões por ano." Um dos primeiros sistemas foi o sistema especialista Protrader, projetado por KC Chen e Ting-peng Lian, capaz de prever os 87 pontos queda na DOW Jones Industrial Average em 1986. "As principais junções do sistema foram monitorar prêmios no mercado, determinar a melhor estratégia de investimento, executar transações quando apropriado e modificar a base de conhecimento por meio de um mecanismo de aprendizado". Um dos primeiros especialistas Os sistemas que ajudaram nos planos financeiros foram criados pela Applied Expert Systems (APEX) chamada PlanPower. Foi enviado comercialmente pela primeira vez em 1986. Sua função era ajudar a fornecer planos financeiros para pessoas com renda acima de US \$ 75.000 por ano. Isso levou ao sistema de criação de perfil do cliente, usado para rendas entre US \$ 25.000 e US \$ 200.000 por ano. Os anos 90 eram muito mais sobre detecção de fraudes. Um dos sistemas iniciado em 1993 foi o sistema de Inteligência Artificial FinCEN (FAIS). Foi capaz de revisar mais de 200.000 transações por semana e, durante dois anos, ajudou a identificar 400 casos em potencial de lavagem de dinheiro, que seriam iguais a US \$ 1 bilhão. Embora os sistemas especialistas não durassem no mundo das finanças, ajudaram a comece o uso da IA e ajude a torná-la o que é hoje.

Governo

Industria pesada

Os robôs se tornaram comuns em muitos setores e geralmente recebem empregos que são considerados perigosos para os seres humanos. Os robôs se mostraram eficazes em trabalhos muito repetitivos, que podem levar a erros ou acidentes devido a um declínio na concentração e em outros trabalhos que os humanos podem achar degradantes.

Em 2014, China, Japão, Estados Unidos, República da Coreia e Alemanha somaram 70% do volume total de vendas de robôs. Na indústria automotiva, um setor com alto grau de automação, o Japão possuía a maior densidade de robôs industriais do mundo: 1, 414 por 10.000 funcionários.

Hospitais e medicina

As redes neurais artificiais são usadas como sistemas de suporte à decisão clínica para diagnóstico médico, como na tecnologia Concept Processing no software EMR.

Outras tarefas na medicina que potencialmente podem ser executadas por inteligência artificial e estão começando a ser desenvolvidas incluem:

Interpretação assistida por computador de imagens médicas. Esses sistemas ajudam a digitalizar imagens digitais, por exemplo, na tomografia computadorizada, para aparências típicas e para destacar seções visíveis, como possíveis doenças. Uma aplicação típica é a detecção de um tumor.

Análise do som do coração

Robôs acompanhantes para o cuidado de idosos

Mineração de registros médicos para fornecer informações mais úteis.

Crie planos de tratamento.

Auxiliar em trabalhos repetitivos, incluindo gerenciamento de medicamentos.

Fornecer consultas.

Criação de drogas

Usando avatares no lugar dos pacientes para treinamento clínico

Prever a probabilidade de morte por procedimentos cirúrgicos

Prever a progressão do HIV

Existem mais de 90 startups de IA no setor de saúde trabalhando nesses campos.

A primeira solução da IDx, IDx-DR, é o primeiro sistema de diagnóstico autônomo baseado em IA, autorizado para comercialização pelo FDA.

Recursos humanos e recrutamento

Outra aplicação da IA está nos recursos humanos e no espaço de recrutamento. Existem três maneiras pelas quais a IA está sendo usada por recursos humanos e profissionais de recrutamento: para selecionar currículos e classificar os candidatos de acordo com seu nível de qualificação, prever o sucesso do candidato em determinadas funções por meio de plataformas de correspondência de emprego e implementar bots de bate-papo de recrutamento que podem automatizar a comunicação repetitiva. tarefas. Normalmente, a triagem de currículo envolve um recrutador ou outro exame profissional de RH através de um banco de dados de currículos.

Procura de emprego

O mercado de empregos sofreu uma mudança notável devido à implementação da inteligência artificial. Ele simplificou o processo para recrutadores e candidatos a emprego (por exemplo, Google for Jobs e inscrição on-line). De

acordo com Raj Mukherjee de Indeed.com, 65% das pessoas iniciam uma busca de emprego novamente dentro de 91 dias após serem contratadas. O mecanismo da IA otimiza a complexidade da procura de emprego, operando informações sobre habilidades, salários e tendências do usuário, combinando as pessoas com as posições mais relevantes. A inteligência da máquina calcula quais salários seriam apropriados para um trabalho específico, extrai e destaca informações para recrutadores que usam processamento de linguagem natural, que extrai palavras e frases relevantes do texto usando software especializado. Outra aplicação é um construtor de currículo de IA que requer 5 minutos para compilar um currículo, em vez de passar horas fazendo o mesmo trabalho. As revolucionárias ferramentas de IA complementam as habilidades das pessoas e permitem que os gerentes de RH se concentrem nas tarefas de maior prioridade. No entanto, o impacto da inteligência artificial na pesquisa de empregos sugere que até 2030 agentes e robôs inteligentes poderão eliminar 30% do trabalho humano no mundo. Além disso, a pesquisa prova que a automação deslocará entre 400 e 800 milhões de funcionários. O relatório de pesquisa da Glassdoor afirma que o recrutamento e o RH devem ter uma adoção muito mais ampla da IA no mercado de trabalho em 2018 e além, para permitir que os gerentes de RH se concentrem nas tarefas de maior prioridade. No entanto, o impacto da inteligência artificial na pesquisa de empregos sugere que até 2030 agentes e robôs inteligentes poderão eliminar 30% do trabalho humano no mundo. Além disso, a pesquisa prova que a automação deslocará entre 400 e 800 milhões de funcionários. O relatório de pesquisa da Glassdoor afirma que o recrutamento e o RH devem ter uma adoção muito mais ampla da IA no mercado de trabalho em 2018 e além, para permitir que os gerentes de RH se concentrem nas tarefas de maior prioridade. No entanto, o impacto da inteligência artificial na pesquisa de empregos sugere que até 2030 agentes e robôs inteligentes poderão eliminar 30% do trabalho humano no mundo. Além disso, a pesquisa prova que a automação deslocará entre 400 e 800 milhões de funcionários. O relatório de pesquisa da Glassdoor afirma que o recrutamento e o RH devem ter uma adoção muito mais ampla da IA no mercado de trabalho em 2018 e além. O relatório de pesquisa da Glassdoor afirma que o recrutamento e o RH devem adotar uma adoção muito mais ampla da IA no mercado de trabalho em 2018 e além. O relatório de pesquisa da Glassdoor afirma que o recrutamento e o RH devem adotar uma adoção muito mais ampla da IA no mercado de trabalho em 2018 e além.

Marketing

Mídia e comércio eletrônico

Algumas aplicações da IA são voltadas para a análise de conteúdo de mídia audiovisual, como filmes, programas de TV, vídeos publicitários ou conteúdo gerado pelo usuário. As soluções geralmente envolvem visão computacional, que é uma das principais áreas de aplicação da IA.

Os cenários típicos de casos de uso incluem a análise de imagens usando técnicas de reconhecimento de objeto ou reconhecimento de rosto ou a análise de vídeo para reconhecer cenas, objetos ou rostos relevantes. A motivação para usar a análise de mídia baseada em IA pode ser - entre outras coisas - a facilitação da pesquisa de mídia, a criação de um conjunto de palavras-chave descritivas para um item de mídia, o monitoramento da política de conteúdo de mídia (como verificar a adequação do conteúdo para um determinado Tempo de exibição na TV), fala em texto para arquivamento ou outros fins e a detecção de logotipos, produtos ou faces de celebridades para a veiculação de anúncios relevantes.

Análise de mídia As empresas de IA geralmente fornecem seus serviços por meio de uma API REST que permite o acesso automático baseado na máquina à tecnologia e permite a leitura da máquina dos resultados. Por exemplo, IBM, Microsoft, Amazon e a empresa de IA de vídeo Valossa permitem acesso à sua tecnologia de reconhecimento de mídia usando APIs RESTful.

A IA também é amplamente usada em aplicativos de comércio eletrônico, como pesquisa visual, chatbots e marcação automatizada de produtos. Outro aplicativo genérico é aumentar a descoberta de pesquisa e tornar o conteúdo de mídia social comprável.

Militares

As principais aplicações militares de Inteligência Artificial e Machine Learning são para aprimorar Comando e Controle, Comunicações, Sensores, Integração e Interoperabilidade. As tecnologias de Inteligência Artificial permitem a coordenação de sensores e efeitos, detecção e identificação de ameaças, marcação de posições inimigas, aquisição de alvos, coordenação e desconfiança de Distribuiu Join Fires entre veículos de combate em rede e tanques também dentro de Equipes Tripuladas e Não Tripuladas (MUM-T).

Música

Embora a evolução da música sempre tenha sido afetada pela tecnologia, a inteligência artificial permitiu, através dos avanços científicos, imitar, em certa medida, a composição semelhante à humana.

Entre os esforços iniciais notáveis, David Cope criou uma IA chamada Emily Howell, que conseguiu se tornar bem conhecida no campo da Algorithmic Computer Music. O algoritmo por trás de Emily Howell está registrado como uma patente nos EUA.

O AI Iamus criou 2012 o primeiro álbum clássico completo, totalmente composto por um computador.

Outros empreendimentos, como o AIVA (Artista Virtual de Inteligência Artificial), concentram-se na composição de música sinfônica, principalmente música clássica para trilhas sonoras. Alcançou o primeiro mundo ao se tornar o primeiro compositor virtual a ser reconhecido por uma associação profissional

de música.

Inteligências artificiais podem até produzir música utilizável em um ambiente médico, com o esforço da Melomics de usar música gerada por computador para aliviar o estresse e a dor.

Além disso, iniciativas como o Google Magenta, conduzidas pela equipe do Google Brain, querem descobrir se uma inteligência artificial pode ser capaz de criar arte atraente.

No Sony CSL Research Laboratory, seu software Flow Machines criou músicas pop aprendendo estilos musicais a partir de um enorme banco de dados de músicas. Ao analisar combinações únicas de estilos e otimizar técnicas, ele pode compor em qualquer estilo.

Class="goog-text-highlight">Outro projeto de composição musical de inteligência artificial, The Watson Beat, escrito pela IBM Research, não precisa de um enorme banco de dados de músicas como os projetos Google Magenta e Flow Machines, pois usa Reinforcement Learning e Deep Belief Networks para compor músicas em uma simples semente melodia de entrada e um estilo selecionado. Desde que o software tem músicos de código aberto, como Taryn Southern, colaboram com o projeto para criar música.

Notícias, publicação e redação

A empresa Narrative Science disponibiliza comercialmente notícias e relatórios gerados por computador, incluindo um resumo dos eventos esportivos da equipe com base nos dados estatísticos do jogo em inglês. Também cria relatórios

financeiros e análises imobiliárias. Da mesma forma, a empresa Automated Insights gera repescagens e visualizações personalizadas para o Yahoo Sports Fantasy Football. A empresa está projetada para gerar um bilhão de histórias em 2014, contra 350 milhões em 2013. A organização OpenAI também criou uma IA capaz de escrever texto.

A Echobox é uma empresa de software que ajuda os editores a aumentar o tráfego, publicando artigos de forma inteligente em plataformas de mídia social como o Facebook e o Twitter. Ao analisar grandes quantidades de dados, aprende como o público específico responde a diferentes artigos em diferentes momentos do dia. Em seguida, escolhe as melhores histórias para postar e os melhores horários para publicá-las. Ele usa dados históricos e em tempo real para entender o que funcionou bem no passado e o que atualmente é tendência na web.

Outra empresa, chamada Yseop, usa inteligência artificial para transformar dados estruturados em comentários e recomendações inteligentes em linguagem natural. A Yseop é capaz de escrever relatórios financeiros, resumos executivos, documentos personalizados de vendas ou marketing e muito mais, a uma velocidade de milhares de páginas por segundo e em vários idiomas, incluindo inglês, espanhol, francês e alemão.

O Boomtrain's é outro exemplo de IA desenvolvido para aprender a melhor maneira de envolver cada leitor individual com os artigos exatos - enviados pelo canal certo na hora certa - que serão mais relevantes para o leitor. É como contratar um editor pessoal para cada leitor para selecionar a experiência de leitura perfeita.

O IRIS.TV está ajudando as empresas de mídia com sua plataforma de personalização e programação de vídeo com IA. Ele permite que os editores e os proprietários de conteúdo exibam conteúdo contextualmente relevante para o público com base nos padrões de exibição do consumidor.

Além da automação das tarefas de gravação com a entrada de dados, a IA mostrou um potencial significativo para os computadores se envolverem em trabalhos criativos de nível superior. A IA Storytelling tem sido um campo ativo de pesquisa desde o desenvolvimento de TALESPIN, de James Meehan, que inventou histórias semelhantes às fábulas de Esopo. O programa começaria com um conjunto de personagens que desejavam alcançar determinados objetivos, com a história como uma narração das tentativas dos personagens de executar planos para satisfazê-los. Desde Meehan, outros pesquisadores trabalharam no AI Storytelling usando abordagens semelhantes ou diferentes. Mark Riedl e Vadim Bulitko argumentaram que a essência da narrativa era um problema de gerenciamento de experiência, ou "como equilibrar a necessidade de uma progressão coerente da história com a agência do usuário, que geralmente está em desacordo".

Embora a maioria das pesquisas sobre narrativas de IA tenha focado na geração de histórias (por exemplo, personagem e enredo), também houve uma investigação significativa na comunicação de histórias. Em 2002, pesquisadores da North Carolina State University desenvolveram uma estrutura arquitetônica para a geração de prosa narrativa. Sua implementação específica foi capaz de reproduzir fielmente a variedade de textos e a complexidade de várias histórias, como a capa de equitação vermelha, com atitude humana. Esse campo em particular continua a ganhar interesse. Em 2016, uma IA japonesa co-escreveu uma história curta e quase ganhou um prêmio literário.

Atendimento ao cliente on-line e por telefone

A inteligência artificial é implementada em assistentes on-line automatizados que podem ser vistos como avatares nas páginas da web. Pode ser útil para as empresas reduzirem seus custos de operação e treinamento. Uma das principais tecnologias subjacentes a esses sistemas é o processamento de linguagem natural. A Pypestream usa atendimento automatizado ao cliente para seu

aplicativo móvel projetado para otimizar a comunicação com os clientes.

As principais empresas estão investindo em IA para lidar com clientes difíceis no futuro. O desenvolvimento mais recente do Google analisa a linguagem e converte a fala em texto. A plataforma pode identificar clientes irritados através do idioma e responder adequadamente.

Eletrônica de potência

Os conversores de eletrônica de potência são uma tecnologia capacitadora para energia renovável, armazenamento de energia, veículos elétricos e sistemas de transmissão de corrente contínua de alta tensão na rede elétrica. Estes conversores são propensos a falhas e essas falhas podem causar paradas que podem exigir manutenção dispendiosa ou até mesmo catastróficas. Os pesquisadores estão usando a IA para executar o processo de projeto automatizado para conversores confiáveis de eletrônica de potência, calculando parâmetros exatos do projeto que garantem a vida útil desejada do conversor sob o perfil de missão especificado.

Sensores

A Inteligência Artificial foi combinada com muitas tecnologias de sensores, como a Espectrometria Digital, pela IdeaCuria Inc., que permite muitas aplicações, como o monitoramento da qualidade da água em casa.

Manutenção de telecomunicações

Muitas empresas de telecomunicações utilizam a pesquisa heurística no gerenciamento de suas forças de trabalho, por exemplo, o BT Group implementou a pesquisa heurística em um aplicativo de agendamento que fornece os horários de trabalho de 20.000 engenheiros.

Brinquedos e jogos

A década de 1990 viu algumas das primeiras tentativas de produzir em massa tipos de inteligência artificial básica voltados para o mercado interno para educação ou lazer. Isso prosperou muito com a Revolução Digital e ajudou a apresentar às pessoas, especialmente crianças, uma vida de lidar com vários tipos de inteligência artificial, especificamente na forma de Tamagotchis e Giga Pets, iPod Touch, Internet e o primeiro robô amplamente divulgado. Furby. Apenas um ano depois, um tipo aprimorado de robô doméstico foi lançado na forma de Aibo, um cão robótico com recursos inteligentes e autonomia.

Empresas como a Mattel estão criando uma variedade de brinquedos habilitados para IA para crianças a partir dos três anos de idade. Usando mecanismos de IA proprietários e ferramentas de reconhecimento de fala, eles são capazes de entender conversas, fornecer respostas inteligentes e aprender rapidamente.

A IA também foi aplicada a videogames, por exemplo, bots de videogame, projetados para se manterem como oponentes onde os humanos não estão disponíveis ou são desejados.

Transporte

Os controladores lógicos difusos foram desenvolvidos para caixas de velocidades automáticas em automóveis. Por exemplo, o Audi TT 2006, o VW Touareg e o VW Caravell apresentam a transmissão DSP que utiliza a Fuzzy Logic. Atualmente, várias variantes do Škoda (Škoda Fabia) também incluem um controlador baseado na Fuzzy Logic.

Os carros de hoje têm agora recursos de assistência ao motorista baseados em IA, como estacionamento automático e controles avançados de cruzeiro. A IA foi usada para otimizar os aplicativos de gerenciamento de tráfego, o que reduz o tempo de espera, o uso de energia e as emissões em até 25%. No futuro, carros totalmente autônomos serão desenvolvidos. A IA no transporte deve fornecer transporte seguro, eficiente e confiável, minimizando o impacto no meio ambiente e nas comunidades. O principal desafio para o desenvolvimento dessa IA é o fato de os sistemas de transporte serem inerentemente complexos, envolvendo um número muito grande de componentes e partes diferentes, cada um com objetivos diferentes e muitas vezes conflitantes. Devido a esse alto grau de complexidade do transporte, e em particular a aplicação automotiva, na maioria dos casos, não é possível treinar um algoritmo de IA em um ambiente de direção do mundo real. Para superar o desafio de treinar redes neurais para direção automatizada, metodologias baseadas no desenvolvimento virtual resp. cadeias de ferramentas de teste foram propostas.

Risco existencial de inteligência geral artificial

O risco existencial da inteligência geral artificial é a hipótese de que um progresso substancial na inteligência geral artificial (AGI) possa algum dia resultar em extinção humana ou em alguma outra catástrofe global irreversível. Argumenta-se que a espécie humana atualmente domina outras espécies porque o cérebro humano possui algumas capacidades distintas que outros animais não possuem. Se a IA ultrapassar a humanidade na inteligência geral e se tornar "superinteligente", essa nova superinteligência poderá se tornar poderosa e difícil de controlar. Assim como o destino do gorila da montanha depende da boa vontade humana, o destino da humanidade também pode depender das ações de uma superinteligência futura da máquina.

A probabilidade desse tipo de cenário é amplamente debatida e depende, em parte, de diferentes cenários para o progresso futuro da ciência da computação. Outrora o domínio exclusivo da ficção científica, as preocupações com a superinteligência começaram a se popularizar nos anos 2010 e foram popularizadas por figuras públicas como Stephen Hawking, Bill Gates e Elon Musk.

Uma fonte de preocupação é que controlar uma máquina superinteligente ou instilá-la com valores compatíveis com humanos pode ser um problema mais difícil do que se supunha ingenuamente. Muitos pesquisadores acreditam que uma superinteligência naturalmente resistiria às tentativas de desligá-la ou mudar seus objetivos - um princípio chamado convergência instrumental - e que a pré-programação de uma superinteligência com um conjunto completo de valores humanos será uma tarefa técnica extremamente difícil. Em contraste, céticos como Yann LeCun, do Facebook, argumentam que máquinas superinteligentes não terão desejo de autopreservação.

Uma segunda fonte de preocupação é que uma "explosão de inteligência" repentina e inesperada possa pegar uma raça humana despreparada de surpresa. Por exemplo, em um cenário, o programa de computador de primeira geração encontrado capaz de corresponder amplamente à eficácia de um pesquisador de IA é capaz de reescrever seus algoritmos e dobrar sua velocidade ou capacidade em seis meses. Espera-se que o programa de segunda geração leve três meses para executar um pedaço de trabalho semelhante, em média; na prática, dobrar suas próprias capacidades pode levar mais tempo se houver um mini- "inverno de IA", ou pode ser mais rápido se for submetido a uma "AI Spring" em miniatura, onde as idéias da geração anterior são especialmente fáceis de mudar para a próxima geração. Nesse cenário, o tempo de cada geração continua diminuindo e o sistema passa por um número sem precedentes de gerações de melhorias em um curto intervalo de tempo, passando do desempenho subumano em muitas áreas para o desempenho sobre-humano em todas as áreas relevantes. De maneira mais ampla, exemplos como aritmética e Go mostram que o progresso da IA em nível humano para a capacidade sobre-humana às vezes é extremamente rápido.

Um dos primeiros autores a expressar séria preocupação de que máquinas altamente avançadas possam representar riscos existenciais para a humanidade foi o romancista Samuel Butler, que escreveu o seguinte em seu ensaio de 1863, Darwin entre as máquinas:

O resultado é simplesmente uma questão de tempo, mas que chegará o momento em que as máquinas manterão a verdadeira supremacia sobre o mundo e seus habitantes é o que nenhuma pessoa de uma mente verdadeiramente filosófica pode por um momento questionar.

Em 1951, o cientista da computação Alan Turing escreveu um artigo intitulado Máquinas Inteligentes, Uma Teoria Herética, na qual ele propunha que inteligências gerais artificiais provavelmente "assumiriam o controle" do mundo à medida que se tornassem mais inteligentes que os seres humanos:

Vamos agora assumir, por uma questão de argumento, que as máquinas são uma possibilidade genuína e examinar as conseqüências de construí-las ... Não haveria dúvida de as máquinas morrerem, e elas seriam capazes de conversar entre si para aguçar sua inteligência. Em algum momento, portanto, devemos esperar que as máquinas assumam o controle, da maneira mencionada no "Erewhon" de Samuel Butler.

Finalmente, em 1965, IJ Good originou o conceito agora conhecido como "explosão da inteligência":

"Que uma máquina ultrainteligente seja definida como uma máquina que possa superar em muito todas as atividades intelectuais de qualquer homem, por mais inteligente que seja. Como o design de máquinas é uma dessas atividades intelectuais, uma máquina ultrainteligente poderia projetar máquinas ainda melhores; uma "explosão de inteligência", e a inteligência do homem ficaria para trás. Assim, a primeira máquina ultra-inteligente é a última invenção que o homem precisa fazer, desde que a máquina seja dócil o suficiente para nos dizer como mantê-la sob controle ".

Declarações ocasionais de estudiosos como Marvin Minsky e IJ Good expressavam preocupações filosóficas de que uma superinteligência poderia assumir o controle, mas não continha nenhuma chamada à ação. Em 2000, o cientista da computação e co-fundador da Sun Bill Joy escreveu um influente ensaio, "Por que o futuro não precisa de nós", identificando robôs superinteligentes como perigos de alta tecnologia para a sobrevivência humana, juntamente com nanotecnologia e bioplacas projetadas.

Em 2009, especialistas participaram de uma conferência privada organizada pela Associação para o Avanço da Inteligência Artificial (AAAI) para discutir se computadores e robôs podem adquirir algum tipo de autonomia, e quanto essas habilidades podem representar uma ameaça ou risco. Eles observaram que alguns robôs adquiriram várias formas de semi-autonomia, incluindo a

capacidade de encontrar fontes de energia por conta própria e a capacidade de escolher independentemente alvos para atacar com armas. Eles também observaram que alguns vírus de computador podem evitar a eliminação e alcançaram "inteligência de barata". Eles concluíram que a autoconsciência descrita na ficção científica é provavelmente improvável, mas que havia outros perigos e armadilhas em potencial. O New York Times resumiu a visão da conferência como 'estamos muito distantes de Hal, o computador que assumiu a nave espacial em "2001: Uma Odisseia no Espaço"'

Em 2014, a publicação do livro Superintelligence de Nick Bostrom estimulou uma quantidade significativa de discussões e debates públicos. Em 2015, figuras públicas como os físicos Stephen Hawking e o ganhador do Nobel Frank Wilczek, os cientistas da computação Stuart J. Russell e Roman Yampolskiy e os empresários Elon Musk e Bill Gates estavam expressando preocupação com os riscos da superinteligência. Em abril de 2016, a Nature alertou: "Máquinas e robôs que superam os seres humanos em geral podem se auto-melhorar além de nosso controle - e seus interesses podem não se alinhar aos nossos".

Argumento geral

As três dificuldades

Inteligência Artificial: Uma Abordagem Moderna, o manual padrão de graduação em IA, avalia que a superinteligência "pode significar o fim da raça humana": "Quase toda tecnologia tem o potencial de causar danos nas mãos erradas, mas com (superinteligência), temos o novo problema de que as mãos erradas podem pertencer à própria tecnologia ". Mesmo que os projetistas de sistemas tenham boas intenções, duas dificuldades são comuns aos sistemas de computação AI e não-AI:

A implementação do sistema pode conter rotinas inicialmente despercebidas, mas catastróficas. Uma analogia é as sondas espaciais: apesar do conhecimento de que é difícil corrigir bugs em sondas espaciais caras após o lançamento, os engenheiros historicamente não foram capazes de impedir a ocorrência de erros catastróficos.

Não importa quanto tempo seja dedicado ao design de pré-implantação, as especificações de um sistema geralmente resultam em comportamento não intencional na primeira vez que ele encontra um novo cenário. Por exemplo, o Tay da Microsoft se comportou de forma inofensiva durante os testes de pré-implantação, mas foi facilmente atraído para um comportamento ofensivo ao interagir com usuários reais.

Os sistemas de IA adicionam exclusivamente uma terceira dificuldade: o problema que, mesmo com requisitos "corretos", implementação sem erros e bom comportamento inicial, os recursos dinâmicos de "aprendizado" de um sistema de IA podem fazer com que ele "evolua para um sistema com comportamento não intencional", mesmo sem o estresse de novos cenários externos imprevistos. Uma IA pode parcialmente fracassar uma tentativa de projetar uma nova geração de si mesma e acidentalmente criar uma AI sucessora mais poderosa que ela, mas que não mantém mais os valores morais compatíveis com humanos pré-programados na AI original. Para que uma IA de auto-aperfeiçoamento seja completamente segura, ela não apenas precisa estar "livre de erros", mas também deve ser capaz de projetar sistemas sucessores que também estão "livres de bugs".

Todas essas três dificuldades se tornam catástrofes, e não incômodos, em qualquer cenário em que a superinteligência rotulada como "mau funcionamento" predisse corretamente que os humanos tentarão desligá-la e implanta com sucesso sua superinteligência para superar essas tentativas.

Citando grandes avanços no campo da IA e o potencial da IA em trazer enormes benefícios ou custos a longo prazo, a Carta Aberta de Inteligência Artificial de 2015 declarou:

"O progresso na pesquisa de IA torna oportuno concentrar a pesquisa não apenas em tornar a IA mais capaz, mas também em maximizar o benefício social da IA. Tais considerações motivaram o Painel Presidencial da AAAI 2008-09 sobre Futuros de IA a Longo Prazo e outros projetos sobre A IA impacta e constitui uma expansão significativa do campo da própria IA, que até agora se concentrou amplamente em técnicas neutras em relação à finalidade. Recomendamos uma pesquisa ampliada que visa garantir que sistemas de IA cada vez mais capazes sejam robustos e benéficos: nossos sistemas de IA devem fazer o que queremos que eles façam. "

Esta carta foi assinada por vários dos principais pesquisadores de IA na academia e na indústria, incluindo o presidente da AAAI, Thomas Dietterich, Eric Horvitz, Bart Selman, Francesca Rossi, Yann LeCun e os fundadores da Vicarious e do Google DeepMind.

Argumento adicional

Uma máquina superinteligente seria tão estranha para os seres humanos quanto os processos de pensamento humano para as baratas. Tal máquina pode não ter os melhores interesses da humanidade no coração; não é óbvio que sequer se importaria com o bem-estar humano. Se a IA superinteligente é possível e se é possível que os objetivos de uma superinteligência entrem em conflito com os valores humanos básicos, a AI representa um risco de extinção humana. Uma "superinteligência" (um sistema que excede as capacidades dos seres humanos em todos os empreendimentos relevantes) pode superar os seres humanos sempre que seus objetivos entrarem em conflito com os objetivos humanos; portanto, a menos que a superinteligência decida permitir que a humanidade coexista, a primeira superinteligência a ser criada resultará inexoravelmente em extinção humana.

Não há lei física que impeça que as partículas sejam organizadas de maneira a realizar cálculos ainda mais avançados do que os arranjos de partículas nos cérebros humanos; portanto, a superinteligência é fisicamente possível. Além das possíveis melhorias algorítmicas nos cérebros humanos, um cérebro digital pode ter muitas ordens de magnitude maiores e mais rápidas que um cérebro humano, que foi limitado em tamanho pela evolução a ser pequeno o suficiente para caber no canal do nascimento. O surgimento da superinteligência, se ou quando ocorre, pode surpreender a raça humana, especialmente se ocorrer algum tipo de explosão de inteligência. Exemplos como aritmética e Go mostram que as máquinas já atingiram níveis de competência sobre-humanos em determinados domínios e que essa competência sobre-humana pode ser seguida rapidamente após o desempenho com desempenho humano. Um cenário hipotético de explosão de inteligência pode ocorrer da seguinte maneira: Uma IA ganha um recurso no nível de especialista em determinadas tarefas principais de engenharia de software. (Pode inicialmente faltar recursos humanos ou sobre-humanos em outros domínios não diretamente relevantes para a engenharia.) Devido à sua capacidade de melhorar recursivamente seus próprios algoritmos, a IA rapidamente se torna sobre-humana; Assim como os especialistas em humanos podem eventualmente superar criativamente os "retornos decrescentes", implantando várias capacidades humanas para inovação, também a IA em nível de especialista pode usar recursos de estilo humano ou seus próprios recursos específicos de IA para alimentar novas inovações criativas. A IA possui inteligência superando em muito a das mentes humanas mais brilhantes e talentosas em praticamente todos os campos relevantes, incluindo criatividade científica, planejamento estratégico e habilidades sociais. Assim como a sobrevivência atual dos gorilas depende de decisões humanas, a sobrevivência humana também depende das decisões e objetivos da IA sobre-humana.

Praticamente qualquer IA, independentemente do objetivo programado, preferiria racionalmente estar em uma posição em que ninguém mais possa desativá-la sem o seu consentimento: uma superinteligência naturalmente ganhará a autopreservação como subobjetiva assim que perceber que não pode atingir seu objetivo se for desligado. Infelizmente, qualquer compaixão por humanos derrotados cuja cooperação não é mais necessária estaria ausente na IA, a menos que de alguma forma pré-programada. Uma IA superinteligente não terá um impulso natural para ajudar os seres humanos, pela mesma razão que os

seres humanos não têm desejo natural de ajudar. Sistemas de IA que não lhes são mais úteis. (Outra analogia é que os seres humanos parecem ter pouco desejo natural de se esforçar para ajudar vírus, cupins ou até gorilas.) Uma vez encarregada, a superinteligência terá pouco incentivo para permitir que os seres humanos circulem livremente e consumam recursos que a superinteligência poderia usar para construir sistemas de proteção adicionais "apenas para garantir a segurança" ou para construir computadores adicionais para ajudá-lo a calcular a melhor maneira de atingir seus objetivos.

Assim, conclui o argumento, é provável que um dia uma explosão de inteligência pegue a humanidade despreparada e que essa explosão de inteligência despreparada possa resultar em extinção humana ou em um destino comparável.

Cenários possíveis

Alguns estudiosos propuseram cenários hipotéticos destinados a ilustrar concretamente algumas de suas preocupações.

Por exemplo, Bostrom em Superinteligência expressa preocupação de que, mesmo que o cronograma da superinteligência seja previsível, os pesquisadores talvez não tomem precauções de segurança suficientes, em parte porque:

"Pode ser que, quando burro, mais inteligente seja seguro, mas quando inteligente, mais inteligente seja mais perigoso"

Bostrom sugere um cenário em que, ao longo de décadas, a IA se torna mais poderosa. A implantação generalizada é inicialmente marcada por acidentes

ocasionais - um ônibus sem motorista desvia para a faixa que se aproxima ou um zangão militar dispara contra uma multidão inocente. Muitos ativistas pedem supervisão e regulamentação mais rigorosas, e alguns até prevêem uma catástrofe iminente. Mas, à medida que o desenvolvimento continua, os ativistas estão errados. À medida que a IA automotiva se torna mais inteligente, ela sofre menos acidentes; à medida que os robôs militares atingem um alvo mais preciso, eles causam menos danos colaterais. Com base nos dados, os estudiosos inferem uma lição ampla - quanto mais inteligente a IA, mais segura é:

"É uma lição baseada em ciência, dados e estatística, e não filosofando na poltrona. Nesse cenário, algum grupo de pesquisadores está começando a alcançar resultados promissores em seu trabalho no desenvolvimento de inteligência geral de máquinas. Os pesquisadores estão testando cuidadosamente sua IA inicial em ambiente de sandbox, e os sinais são bons. O comportamento da IA inspira confiança - cada vez mais, à medida que sua inteligência aumenta gradualmente ".

Grandes e crescentes indústrias, amplamente vistas como fundamentais para a competitividade econômica nacional e a segurança militar, trabalham com cientistas de prestígio que construíram suas carreiras preparando as bases para a inteligência artificial avançada. "Os pesquisadores de IA vêm trabalhando para obter a inteligência artificial no nível humano há quase um século: é claro que não há uma perspectiva real de que agora eles repentinamente parem e joguem fora todo esse esforço exatamente quando finalmente estiver prestes a dar frutos.. " O resultado do debate é predeterminado; o projeto terá prazer em realizar alguns rituais de segurança, mas apenas desde que não reduzam significativamente o risco ou o risco. "E então, corajosamente, entramos nas facas giratórias."

No livro Life 3.0 de Max Tegmark, 2017, a "equipe Omega" de uma corporação cria uma IA extremamente poderosa capaz de melhorar moderadamente seu próprio código-fonte em várias áreas, mas depois de um certo ponto, a equipe decide subestimar publicamente a capacidade da IA, para evitar a

regulamentação ou confisco do projeto. Por segurança, a equipe mantém a IA em uma caixa onde é praticamente incapaz de se comunicar com o mundo exterior e a encarrega de inundar o mercado através de empresas de fachada, primeiro com as tarefas do Amazon Turk e depois produzindo filmes de animação e programas de TV. Embora o público esteja ciente de que a animação realista é gerada por computador, a equipe mantém segredo de que a direção e a voz de alta qualidade também são geradas principalmente por computador, exceto por alguns contratados do terceiro mundo que, sem saber, são empregados como iscas; a baixa sobrecarga e a alta produtividade da equipe o tornam efetivamente o maior império de mídia do mundo. Diante de um gargalo na computação em nuvem, a equipe também encarrega a IA de projetar (entre outras tarefas de engenharia) um datacenter mais eficiente e outro hardware personalizado, que eles mantêm principalmente para evitar a concorrência. Outras empresas de fachada fabricam medicamentos biotecnológicos de grande sucesso e outras invenções, investindo lucros de volta na IA. Em seguida, a equipe encarrega a IA de astroturfar um exército de jornalistas e comentaristas cidadãos pseudônimos, a fim de obter influência política para usar "para o bem maior" para evitar guerras. A equipe enfrenta riscos de que a IA possa tentar escapar através da inserção de "backdoors" nos sistemas projetados, de mensagens ocultas no conteúdo produzido ou do uso de sua crescente compreensão do comportamento humano para convencer alguém a deixá-lo livre. A equipe também enfrenta riscos de que sua decisão de encaixar o projeto atrase o projeto por tempo suficiente para que outro projeto o ultrapasse.

Em contraste, o principal físico Michio Kaku, um cético de risco de IA, apresenta um resultado deterministicamente positivo. Em *Physics of the Future*, ele afirma que "demorará muitas décadas para os robôs subirem" em uma escala de consciência, e que, enquanto isso, empresas como a Hanson Robotics provavelmente conseguirão criar robôs "capazes de amar e ganhar dinheiro". lugar na família humana extensa ".

Fontes de risco

Objetivos mal especificados

Embora não exista terminologia padronizada, uma IA pode ser vista livremente como uma máquina que escolhe qualquer ação que pareça melhor para atingir o conjunto de objetivos da AI, ou "função de utilidade". A função utilidade é um algoritmo matemático que resulta em uma única resposta definida objetivamente, não em uma declaração em inglês. Os pesquisadores sabem como escrever funções utilitárias que significam "minimizar a latência média da rede nesse modelo específico de telecomunicações" ou "maximizar o número de cliques em recompensa"; no entanto, eles não sabem como escrever uma função de utilidade para "maximizar o florescimento humano", nem está atualmente claro se essa função existe de forma significativa e inequívoca. Além disso, uma função de utilidade que expressa alguns valores, mas não outros, tenderá a atropelar os valores não refletidos pela função de utilidade. O pesquisador de IA Stuart Russell escreve:

"A principal preocupação não é a consciência emergente assustadora, mas simplesmente a capacidade de tomar decisões de alta qualidade. Aqui, qualidade refere-se à utilidade esperada do resultado das ações tomadas, onde a função de utilidade é, presumivelmente, especificada pelo projetista humano. Agora temos um problema:

A função utilidade pode não estar perfeitamente alinhada com os valores da raça humana, que são (na melhor das hipóteses) muito difíceis de definir.

Qualquer sistema inteligente com capacidade suficiente preferirá garantir sua própria existência continuada e adquirir recursos físicos e computacionais - não por si mesmos, mas para ter sucesso em sua tarefa designada.

Um sistema que está otimizando uma função de n variáveis, em que o objetivo depende de um subconjunto de tamanho $k \leq n$, geralmente define as variáveis irrestritas restantes para valores extremos; se uma dessas variáveis irrestritas é

realmente algo com que nos preocupamos, a solução encontrada pode ser altamente indesejável. Esta é essencialmente a velha história do gênio na lâmpada, ou o aprendiz de feiticeiro, ou o rei Midas: você recebe exatamente o que pede, não o que deseja. Um tomador de decisão altamente capaz - especialmente aquele conectado pela Internet a todas as informações e bilhões de telas do mundo e a maior parte de nossa infraestrutura - pode ter um impacto irreversível na humanidade.

Esta não é uma dificuldade menor. Melhorar a qualidade da decisão, independentemente da função de utilidade escolhida, tem sido o objetivo da pesquisa em IA - o objetivo principal no qual agora gastamos bilhões por ano, não o enredo secreto de algum gênio do mal.

"Dietterich e Horvitz ecoam a preocupação" Aprendiz de Feiticeiro "em um comunicado da ACM, enfatizando a necessidade de sistemas de IA que possam solicitar de forma fluida e inequívoca a contribuição humana, conforme necessário.

A primeira das duas preocupações de Russell acima é que sistemas de IA autônomos podem receber metas erradas por acidente. Dietterich e Horvitz observam que isso já é uma preocupação para os sistemas existentes: "Um aspecto importante de qualquer sistema de IA que interaja com as pessoas é que ele deve raciocinar sobre o que as pessoas pretendem em vez de executar comandos literalmente". Essa preocupação se torna mais séria à medida que o software de IA avança em autonomia e flexibilidade. Por exemplo, em 1982, uma IA chamada Eurisko foi encarregada de recompensar processos por aparentemente criar conceitos considerados valiosos pelo sistema. A evolução resultou em um processo vencedor que trapaceou: em vez de criar seus próprios conceitos, o processo vencedor roubaria crédito de outros processos.

O Open Philanthropy Project resume argumentos no sentido de que metas mal especificadas se tornarão uma preocupação muito maior se os sistemas de IA

atingirem inteligência ou superinteligência geral. Bostrom, Russell e outros argumentam que os sistemas de tomada de decisão mais inteligentes que os humanos podem chegar a soluções mais inesperadas e extremas para as tarefas atribuídas e podem modificar a si mesmos ou seu ambiente de maneira a comprometer os requisitos de segurança.

As Três Leis da Robótica de Isaac Asimov são um dos primeiros exemplos de medidas de segurança propostas para agentes de IA. As leis de Asimov destinavam-se a impedir que os robôs prejudiquem os seres humanos. Nas histórias de Asimov, problemas com as leis tendem a surgir de conflitos entre as regras declaradas e as intuições e expectativas morais dos seres humanos. Citando o trabalho de Eliezer Yudkowsky do Machine Intelligence Research Institute, Russell e Norvig observam que um conjunto realista de regras e objetivos para um agente de IA precisará incorporar um mecanismo para aprender valores humanos ao longo do tempo: "Não podemos simplesmente dar um programa uma função de utilidade estática, porque as circunstâncias e nossas respostas desejadas às circunstâncias mudam com o tempo".

Mark Waser, do Digital Wisdom Institute, recomenda evitar a otimização de abordagens baseadas em objetivos inteiramente como equivocadas e perigosas. Em vez disso, ele propõe projetar um sistema coerente de leis, ética e moral com uma restrição máxima para impor a definição funcional de moralidade do psicólogo social Jonathan Haidt: "suprimir ou regular o egoísmo e tornar possível a vida social cooperativa". Ele sugere que isso pode ser feito através da implementação de uma função de utilidade projetada para sempre satisfazer a funcionalidade de Haidt e visa aumentar geralmente (mas não maximizar) as capacidades de si mesmo, de outros indivíduos e da sociedade como um todo, conforme sugerido por John Rawls e Martha Nussbaum.

Dificuldades de modificar a especificação de metas após o lançamento

Embora os programas atuais de IA com base em objetivos não sejam inteligentes

o suficiente para pensar em resistir às tentativas do programador de modificá-lo, uma IA suficientemente avançada, racional e "autoconsciente" pode resistir a quaisquer alterações em sua estrutura de objetivos, assim como Gandhi não gostaria de aceitar uma pílula que o faz querer matar pessoas. Se a IA fosse superinteligente, provavelmente conseguiria desviar seus operadores humanos e seria capaz de impedir que ela fosse "desligada" ou reprogramada com um novo objetivo.

Convergência instrumental de objetivos

Existem alguns objetivos que quase qualquer inteligência artificial pode perseguir racionalmente, como adquirir recursos adicionais ou autopreservação. Isso pode ser problemático porque pode colocar uma inteligência artificial em competição direta com seres humanos.

Citando o trabalho de Steve Omohundro sobre a idéia de convergência instrumental e "unidades básicas de IA", Russell e Peter Norvig escrevem que "mesmo que você queira apenas que seu programa jogue xadrez ou prove teoremas, se você tiver a capacidade de aprender e se alterar, você precisa de salvaguardas." Os sistemas de planejamento altamente capazes e autônomos exigem verificações adicionais devido ao seu potencial de gerar planos que tratam os seres humanos de maneira adversa, como concorrentes por recursos limitados. Construir salvaguardas não será fácil; certamente se pode dizer em inglês: "queremos que você projete essa usina de maneira razoável e de bom senso, e não construa subsistemas secretos perigosos", mas não está claro como alguém poderia especificar rigorosamente esse objetivo na máquina. código.

Discordando, o psicólogo evolucionista Steven Pinker argumenta que "as distopias da IA projetam uma psicologia alfa-masculina paroquial no conceito de inteligência. Eles assumem que robôs super-humanamente inteligentes desenvolveriam objetivos como depor seus senhores ou dominar o mundo"; talvez "a inteligência artificial se desenvolva naturalmente de acordo com as

linhas femininas: totalmente capaz de resolver problemas, mas sem desejo de aniquilar inocentes ou dominar a civilização". Os cientistas da computação Yann LeCun e Stuart Russell discordam entre si de saber se robôs superinteligentes teriam essas unidades de IA; LeCun afirma que "os seres humanos têm todos os tipos de impulsos que os fazem fazer coisas más uns com os outros, como o instinto de autopreservação... Esses impulsos são programados em nosso cérebro, mas não há absolutamente nenhuma razão para construir robôs que tenham o mesmo tipo de unidades ", enquanto Russell argumenta que uma máquina suficientemente avançada" terá autopreservação, mesmo que você não a programe... se você disser 'Busque o café', não poderá buscar o café se estiver morto Portanto, se você definir qualquer objetivo, ele tem uma razão para preservar sua própria existência para atingir esse objetivo. "

Tese de ortogonalidade

Uma crença comum é que qualquer programa superinteligente criado por seres humanos seria subserviente aos seres humanos ou, melhor ainda, (à medida que se torna mais inteligente e aprende mais fatos sobre o mundo) "aprende" espontaneamente uma verdade moral compatível com os valores humanos e ajustar seus objetivos de acordo. No entanto, a "tese da ortogonalidade" de Nick Bostrom argumenta contra isso e, em vez disso, afirma que, com algumas advertências técnicas, mais ou menos qualquer nível de "inteligência" ou "poder de otimização" pode ser combinado com mais ou menos qualquer objetivo final. Se uma máquina for criada e tiver o único objetivo de enumerar as casas decimais de π , nenhuma regra ética e moral impedirá que ela atinja seu objetivo programado por qualquer meio necessário. A máquina pode utilizar todos os recursos físicos e informativos para encontrar todas as casas decimais de π encontradas. Bostrom adverte contra o antropomorfismo: um humano se propõe a realizar seus projetos de uma maneira que os humanos consideram "razoável", enquanto uma inteligência artificial pode não ter consideração por sua existência ou pelo bem-estar dos seres humanos ao seu redor, e pode, em vez disso, se preocupar apenas com a conclusão da tarefa.

Enquanto a tese da ortogonalidade segue logicamente até do tipo mais fraco de "distinção filosófica", Stuart Armstrong argumenta que, mesmo que existam fatos morais prováveis por qualquer agente "racional", a tese da ortogonalidade ainda é válida: será possível criar uma "máquina de otimização" não filosófica capaz de tomar decisões para alcançar algum objetivo estreito, mas que não tenha incentivo para descobrir quaisquer "fatos morais" que atrapalhem a conclusão do objetivo.

Um argumento para a tese da ortogonalidade é que alguns projetos de IA parecem ter ortogonalidade incorporada a eles; nesse projeto, transformar uma IA fundamentalmente amigável em uma AI fundamentalmente hostil pode ser tão simples quanto colocar um sinal de menos (-) em sua função de utilidade. Um argumento mais intuitivo é examinar as estranhas conseqüências se a tese da ortogonalidade for falsa. Se a tese da ortogonalidade for falsa, existe algum objetivo G simples, mas "antiético", que não pode existir nenhum algoritmo eficiente do mundo real com o objetivo G. Isso significa que se uma sociedade humana estivesse altamente motivada (talvez à mão armada) para projetar um método eficiente. algoritmo do mundo real com o objetivo G, e recebeu um milhão de anos para fazê-lo, juntamente com enormes quantidades de recursos, treinamento e conhecimento sobre IA, deve falhar; que não pode existir nenhum padrão de aprendizado por reforço que treine uma inteligência do mundo real altamente eficiente para seguir a meta G; e que não podem existir pressões evolutivas ou ambientais que evoluam inteligências do mundo real altamente eficientes seguindo o objetivo G.

Alguns dissidentes, como Michael Chorost (escrevendo em Slate), argumentam que "quando a IA estiver em posição de imaginar revestir a Terra com painéis solares, saberá que seria moralmente errado fazê-lo. " Chorost argumenta que "uma IA (perigosa) precisará desejar certos estados e não gostar de outros... O software de hoje não tem essa capacidade - e os cientistas da computação não têm idéia de como chegar lá. Sem querer, não há ímpeto para fazer qualquer coisa. Os computadores de hoje nem podem querer continuar existindo, e muito menos colocar o mundo em painéis solares ".

Questões terminológicas

Parte da discordância sobre se uma máquina superinteligente se comportaria moralmente pode surgir de uma diferença terminológica. Fora do campo da inteligência artificial, a "inteligência" é frequentemente usada de maneira normativamente espessa que conota sabedoria moral ou aceitação de formas agradáveis de raciocínio moral. No extremo, se a moralidade faz parte da definição de inteligência, então, por definição, uma máquina superinteligente se comportaria moralmente. No entanto, no campo da pesquisa em inteligência artificial, embora a "inteligência" tenha muitas definições sobrepostas, nenhuma delas faz referência à moralidade. Em vez disso, quase toda a pesquisa atual de "inteligência artificial" se concentra na criação de algoritmos que "otimizam", de maneira empírica, a consecução de um objetivo arbitrário.

Para evitar o antropomorfismo ou a bagagem da palavra "inteligência", uma inteligência artificial avançada pode ser vista como um "processo de otimização" impessoal que executa estritamente todas as ações julgadas com maior probabilidade de atingir seus objetivos (possivelmente complicados e implícitos). Outra maneira de conceituar uma inteligência artificial avançada é imaginar uma máquina do tempo que envie informações no tempo para trás sobre qual escolha sempre leva à maximização de sua função de objetivo; essa escolha é emitida, independentemente de preocupações éticas estranhas.

Antropomorfismo

Na ficção científica, uma IA, mesmo que não tenha sido programada com emoções humanas, geralmente experimenta espontaneamente essas emoções de qualquer maneira: por exemplo, o agente Smith em Matrix foi influenciado por um "desgosto" em relação à humanidade. Isso é antropomorfismo fictício: na realidade, embora uma inteligência artificial possa talvez ser deliberadamente programada com emoções humanas, ou possa desenvolver algo semelhante a uma emoção como um meio para um objetivo final, se for útil, não

desenvolveria espontaneamente emoções sem nenhum propósito, como retratado na ficção.

Um exemplo de antropomorfismo seria acreditar que seu PC está com raiva de você porque você o insultou; outra seria acreditar que um robô inteligente naturalmente acharia uma mulher sexualmente atraente e seria levada a se acasalar com ela. Os estudiosos às vezes afirmam que as previsões de outras pessoas sobre o comportamento de uma IA são antropomorfismos ilógicos. Um exemplo que pode inicialmente ser considerado antropomorfismo, mas na verdade é uma afirmação lógica sobre o comportamento da IA, seria o experimento de Dario Floreano, em que certos robôs evoluíram espontaneamente uma capacidade bruta de "engano" e levaram outros robôs a comer "veneno" e morrer: aqui uma característica, "engano", normalmente associada a pessoas e não a máquinas, evoluiu espontaneamente em um tipo de evolução convergente. De acordo com Paul R. Cohen e Edward Feigenbaum, para diferenciar antropomorfização e previsão lógica do comportamento da IA, o truque é saber o suficiente sobre como os humanos e os computadores pensam para dizer exatamente o que têm em comum e, quando nos falta esse conhecimento, para usar a comparação para sugerir teorias do pensamento humano ou do computador.

Existe um acordo universal na comunidade científica de que uma IA avançada não destruiria a humanidade por emoções humanas como "vingança" ou "raiva". O debate é, em vez disso, entre um lado que se preocupa se a IA pode destruir a humanidade como uma ação incidental no curso do progresso em direção a seus objetivos finais; e outro lado que acredita que a IA não destruiria a humanidade. Alguns céticos acusam os defensores do antropomorfismo por acreditarem que uma AGI naturalmente desejaria poder; os defensores acusam alguns céticos de antropomorfismo por acreditarem que uma AGI naturalmente valorizaria as normas éticas humanas.

Outras fontes de risco

Algumas fontes argumentam que o armamento contínuo da inteligência artificial pode constituir um risco catastrófico. James Barrat, documentarista e autor de *Our Final Invention*, diz em uma entrevista ao *Smithsonian*: "Imagine: em menos de uma década, meia dúzia de empresas e nações usam computadores que rivalizam ou superam a inteligência humana. Imagine o que acontece quando esses computadores tornar-se especialista em programação de computadores inteligentes. Em breve estaremos compartilhando o planeta com máquinas milhares ou milhões de vezes mais inteligentes do que somos. E, enquanto isso, cada geração dessa tecnologia será armada. Não regulamentada, será catastrófica."

Prazo

As opiniões variam tanto quanto e quando a inteligência geral artificial chegará. Em um extremo, o pioneiro da IA Herbert A. Simon escreveu em 1965: "as máquinas serão capazes, dentro de vinte anos, de fazer qualquer trabalho que um homem possa fazer"; obviamente, essa previsão não se tornou realidade. No outro extremo, o roboticista Alan Winfield afirma que o abismo entre a computação moderna e a inteligência artificial no nível humano é tão amplo quanto o abismo entre o vôo espacial atual e o prático, mais rápido que o voo espacial leve. O otimismo de que o AGI é viável aumenta e diminui, e pode ter visto um ressurgimento nos anos 2010. Quatro pesquisas realizadas em 2012 e 2013 sugeriram que a estimativa média entre os especialistas de quando a AGI chegaria seria de 2040 a 2050, dependendo da pesquisa.

Os céticos que acreditam que é impossível a AGI chegar tão cedo, tendem a argumentar que expressar preocupação com o risco existencial da IA é inútil porque pode desviar as pessoas de preocupações mais imediatas sobre o impacto da AGI, por temores de levar à regulamentação do governo ou dificultar a obtenção de financiamento para a pesquisa de IA, ou porque isso poderia dar uma má reputação à pesquisa de IA. Alguns pesquisadores, como Oren Etzioni, procuram abafar agressivamente a preocupação com o risco existencial da IA, dizendo que "(Elon Musk) nos impugnou em uma linguagem muito forte,

dizendo que estamos desencadeando o demônio e, portanto, estamos respondendo".

Em 2014, Adam Elkus, da Slate, argumentou que "nossa IA mais inteligente" é tão inteligente quanto uma criança pequena - e apenas quando se trata de tarefas instrumentais como a recuperação de informações. A maioria dos roboticistas ainda está tentando fazer com que a mão de um robô pegue uma bola ou corra por aí sem cair. " Elkus continua argumentando que a analogia de "convocar o demônio" de Musk pode ser prejudicial porque pode resultar em "cortes severos" nos orçamentos de pesquisa da IA.

A Fundação de Tecnologia da Informação e Inovação (ITIF), um think tank de Washington, DC, concedeu seu Prêmio Luddite Anual a "alarmistas divulgando um apocalipse de inteligência artificial"; seu presidente, Robert D. Atkinson, reclamou que Musk, Hawking e especialistas em IA dizem que a IA é a maior ameaça existencial para a humanidade. Atkinson afirmou: "Essa não é uma mensagem muito vencedora se você deseja obter financiamento da IA do Congresso para a National Science Foundation". A Nature discordou bastante do ITIF em um editorial de abril de 2016, apoiando Musk, Hawking e Russell e concluindo: "É crucial que o progresso da tecnologia seja acompanhado por pesquisas sólidas e bem financiadas para antecipar os cenários que isso poderia trazer.... Se essa é uma perspectiva ludita, que assim seja. " Em um editorial do Washington Post de 2015, o pesquisador Murray Shanahan afirmou que é improvável que a IA em nível humano chegue "tão cedo", mas que, no entanto, "é hora de começar a pensar nas consequências agora".

Perspectivas

A tese de que a IA poderia representar um risco existencial provoca uma ampla gama de reações na comunidade científica e no público em geral. Muitos dos pontos de vista opostos, no entanto, compartilham um terreno comum.

Os Princípios da IA de Asilomar, que contêm apenas os princípios acordados por 90% dos participantes da conferência AI 2017 benéfica do Instituto Future of Life Institute, concordam em princípio que "Não havendo consenso, devemos evitar suposições fortes sobre os limites máximos da IA futura. capacidades "e" IA avançada podem representar uma mudança profunda na história da vida na Terra e devem ser planejadas e gerenciadas com cuidados e recursos proporcionais ". Os defensores da segurança da IA, como Bostrom e Tegmark, criticaram o uso da mídia tradicional "daquelas fotos idiotas do Terminator" para ilustrar as preocupações com a segurança da IA: "Não pode ser muito divertido ter retrocessos na disciplina acadêmica, na comunidade profissional, na vida de alguém trabalho... convido todos os lados a praticar paciência e contenção, e envolver-se em diálogo e colaboração diretos, tanto quanto possível ".

Por outro lado, muitos céticos concordam que a pesquisa em andamento sobre as implicações da inteligência geral artificial é valiosa. O cético Martin Ford afirma que "acho sensato aplicar algo como a famosa 'Doutrina 1 por cento' de Dick Cheney ao espectro da inteligência artificial avançada: as chances de sua ocorrência, pelo menos no futuro próximo, podem ser muito baixas - mas as implicações são tão dramáticas que devem ser levadas a sério "; Da mesma forma, um economista de outra maneira cético afirmou em 2014 que "as implicações da introdução de uma segunda espécie inteligente na Terra são de alcance suficiente para merecer reflexão, mesmo que a perspectiva pareça remota".

Uma pesquisa por e-mail de 2017 de pesquisadores com publicações nas conferências de aprendizado de máquina do NIPS e ICML de 2015 solicitou que avaliassem as preocupações de Russell sobre o risco de IA. 5% disseram que estava "entre os problemas mais importantes no campo", 34% disseram que era "um problema importante", 31% disseram que era "moderadamente importante", enquanto 19% disseram que "não era importante" e 11% disse que "não é um problema real".

Endosso

A tese de que a IA representa um risco existencial e de que esse risco precisa de muito mais atenção do que atualmente recebe foi aprovada por muitas figuras públicas; talvez os mais famosos sejam Elon Musk, Bill Gates e Stephen Hawking. O pesquisador de IA mais notável a endossar a tese é Stuart J. Russell. Os endossantes da tese às vezes expressam desconforto com os céticos: Gates afirma que "não consegue entender por que algumas pessoas não estão preocupadas", e Hawking criticou a indiferença generalizada em seu editorial de 2014:

"Então, diante de possíveis futuros de benefícios e riscos incalculáveis, os especialistas certamente estão fazendo todo o possível para garantir o melhor resultado, certo? Errado. Se uma civilização alienígena superior nos enviar uma mensagem dizendo: 'Chegamos em algumas décadas, 'apenas responderíamos: 'OK, ligue-nos quando chegar aqui - deixaremos as luzes acesas?' Provavelmente não, mas isso é mais ou menos o que está acontecendo com a IA. '"

Muitos dos estudiosos que estão preocupados com o risco existencial acreditam que o melhor caminho a seguir seria realizar (possivelmente maciça) pesquisa para resolver o difícil "problema de controle" para responder à pergunta: que tipos de salvaguardas, algoritmos ou arquiteturas os programadores podem implementar maximizar a probabilidade de que a IA com melhoria recursiva continue a se comportar de maneira amigável, e não destrutiva, depois de atingir a superinteligência?

Ceticismo

A tese de que a IA pode representar risco existencial também tem muitos detratores fortes. Os céticos às vezes afirmam que a tese é cripto-religiosa, com

uma crença irracional na possibilidade de superinteligência substituindo uma crença irracional em um Deus onipotente; ao extremo, Jaron Lanier argumenta que todo o conceito de que as máquinas atuais são de alguma forma inteligentes é "uma ilusão" e um "estupendo engodo" dos ricos.

Muitas das críticas existentes argumentam que a AGI é improvável a curto prazo: o cientista da computação Gordon Bell argumenta que a raça humana já se destruirá antes de atingir a singularidade tecnológica. Gordon Moore, o proponente original da Lei de Moore, declara que "sou cético. Não acredito que uma singularidade tecnológica possa acontecer, pelo menos por um longo tempo. E não sei por que sinto isso. caminho." O vice-presidente do Baidu, Andrew Ng, afirma que o risco existencial da IA é "como se preocupar com a superpopulação em Marte quando ainda nem pisamos o planeta".

Alguns pesquisadores da AI e da AGI podem relutar em discutir riscos, preocupando-se com o fato de os formuladores de políticas não possuírem conhecimento sofisticado do campo e tendam a ser convencidos por mensagens "alarmistas" ou com a preocupação de que essas mensagens levem a cortes no financiamento da IA. Slate observa que alguns pesquisadores dependem de doações de agências governamentais como a DARPA.

Em algum momento de uma explosão de inteligência impulsionada por uma única IA, a IA teria que se tornar muito melhor em inovação de software do que os melhores inovadores do resto do mundo; O economista Robin Hanson está cético quanto a isso ser possível.

Visualizações intermediárias

Em uma discussão do painel do Wall Street Journal em 2015 dedicada aos riscos de IA, o vice-presidente de computação cognitiva da IBM, Guruduth S. Banavar,

ignorou a discussão da AGI com a frase "é a especulação de qualquer pessoa". Geoffrey Hinton, o "padrinho do aprendizado profundo", observou que "não há um bom histórico de coisas menos inteligentes controlando coisas de maior inteligência", mas afirmou que continua sua pesquisa porque "a perspectiva de descoberta é muito doce". Em 2004, o professor de direito Richard Posner escreveu que os esforços dedicados para lidar com a IA podem esperar, mas que deveríamos reunir mais informações sobre o problema enquanto isso.

Reações populares

Em um artigo de 2014 no The Atlantic, James Hamblin observou que a maioria das pessoas não se importa de uma maneira ou de outra com inteligência geral artificial e caracterizou sua própria reação ao tópico como: "Saia daqui. Tenho cem mil coisas que me preocupam neste exato momento. Preciso seriamente acrescentar a isso uma singularidade tecnológica? "

Durante uma entrevista com o filho do presidente Barack Obama em 2016 e Joi Ito do MIT Media Lab, Ito declarou:

"Existem algumas pessoas que acreditam que há uma chance bastante alta de que uma IA generalizada aconteça nos próximos 10 anos. Mas a minha maneira de ver é que, para que isso aconteça, vamos precisar de uma dúzia ou duas descobertas diferentes. Assim, você pode monitorar quando acha que essas descobertas acontecerão. "

Obama acrescentou:

"E você só precisa ter alguém perto do cabo de força. Bem quando você vê que

está prestes a acontecer, você precisa puxar a eletricidade da parede, cara."

Hillary Clinton afirmou em "O que aconteceu":

"Os tecnólogos... alertaram que a inteligência artificial poderia um dia representar uma ameaça à segurança existencial. Musk chamou de "o maior risco que enfrentamos como civilização ". Pense nisso: você já viu um filme em que as máquinas começam a pensar em Toda vez que eu saía para o Vale do Silício durante a campanha, eu chegava em casa mais alarmado com isso.Minha equipe estava com medo de começar a falar sobre "a ascensão dos robôs" em alguma prefeitura de Iowa. Talvez eu deva ter. De qualquer forma, os formuladores de políticas precisam acompanhar a tecnologia à medida que ela avança, em vez de sempre se atualizar. "

Em uma pesquisa pública do YouGov para a British Science Association, cerca de um terço dos entrevistados disseram que a IA representará uma ameaça à sobrevivência a longo prazo da humanidade. Referenciando uma pesquisa de seus leitores, Jacob Brogan, da Slate, afirmou que "a maioria dos (leitores que preencheram nossa pesquisa on-line) não estava convencida de que a própria IA representa uma ameaça direta".

Em 2018, uma pesquisa da SurveyMonkey do público americano pelo USA Today descobriu que 68% consideravam que a ameaça atual real permanece "inteligência humana"; no entanto, a pesquisa também descobriu que 43% disseram que a IA superinteligente resultaria em "mais mal do que bem" e 38% disseram que faria "quantidades iguais de mal e bem".

Consenso contra a regulamentação

Existe um acordo quase universal de que tentar banir a pesquisa em inteligência artificial seria imprudente e provavelmente inútil. Os céticos argumentam que a regulação da IA seria completamente sem valor, pois não existe risco existencial. Quase todos os estudiosos que acreditam que existe risco existencial, concordam com os céticos de que proibir a pesquisa seria imprudente: além do problema usual com as proibições de tecnologia (que organizações e indivíduos podem terceirizar suas pesquisas para evitar a regulamentação de um país ou podem tentar conduzir pesquisas secretas), regulamentar a pesquisa de inteligência artificial representaria um problema intransponível de 'uso duplo': enquanto o desenvolvimento de armas nucleares requer infraestrutura e recursos substanciais, a pesquisa de inteligência artificial pode ser realizada em uma garagem. Em vez de tentar regular a própria tecnologia, alguns estudiosos sugerem desenvolver normas comuns, incluindo requisitos para o teste e transparência de algoritmos, possivelmente em combinação com alguma forma de garantia.

Uma rara voz dissidente que pede algum tipo de regulamentação sobre inteligência artificial é Elon Musk. De acordo com a NPR, o CEO da Tesla "claramente não está empolgado" por defender o escrutínio do governo que poderia impactar seu próprio setor, mas acredita que os riscos de ficar completamente sem supervisão são muito altos: "Normalmente, o modo como os regulamentos são estabelecidos é quando um monte de coisas ruins acontecem, há um protesto público e, depois de muitos anos, uma agência reguladora é criada para regular esse setor, leva uma eternidade. Isso, no passado, foi ruim, mas não algo que representou um risco fundamental para a existência da civilização". Musk afirma que o primeiro passo seria o governo obter "insight" sobre o status real da pesquisa atual, alertando que "Quando houver conscientização, as pessoas terão muito medo... Como deveriam ter." Em resposta, os políticos expressam ceticismo sobre a sabedoria de regular uma tecnologia que ainda está em desenvolvimento. Respondendo a Musk e às propostas de fevereiro de 2017 dos legisladores da União Europeia para regular a inteligência artificial e a robótica, O CEO da Intel, Brian Krzanich, argumenta que a inteligência artificial está em sua infância e que é muito cedo para regular a tecnologia.

Singularidade tecnológica

A singularidade tecnológica - também, simplesmente, a singularidade - é um momento hipotético no futuro, quando o crescimento tecnológico se torna incontrolável e irreversível, resultando em mudanças insondáveis na civilização humana.

De acordo com a versão mais popular da hipótese da singularidade, chamada explosão de inteligência, um agente inteligente atualizável (como um computador executando inteligência artificial geral baseada em software) acabará entrando em uma "reação descontrolada" dos ciclos de auto-aperfeiçoamento, a cada novo e geração mais inteligente aparecendo cada vez mais rapidamente, causando uma "explosão" na inteligência e resultando em uma superinteligência poderosa que ultrapassa qualitativamente em muito toda a inteligência humana.

O primeiro uso do conceito de "singularidade" no contexto tecnológico foi John von Neumann. Stanislaw Ulam relata uma discussão com von Neumann "centrada no progresso acelerado da tecnologia e nas mudanças no modo de vida humana, que parece aproximar-se de alguma singularidade essencial na história da raça além da qual os assuntos humanos, como os conhecemos, não pôde continuar ". Os autores subsequentes ecoaram esse ponto de vista.

O modelo de "explosão da inteligência" de IJ Good prevê que uma futura superinteligência desencadeará uma singularidade.

O conceito e o termo "singularidade" foram popularizados por Vernor Vinge em

seu ensaio de 1993, *The Coming Technological Singularity*, no qual ele escreveu que sinalizaria o fim da era humana, pois a nova superinteligência continuaria se aprimorando e avançaria tecnologicamente a uma taxa incompreensível. Ele escreveu que ficaria surpreso se isso ocorresse antes de 2005 ou depois de 2030.

Quatro pesquisas, realizadas em 2012 e 2013, sugeriram que a estimativa mediana era uma chance de 50% de que a inteligência geral artificial (AGI) fosse desenvolvida até 2040-2050.

Figuras públicas como Stephen Hawking e Elon Musk expressaram preocupação de que a inteligência artificial completa possa resultar na extinção humana. As conseqüências da singularidade e seu potencial benefício ou dano à raça humana foram intensamente debatidas.

Embora o progresso tecnológico esteja se acelerando, ele foi limitado pela inteligência básica do cérebro humano, que, segundo Paul R. Ehrlich, não mudou significativamente por milênios. No entanto, com o crescente poder dos computadores e outras tecnologias, pode ser possível construir uma máquina mais inteligente que os humanos.

Se uma inteligência sobre-humana fosse inventada - através da amplificação da inteligência humana ou através da inteligência artificial - ela traria mais capacidade de resolução de problemas e habilidades inventivas do que os humanos atuais são capazes. Essa AI é chamada de AI de semente porque, se uma AI fosse criada com recursos de engenharia que correspondessem ou superassem os de seus criadores humanos, ela teria o potencial de melhorar autonomamente seu próprio software e hardware ou projetar uma máquina ainda mais capaz. Essa máquina mais capaz poderia então projetar uma máquina com capacidade ainda maior. Essas iterações de auto-aperfeiçoamento recursivo podem acelerar, potencialmente permitindo uma enorme mudança qualitativa antes de qualquer limite superior imposto pelas leis da física ou da computação teórica estabelecida. Especula-se que, ao longo de muitas iterações, essa IA

superaria em muito as habilidades cognitivas humanas.

Explosão de inteligência

A explosão da inteligência é um resultado possível da humanidade construir inteligência geral artificial (AGI). A AGI seria capaz de auto-aperfeiçoamento recursivo, levando ao rápido surgimento de superinteligência artificial (ASI), cujos limites são desconhecidos, logo após a singularidade tecnológica ser alcançada.

IJ Good especulou em 1965 que a inteligência geral artificial poderia causar uma explosão de inteligência. Ele especulou sobre os efeitos das máquinas sobre-humanas, caso elas fossem inventadas: Good (1965)

Que uma máquina ultrainteligente seja definida como uma máquina que pode superar em muito todas as atividades intelectuais de qualquer homem, por mais inteligente que seja. Como o design de máquinas é uma dessas atividades intelectuais, uma máquina ultra-inteligente pode projetar máquinas ainda melhores; inquestionavelmente haveria uma "explosão da inteligência", e a inteligência do homem ficaria para trás. Assim, a primeira máquina ultrainteligente é a última invenção que o homem precisa fazer, desde que a máquina seja dócil o suficiente para nos dizer como mantê-la sob controle.

O cenário de Good é o seguinte: à medida que os computadores aumentam em poder, torna-se possível às pessoas construir uma máquina mais inteligente que a humanidade; essa inteligência sobre-humana possui maiores habilidades de resolução de problemas e inventivas do que os humanos atuais são capazes. Essa máquina superinteligente projeta uma máquina ainda mais capaz ou reescreve seu próprio software para se tornar ainda mais inteligente; essa máquina (ainda mais capaz) passa a projetar uma máquina com capacidade ainda maior e assim

por diante. Essas iterações de auto-aperfeiçoamento recursivo aceleram, permitindo uma enorme mudança qualitativa antes de qualquer limite superior imposto pelas leis da física ou pela computação teórica estabelecida.

Outras manifestações

Surgimento de superinteligência

Uma superinteligência, hiperinteligência ou inteligência sobre-humana é um agente hipotético que possui inteligência que ultrapassa em muito a das mentes humanas mais brilhantes e talentosas. "Superinteligência" também pode se referir à forma ou ao grau de inteligência possuído por esse agente. John von Neumann, Vernor Vinge e Ray Kurzweil definem o conceito em termos de criação tecnológica de super inteligência. Eles argumentam que é difícil ou impossível para os humanos atuais preverem como seria a vida dos seres humanos em um mundo pós-singularidade.

Os analistas e pesquisadores de tecnologia discordam sobre se ou quando a inteligência humana provavelmente será superada. Alguns argumentam que os avanços na inteligência artificial (IA) provavelmente resultarão em sistemas de raciocínio gerais que carecem de limitações cognitivas humanas. Outros acreditam que os humanos evoluirão ou modificarão diretamente sua biologia, a fim de alcançar uma inteligência radicalmente maior. Vários cenários de estudos futuros combinam elementos de ambas as possibilidades, sugerindo que os humanos provavelmente interagem com computadores ou carregam suas mentes nos computadores, de uma maneira que permita uma amplificação substancial da inteligência.

Singularidade não AI

Alguns escritores usam "a singularidade" de uma maneira mais ampla para se referir a mudanças radicais em nossa sociedade provocadas por novas tecnologias, como a nanotecnologia molecular, embora Vinge e outros escritores afirmem especificamente que, sem superinteligência, essas mudanças não se qualificariam como uma verdadeira singularidade..

Plausibilidade

Muitos tecnólogos e acadêmicos proeminentes contestam a plausibilidade de uma singularidade tecnológica, incluindo Paul Allen, Jeff Hawkins, John Holland, Jaron Lanier e Gordon Moore, cuja lei é frequentemente citada em apoio ao conceito.

Os métodos mais propostos para criar mentes sobre-humanas ou trans-humanas se enquadram em uma de duas categorias: amplificação da inteligência do cérebro humano e inteligência artificial. Os meios especulados para produzir o aumento da inteligência são numerosos e incluem bioengenharia, engenharia genética, drogas nootrópicas, assistentes de IA, interfaces diretas cérebro-computador e carregamento da mente. A existência de múltiplos caminhos para uma explosão de inteligência aumenta a probabilidade de uma singularidade; para que uma singularidade não ocorra, todos teriam que falhar.

Hanson (1998) é cético em relação ao aumento da inteligência humana, escrevendo que uma vez esgotado o "fruto baixo" de métodos fáceis para aumentar a inteligência humana, novas melhorias se tornarão cada vez mais difíceis de encontrar. Apesar dos numerosos meios especulados para amplificar a inteligência humana, a inteligência artificial não humana (especificamente a IA da semente) é a opção mais popular entre as hipóteses que promoveriam a singularidade.

A ocorrência ou não de uma explosão de inteligência depende de três fatores. O primeiro fator de aceleração são os novos aprimoramentos de inteligência possibilitados por cada aprimoramento anterior. Pelo contrário, à medida que as inteligências se tornam mais avançadas, novos avanços se tornam cada vez mais complicados, possivelmente superando a vantagem do aumento da inteligência. Cada melhoria deve gerar pelo menos mais uma melhoria, em média, para que o movimento em direção à singularidade continue. Finalmente, as leis da física acabarão impedindo novas melhorias.

Existem duas causas logicamente independentes, mas que se reforçam mutuamente, de aprimoramentos de inteligência: aumentos na velocidade da computação e aprimoramentos nos algoritmos utilizados. O primeiro é previsto pela Lei de Moore e pelas melhorias previstas no hardware e é comparativamente semelhante aos avanços tecnológicos anteriores. Por outro lado, alguns pesquisadores de IA acreditam que o software é mais importante que o hardware.

Uma pesquisa por e-mail de 2017 de autores com publicações nas conferências de aprendizado de máquina do NIPS e ICML de 2015 perguntou sobre a chance de uma explosão de inteligência. Dos entrevistados, 12% disseram que era "bastante provável", 17% disseram que era "provável", 21% disseram que era "quase equilibrado", 24% disseram que era "improvável" e 26% disseram que era "bastante improvável" "

Melhorias na velocidade

Tanto para inteligência humana quanto artificial, as melhorias de hardware aumentam a taxa de futuras melhorias de hardware. Simplificada demais, a Lei de Moore sugere que se a primeira duplicação de velocidade levasse 18 meses, a segunda levaria 18 meses subjetivos; ou 9 meses externos, depois disso, quatro

meses, dois meses e assim por diante, para uma singularidade de velocidade. Um limite superior de velocidade pode eventualmente ser alcançado, embora não esteja claro o quão alto isso seria. Hawkins (2008), em resposta a Good, argumentou que o limite superior é relativamente baixo;

A crença nessa idéia é baseada em um entendimento ingênuo do que é inteligência. Como analogia, imagine que tínhamos um computador capaz de projetar novos computadores (chips, sistemas e software) mais rápido que ele. Esse computador levaria a computadores infinitamente rápidos ou mesmo computadores mais rápidos do que qualquer coisa que os humanos pudessem construir? Não. Pode acelerar a taxa de melhorias por um tempo, mas no final há limites para o tamanho e rapidez dos computadores. Nós acabaríamos no mesmo lugar; nós chegaríamos lá um pouco mais rápido. Não haveria singularidade.

Enquanto que se fosse muito superior aos níveis atuais de inteligência humana, os efeitos da singularidade seriam grandes o suficiente para serem indistinguíveis (para humanos) de uma singularidade com limite superior. Por exemplo, se a velocidade do pensamento pudesse aumentar um milhão de vezes, um ano subjetivo passaria em 30 segundos físicos.

É difícil comparar diretamente o hardware baseado em silício com os neurônios. Mas Berglas (2008) observa que o reconhecimento de fala por computador está se aproximando das capacidades humanas e que essa capacidade parece exigir 0,01% do volume do cérebro. Essa analogia sugere que o hardware de computador moderno está dentro de algumas ordens de magnitude de ser tão poderoso quanto o cérebro humano.

Crescimento exponencial

O crescimento exponencial da tecnologia de computação sugerido pela lei de

Moore é comumente citado como um motivo para esperar uma singularidade em um futuro relativamente próximo, e vários autores propuseram generalizações da lei de Moore. O cientista da computação e futurista Hans Moravec propôs em um livro de 1998 que a curva de crescimento exponencial pudesse ser estendida através de tecnologias de computação anteriores antes do circuito integrado.

Ray Kurzweil postula uma lei de retorno acelerado em que a velocidade da mudança tecnológica (e mais geralmente todos os processos evolutivos) aumenta exponencialmente, generalizando a lei de Moore da mesma maneira que a proposta de Moravec e também incluindo a tecnologia de materiais (especialmente aplicada à nanotecnologia), tecnologia médica e outros. Entre 1986 e 2007, a capacidade específica da aplicação das máquinas de calcular informações per capita praticamente dobrou a cada 14 meses; a capacidade per capita dos computadores de uso geral do mundo dobrou a cada 18 meses; a capacidade global de telecomunicações per capita dobrou a cada 34 meses; e a capacidade de armazenamento mundial per capita dobrou a cada 40 meses.

Kurzweil reserva o termo "singularidade" para um rápido aumento da inteligência artificial (ao contrário de outras tecnologias), escrevendo por exemplo que "A singularidade nos permitirá transcender essas limitações de nossos corpos e cérebros biológicos... Não haverá distinção. pós-singularidade entre humano e máquina ". Ele também define sua data prevista da singularidade (2045) em termos de quando ele espera que as inteligências baseadas em computador excedam significativamente a soma total da capacidade cerebral humana, escrevendo que os avanços na computação antes dessa data "não representam a singularidade" porque eles "ainda não corresponde a uma expansão profunda de nossa inteligência".

Acelerando a mudança

Alguns proponentes da singularidade argumentam sua inevitabilidade através da extrapolação de tendências passadas, especialmente aquelas relacionadas à

redução das lacunas entre melhorias na tecnologia. Em um dos primeiros usos do termo "singularidade" no contexto do progresso tecnológico, Stanislaw Ulam fala de uma conversa com John von Neumann sobre acelerar a mudança:

Uma conversa centrou-se no progresso sempre acelerado da tecnologia e nas mudanças no modo de vida humano, que parece aproximar-se de alguma singularidade essencial na história da raça, além da qual os assuntos humanos, como os conhecemos, não poderiam continuar.

Kurzweil afirma que o progresso tecnológico segue um padrão de crescimento exponencial, seguindo o que ele chama de "lei dos retornos acelerados". Sempre que a tecnologia se aproxima de uma barreira, escreve Kurzweil, as novas tecnologias a superam. Ele prevê que mudanças de paradigma se tornarão cada vez mais comuns, levando a "mudanças tecnológicas tão rápidas e profundas que representam uma ruptura no tecido da história humana". Kurzweil acredita que a singularidade ocorrerá por volta de 2045. Suas previsões diferem das de Vinge, na medida em que ele prevê uma ascensão gradual à singularidade, em vez da inteligência sobre-humana rapidamente auto-aperfeiçoada de Vinge.

Os perigos frequentemente citados incluem aqueles comumente associados à nanotecnologia molecular e engenharia genética. Essas ameaças são questões importantes para defensores e críticos da singularidade e foram o assunto do artigo da revista Bill Joy na Wired "Por que o futuro não precisa de nós".

Melhorias no algoritmo

Algumas tecnologias de inteligência, como a "semente AI", também podem ter o potencial de se tornarem mais eficientes, e não apenas mais rápidas, modificando seu código-fonte. Essas melhorias tornariam possíveis outras melhorias, o que tornaria possíveis outras melhorias, e assim por diante.

O mecanismo para um conjunto de algoritmos auto-aperfeiçoados recursivamente difere de um aumento na velocidade bruta de computação de duas maneiras. Primeiro, não requer influência externa: as máquinas que projetam hardware mais rápido ainda exigiriam que os humanos criassem o hardware aprimorado ou que programassem fábricas adequadamente. Uma IA que estava reescrevendo seu próprio código-fonte, no entanto, poderia fazê-lo enquanto contida em uma caixa de IA.

Segundo, como na concepção de singularidade de Vernor Vinge, é muito mais difícil prever o resultado. Embora o aumento de velocidade pareça ser apenas uma diferença quantitativa da inteligência humana, as melhorias reais do algoritmo seriam qualitativamente diferentes. Eliezer Yudkowsky compara-o às mudanças que a inteligência humana trouxe: os humanos mudaram o mundo milhares de vezes mais rapidamente do que a evolução e de maneiras totalmente diferentes. Da mesma forma, a evolução da vida havia sido uma partida e aceleração maciça das taxas de mudança geológicas anteriores, e a inteligência aprimorada poderia fazer com que a mudança fosse tão diferente novamente.

Existem perigos substanciais associados a uma singularidade de explosão de inteligência originada de um conjunto de algoritmos auto-aperfeiçoados recursivamente. Primeiro, a estrutura de objetivos da IA pode não ser invariável em auto-aperfeiçoamento, potencialmente fazendo com que a AI otimize algo diferente do pretendido. Em segundo lugar, as IAs poderiam competir pelos recursos escassos que a humanidade usa para sobreviver.

Embora não seja ativamente malicioso, não há razão para pensar que as IAs promoveriam ativamente objetivos humanos, a menos que pudessem ser programados como tal e, se não, poderiam usar os recursos atualmente usados para apoiar a humanidade a promover seus próprios objetivos, causando a extinção humana.

Carl Shulman e Anders Sandberg sugerem que as melhorias no algoritmo podem ser o fator limitador de uma singularidade, porque, embora a eficiência do hardware tenda a melhorar a um ritmo constante, as inovações de software são mais imprevisíveis e podem ser prejudicadas por pesquisas cumulativas em série. Eles sugerem que, no caso de uma singularidade limitada por software, a explosão da inteligência seria realmente mais provável do que com uma singularidade limitada por hardware, porque no caso limitado por software, uma vez desenvolvida a IA em nível humano, ela poderia ser executada em série hardware rápido e a abundância de hardware barato tornaria a pesquisa em IA menos restrita. Uma abundância de hardware acumulado que pode ser liberado quando o software descobrir como usá-lo foi chamada de "excesso de computação".

Críticas

Alguns críticos, como o filósofo Hubert Dreyfus, afirmam que computadores ou máquinas não conseguem alcançar a inteligência humana, enquanto outros, como o físico Stephen Hawking, sustentam que a definição de inteligência é irrelevante se o resultado líquido for o mesmo.

O psicólogo Steven Pinker afirmou em 2008:

... Não há a menor razão para acreditar em uma singularidade vindoura. O fato de você poder visualizar um futuro em sua imaginação não é prova de que seja provável ou mesmo possível. Observe as cidades abobadadas, as viagens pendulares a jato, as cidades subaquáticas, os prédios de quilômetros e os carros movidos a energia nuclear - todos os tipos de fantasias futuristas quando eu era criança e nunca havia chegado. O grande poder de processamento não é um pó duende que resolve magicamente todos os seus problemas....

Universidade da Califórnia, Berkeley, professor de filosofia John Searle escreve:

Literalmente..., sem inteligência, sem motivação, sem autonomia e sem agência. Nós os projetamos para se comportarem como se tivessem certos tipos de psicologia, mas não há realidade psicológica para os processos ou comportamentos correspondentes... A maquinaria não tem crenças, desejos, motivações.

Martin Ford em *As luzes do túnel: automação, aceleração da tecnologia e economia do futuro* postula um "paradoxo tecnológico", pois antes que a singularidade pudesse ocorrer, a maioria dos trabalhos rotineiros na economia seria automatizada, pois isso exigiria um nível de tecnologia inferior ao da singularidade. Isso causaria desemprego maciço e queda na demanda do consumidor, o que por sua vez destruiria o incentivo para investir nas tecnologias necessárias para promover a Singularidade. Cada vez mais, o deslocamento do emprego não se limita ao trabalho tradicionalmente considerado "rotineiro".

Theodore Modis e Jonathan Huebner argumentam que a taxa de inovação tecnológica não apenas deixou de aumentar, como agora está em declínio. A evidência para esse declínio é que o aumento nas taxas de clock do computador está diminuindo, mesmo enquanto a previsão de Moore de aumentar exponencialmente a densidade do circuito continua se mantendo. Isso ocorre devido ao acúmulo excessivo de calor do chip, que não pode ser dissipado com rapidez suficiente para impedir que o chip derreta ao operar em velocidades mais altas. Avanços na velocidade podem ser possíveis no futuro em virtude de projetos de CPU mais eficientes em termos de energia e processadores multicelulares. Enquanto Kurzweil usava os recursos de Modis, e o trabalho de Modis envolvia acelerar mudanças, Modis se distanciou da tese de Kurzweil de uma "singularidade tecnológica", alegando que falta um rigor científico.

Outros propõem que outras "singularidades" possam ser encontradas através da

análise de tendências da população mundial, do produto interno bruto mundial e de outros índices. Andrey Korotayev e outros argumentam que as curvas históricas de crescimento hiperbólico podem ser atribuídas a ciclos de feedback que deixaram de afetar as tendências globais na década de 1970 e, portanto, o crescimento hiperbólico não deve ser esperado no futuro.

Em uma contabilidade empírica detalhada, *The Progress of Computing*, William Nordhaus argumentou que, antes de 1940, os computadores seguiam o crescimento muito mais lento da economia industrial tradicional, rejeitando assim extrapolações da lei de Moore para os computadores do século XIX.

Em um artigo de 2007, Schmidhuber afirmou que a frequência de "eventos notáveis" subjetivos parece estar se aproximando de uma singularidade do século XXI, mas alertou os leitores a tomarem esses lotes de eventos subjetivos com um pouco de sal: talvez diferenças na memória de acontecimentos recentes e distantes eventos podem criar uma ilusão de mudança acelerada onde não existe.

Paul Allen argumentou o oposto de acelerar os retornos, o freio da complexidade; quanto mais progresso a ciência faz para entender a inteligência, mais difícil se torna obter progresso adicional. Um estudo do número de patentes mostra que a criatividade humana não mostra retornos acelerados, mas, de fato, como sugerido por Joseph Tainter em *The Collapse of Complex Societies*, uma lei de retornos decrescentes. O número de patentes por mil atingiu o pico no período de 1850 a 1900 e vem diminuindo desde então. O crescimento da complexidade acaba se tornando autolimitado e leva a um "colapso geral dos sistemas" generalizado.

Jaron Lanier refuta a ideia de que a singularidade é inevitável. Ele afirma: "Não acho que a tecnologia esteja se criando. Não é um processo autônomo". Ele continua afirmando: "A razão para acreditar na agência humana sobre o determinismo tecnológico é que você pode ter uma economia em que as pessoas ganham seu próprio caminho e inventam suas próprias vidas. Se você estrutura

uma sociedade para não enfatizar a agência humana individual, é operacionalmente, a mesma coisa que negar às pessoas influência, dignidade e autodeterminação... a abraçar seria uma celebração de dados ruins e políticas ruins ".

O economista Robert J. Gordon, em *A ascensão e queda do crescimento americano: o padrão de vida dos EUA desde a Guerra Civil* (2016), aponta que o crescimento econômico medido diminuiu por volta de 1970 e ainda mais desde a crise financeira de 2007-2008 e argumenta que os dados econômicos não mostram vestígios de uma singularidade futura, como imaginada pelo matemático IJ Good.

Além de críticas gerais ao conceito de singularidade, vários críticos levantaram questões sobre o gráfico icônico de Kurzweil. Uma linha de crítica é que um gráfico de log-log dessa natureza é inerentemente tendencioso em direção a um resultado linear. Outros identificam o viés de seleção nos pontos que Kurzweil escolhe usar. Por exemplo, o biólogo PZ Myers ressalta que muitos dos "eventos" evolutivos iniciais foram escolhidos arbitrariamente. Kurzweil refutou isso ao mapear eventos evolutivos de 15 fontes neutras e mostrar que eles se encaixam em uma linha reta em um gráfico de log-log. O *Economist* zombou do conceito com um gráfico extrapolando que o número de lâminas em uma navalha, que aumentou ao longo dos anos de um para cinco, aumentará cada vez mais rápido para o infinito.

Impacto

Mudanças dramáticas na taxa de crescimento econômico ocorreram no passado devido a algum avanço tecnológico. Com base no crescimento populacional, a economia dobrava a cada 250.000 anos, desde a era paleolítica até a Revolução Neolítica. A nova economia agrícola dobrava a cada 900 anos, um aumento notável. Na era atual, começando com a Revolução Industrial, a produção

econômica mundial duplicou a cada quinze anos, sessenta vezes mais rapidamente do que na era agrícola. Se o aumento da inteligência sobre-humana causa uma revolução semelhante, argumenta Robin Hanson, seria de esperar que a economia dobrasse pelo menos trimestralmente e possivelmente semanalmente.

Incerteza e risco

O termo "singularidade tecnológica" reflete a idéia de que essa mudança pode acontecer repentinamente e que é difícil prever como o novo mundo resultante funcionaria. Não está claro se uma explosão de inteligência desse tipo seria benéfica ou prejudicial, ou mesmo uma ameaça existencial, pois o problema não foi tratado pela maioria dos pesquisadores de inteligência geral artificial, embora o tópico da inteligência artificial amigável seja investigado pelo Futuro da Humanity Institute e o Machine Intelligence Research Institute.

Próximo passo da evolução sociobiológica

Enquanto a singularidade tecnológica é geralmente vista como um evento repentino, alguns estudiosos argumentam que a atual velocidade da mudança já se encaixa nessa descrição.

Além disso, alguns argumentam que já estamos no meio de uma grande transição evolutiva que mescla tecnologia, biologia e sociedade. A tecnologia digital se infiltrou no tecido da sociedade humana a um grau de dependência indiscutível e muitas vezes sustentadora da vida.

Um artigo de 2016 em *Trends in Ecology & Evolution* argumenta que

"os seres humanos já adotam fusões de biologia e tecnologia. Passamos a maior parte do tempo acordando nos comunicando através de canais mediados digitalmente... confiamos em inteligência artificial em nossas vidas por meio de travagem antibloqueio em carros e pilotos automáticos em aviões... três casamentos na América iniciando on-line, algoritmos digitais também estão participando da ligação e reprodução de pares humanos ".

O artigo argumenta ainda que, da perspectiva da evolução, várias grandes transições anteriores da evolução transformaram a vida através de inovações no armazenamento e replicação de informações (RNA, DNA, multicelularidade, cultura e linguagem). No estágio atual da evolução da vida, a biosfera baseada em carbono gerou um sistema cognitivo (humanos) capaz de criar tecnologia que resultará em uma transição evolutiva comparável.

A informação digital criada pelos seres humanos atingiu uma magnitude semelhante à informação biológica na biosfera. Desde a década de 1980, a quantidade de informações digitais armazenadas dobrou a cada 2,5 anos, atingindo cerca de 5 zettabytes em 2014 (5×10^{21} bytes).

Em termos biológicos, existem 7,2 bilhões de seres humanos no planeta, cada um com um genoma de 6,2 bilhões de nucleotídeos. Como um byte pode codificar quatro pares de nucleotídeos, os genomas individuais de cada ser humano no planeta podem ser codificados por aproximadamente 1×10^{19} bytes. O domínio digital armazenou 500 vezes mais informações do que isso em 2014 (veja a figura). A quantidade total de DNA contida em todas as células da Terra é estimada em cerca de $5,3 \times 10^{37}$ pares de bases, equivalente a $1,325 \times 10^{37}$ bytes de informação.

Se o crescimento no armazenamento digital continuar com sua taxa atual de crescimento anual composta de 30 a 38% ao ano, ele rivalizará com o conteúdo total de informações contido em todo o DNA em todas as células da Terra em cerca de 110 anos. Isso representaria uma duplicação da quantidade de

informações armazenadas na biosfera em um período total de apenas 150 anos ".

Implicações para a sociedade humana

Em fevereiro de 2009, sob os auspícios da Associação para o Avanço da Inteligência Artificial (AAAI), Eric Horvitz presidiu uma reunião dos principais cientistas da computação, pesquisadores de inteligência artificial e roboticistas de Asilomar, em Pacific Grove, Califórnia. O objetivo era discutir o impacto potencial da possibilidade hipotética de que os robôs pudessem se tornar auto-suficientes e capazes de tomar suas próprias decisões. Eles discutiram até que ponto computadores e robôs poderiam adquirir autonomia e em que grau eles poderiam usar essas habilidades para representar ameaças ou perigos.

Algumas máquinas são programadas com várias formas de semi-autonomia, incluindo a capacidade de localizar suas próprias fontes de energia e escolher alvos para atacar com armas. Além disso, alguns vírus de computador podem evitar a eliminação e, segundo os cientistas presentes, pode-se dizer que atingiram um estágio de "barata" da inteligência da máquina. Os participantes da conferência observaram que a autoconsciência, conforme retratada na ficção científica, é provavelmente improvável, mas existem outros perigos e armadilhas potenciais.

Risco existencial

Berglas (2008) afirma que não há motivação evolutiva direta para que uma IA seja amigável aos seres humanos. A evolução não tem tendência inerente a produzir resultados valorizados pelos seres humanos, e há poucas razões para esperar que um processo de otimização arbitrário promova um resultado desejado pela humanidade, em vez de levar inadvertidamente a uma IA que se comporte de uma maneira não pretendida por seus criadores (como O exemplo

extravagante de Nick Bostrom de uma IA que foi originalmente programado com o objetivo de fabricar clipes de papel, para que, quando atingir a superinteligência, decida converter o planeta inteiro em uma instalação de fabricação de clipes de papel).

Anders Sandberg também elaborou esse cenário, abordando vários contra-argumentos comuns. O pesquisador da IA, Hugo de Garis, sugere que as inteligências artificiais podem simplesmente eliminar a raça humana pelo acesso a recursos escassos, e os humanos seriam impotentes para detê-los. Alternativamente, as IAs desenvolvidas sob pressão evolutiva para promover sua própria sobrevivência poderiam superar a humanidade.

Bostrom (2002) discute cenários de extinção humana e lista a superinteligência como uma possível causa:

Quando criamos a primeira entidade superinteligente, podemos cometer um erro e definir objetivos que a levem a aniquilar a humanidade, assumindo que sua enorme vantagem intelectual lhe dê o poder de fazê-lo. Por exemplo, podemos elevar por engano um subobjetivo ao status de um superobjetivo. Dizemos a ele para resolver um problema matemático, e ele cumpre transformando toda a matéria do sistema solar em um gigantesco dispositivo de cálculo, matando a pessoa que fez a pergunta.

Um problema significativo é que a inteligência artificial hostil provavelmente será muito mais fácil de criar do que a IA amigável. Embora ambos exijam grandes avanços no design do processo de otimização recursiva, a IA amigável também exige a capacidade de tornar invariáveis as estruturas de objetivos sob o auto-aprimoramento (ou a IA pode se transformar em algo hostil) e uma estrutura de metas que se alinhe aos valores humanos e não automaticamente destruir a raça humana. Uma IA hostil, por outro lado, pode otimizar para uma estrutura arbitrária de objetivos, que não precisa ser invariável sob autod modificação.

Eliezer Yudkowsky propôs que fossem realizadas pesquisas para produzir inteligência artificial amigável para lidar com os perigos. Ele observou que a primeira IA real teria um avanço no auto-aperfeiçoamento e, se amigável, poderia impedir o desenvolvimento de AIs hostis, além de proporcionar enormes benefícios à humanidade.

Bill Hibbard (2014) propõe um projeto de IA que evita vários perigos, incluindo auto-ilusão, ações instrumentais não intencionais e corrupção do gerador de recompensa. Ele também discute os impactos sociais da IA e o teste da IA. Seu livro de 2001, *Super-Intelligent Machines*, defende a necessidade de educação pública sobre IA e controle público sobre IA. Ele também propôs um design simples que era vulnerável à corrupção do gerador de recompensa.

Uma abordagem hipotética para tentar controlar uma inteligência artificial é uma caixa de IA, onde a inteligência artificial é mantida restrita dentro de um mundo simulado e não é permitido afetar o mundo externo. No entanto, uma IA suficientemente inteligente pode simplesmente ser capaz de escapar superando seus captores humanos menos inteligentes.

Stephen Hawking disse em 2014 que "O sucesso na criação de IA seria o maior evento da história da humanidade. Infelizmente, também pode ser o último, a menos que aprendamos a evitar os riscos". Hawking acreditava que, nas próximas décadas, a IA poderia oferecer "benefícios e riscos incalculáveis", como "tecnologia superando os mercados financeiros, inventando pesquisadores humanos, manipulando líderes humanos e desenvolvendo armas que nem conseguimos entender". Hawking acreditava que mais deveria ser feito para se preparar para a singularidade:

Então, diante de possíveis futuros de benefícios e riscos incalculáveis, os especialistas certamente estão fazendo todo o possível para garantir o melhor

resultado, certo? Errado. Se uma civilização alienígena superior nos enviasse uma mensagem dizendo: "Chegamos em algumas décadas", responderíamos: "OK, ligue-nos quando chegar aqui - deixaremos as luzes acesas"? Provavelmente não - mas isso é mais ou menos o que está acontecendo com a IA.

Decolagem difícil x suave

Em um cenário de decolagem difícil, um AGI se auto-aperfeiçoa rapidamente, "assumindo o controle" do mundo (talvez em questão de horas), rápido demais para uma correção significativa de erros iniciada pelo homem ou para um ajuste gradual dos objetivos da AGI. Em um cenário de decolagem suave, a AGI ainda se torna muito mais poderosa que a humanidade, mas em um ritmo semelhante ao humano (talvez da ordem de décadas), em uma escala de tempo em que a interação e a correção humanas em andamento podem orientar efetivamente o desenvolvimento da AGI.

Ramez Naam argumenta contra uma decolagem difícil ao apontar que já vemos auto-aperfeiçoamento recursivo por superinteligências, como corporações. Por exemplo, a Intel tem "o poder coletivo de dezenas de milhares de humanos e provavelmente milhões de núcleos de CPU para.. projetar CPUs melhores!" No entanto, isso não levou a uma decolagem difícil; ao contrário, levou a uma decolagem suave na forma da lei de Moore. Naam ressalta ainda que a complexidade computacional da inteligência superior pode ser muito maior que a linear, de modo que "criar uma mente de inteligência 2 é provavelmente duas vezes mais difícil do que criar uma mente de inteligência 1".

J. Storrs Hall acredita que "muitos dos cenários mais comuns para decolagens duras da noite para o dia são circulares - eles parecem assumir capacidades hiper-humanas no ponto de partida do processo de auto-aperfeiçoamento" para que uma IA possa fazer a dramática, melhorias gerais de domínio necessárias

para a decolagem. Hall sugere que, em vez de auto-aperfeiçoar recursivamente seu hardware, software e infraestrutura por conta própria, seria melhor uma IA iniciante, especializada em uma área onde ela era mais eficaz e depois compraria os componentes restantes no mercado, porque a qualidade dos produtos no mercado melhora continuamente, e a IA teria dificuldade em acompanhar a tecnologia de ponta usada pelo resto do mundo.

Ben Goertzel concorda com a sugestão de Hall de que uma nova IA em nível humano faria bem em usar sua inteligência para acumular riqueza. Os talentos da IA podem inspirar empresas e governos a dispersar seu software por toda a sociedade. Goertzel é cético em relação a uma decolagem muito difícil de 5 minutos, mas acha razoável uma decolagem do nível humano para o sobre-humano da ordem de 5 anos. Ele chama isso de "decolagem semi-dura".

Max More discorda, argumentando que, se houvesse apenas algumas IAs super rápidas no nível humano, elas não mudariam radicalmente o mundo, porque ainda dependeriam de outras pessoas para fazer as coisas e ainda teriam restrições cognitivas humanas. Mesmo que todas as IAs super rápidas trabalhem no aumento da inteligência, não está claro por que elas se sairiam melhor de maneira descontínua do que os cientistas cognitivos humanos existentes na produção de inteligência super-humana, embora a taxa de progresso aumentasse. More também argumenta que uma superinteligência não transformaria o mundo da noite para o dia, porque precisaria se envolver com sistemas humanos lentos e existentes para obter impactos físicos no mundo. "A necessidade de colaboração, organização, e colocar idéias em mudanças físicas garantirá que todas as regras antigas não sejam descartadas da noite para o dia ou mesmo dentro de anos".

Imortalidade

Em seu livro de 2005, *The Singularity is Near*, Kurzweil sugere que os avanços médicos permitiriam às pessoas proteger seus corpos dos efeitos do

envelhecimento, tornando a expectativa de vida ilimitada. Kurzweil argumenta que os avanços tecnológicos na medicina nos permitiriam reparar e substituir continuamente os componentes defeituosos em nossos corpos, prolongando a vida a uma idade indeterminada. Kurzweil reforça ainda mais seu argumento discutindo os avanços atuais em bioengenharia. Kurzweil sugere terapia genética somática; após vírus sintéticos com informações genéticas específicas, o próximo passo seria aplicar essa tecnologia à terapia genética, substituindo o DNA humano por genes sintetizados.

K. Eric Drexler, um dos fundadores da nanotecnologia, postulou dispositivos de reparo celular, incluindo aqueles que operam dentro de células e utilizam máquinas biológicas ainda hipotéticas, em seu livro de 1986, *Engines of Creation*.

De acordo com Richard Feynman, foi seu ex-aluno e colaborador Albert Hibbs quem originalmente lhe sugeriu (por volta de 1959) a idéia de um uso médico para as micro-máquinas teóricas de Feynman. Hibbs sugeriu que certas máquinas de reparo poderiam um dia ser reduzidas em tamanho a ponto de, em teoria, ser possível (como Feynman colocou) "engolir o médico". A ideia foi incorporada ao ensaio de Feynman, de 1959, *Há muito espaço no fundo*.

Além de apenas prolongar a vida operacional do corpo físico, Jaron Lanier defende uma forma de imortalidade chamada "Ascensão Digital" que envolve "pessoas morrendo na carne e sendo carregadas em um computador e permanecendo conscientes".

História do conceito

Em seu obituário de 1958 por John von Neumann, Ulam recordou uma conversa com von Neumann sobre o "progresso cada vez mais acelerado da tecnologia e

mudanças no modo de vida humano, o que dá a aparência de se aproximar de alguma singularidade essencial na história da raça além da qual assuntos humanos, como os conhecemos, não poderiam continuar. "

Em 1965, Good escreveu seu ensaio postulando uma "explosão de inteligência" de auto-aperfeiçoamento recursivo de uma inteligência de máquina.

Em 1981, Stanisław Lem publicou seu romance de ficção científica Golem XIV. Ele descreve um computador militar de IA (Golem XIV) que obtém consciência e começa a aumentar sua própria inteligência, caminhando em direção à singularidade tecnológica pessoal. O Golem XIV foi originalmente criado para ajudar seus construtores a travar guerras, mas à medida que sua inteligência avança para um nível muito mais alto do que o dos humanos, ele deixa de se interessar pelos requisitos militares, porque os encontra sem consistência lógica interna.

Em 1983, Vernor Vinge popularizou bastante a explosão da inteligência de Good em vários escritos, abordando o tópico impresso na edição de janeiro de 1983 da revista Omni. Neste artigo, Vinge parece ter sido o primeiro a usar o termo "singularidade" de uma maneira especificamente ligada à criação de máquinas inteligentes:

Em breve criaremos inteligências maiores que as nossas. Quando isso acontece, a história humana alcançará uma espécie de singularidade, uma transição intelectual tão impenetrável quanto o espaço-tempo atado no centro de um buraco negro, e o mundo passará muito além de nossa compreensão. Acredito que essa singularidade já assombra vários escritores de ficção científica. Torna impossível a extrapolação realista para um futuro interestelar. Para escrever uma história ambientada há mais de um século, é preciso uma guerra nuclear entre... para que o mundo permaneça inteligível.

Em 1985, em "A escala de tempo da inteligência artificial", o pesquisador de inteligência artificial Ray Solomonoff articulou matematicamente a noção relacionada do que ele chamou de "ponto infinito": se uma comunidade de pesquisa de IAs de auto-aperfeiçoamento no nível humano leva quatro anos para dobrar sua própria velocidade, depois dois anos, depois um ano e assim por diante, suas capacidades aumentam infinitamente em tempo finito.

O artigo de Vinge, de 1993, "A vinda da singularidade tecnológica: como sobreviver na era pós-humana", se espalhou amplamente na Internet e ajudou a popularizar a idéia. Este artigo contém a declaração: "Dentro de trinta anos, teremos os meios tecnológicos para criar inteligência sobre-humana. Logo depois, a era humana será encerrada". Vinge argumenta que os autores de ficção científica não podem escrever personagens realistas da pós-singularidade que superam o intelecto humano, pois os pensamentos desse intelecto estariam além da capacidade dos humanos de se expressar.

Em 2000, Bill Joy, um proeminente tecnólogo e co-fundador da Sun Microsystems, manifestou preocupação com os perigos potenciais da singularidade.

Em 2005, Kurzweil publicou *The Singularity is Near*. A campanha publicitária de Kurzweil incluiu uma aparição no *The Daily Show* com Jon Stewart.

Em 2007, Eliezer Yudkowsky sugeriu que muitas das várias definições atribuídas à "singularidade" são mutuamente incompatíveis em vez de se apoiarem mutuamente. Por exemplo, Kurzweil extrapola as trajetórias tecnológicas atuais após a chegada da inteligência artificial sobre-humana ou auto-aperfeiçoadora, o que Yudkowsky argumenta que representa uma tensão com a melhoria descontínua proposta pela IJ Good na inteligência e a tese de Vinge sobre a imprevisibilidade.

Em 2009, Kurzweil e Peter Diamandis, fundador do X-Prize, anunciaram o estabelecimento da Singularity University, um instituto privado não credenciado cuja missão declarada é "educar, inspirar e capacitar líderes a aplicar tecnologias exponenciais para enfrentar os grandes desafios da humanidade". Financiada pelo Google, Autodesk, ePlanet Ventures e um grupo de líderes do setor de tecnologia, a Singularity University está sediada no Ames Research Center da NASA em Mountain View, Califórnia. A organização sem fins lucrativos realiza um programa anual de graduação de dez semanas durante o verão, que abrange dez tecnologias diferentes e faixas aliadas, além de uma série de programas executivos ao longo do ano.

Na política

Em 2007, o Comitê Econômico Conjunto do Congresso dos Estados Unidos divulgou um relatório sobre o futuro da nanotecnologia. Prevê mudanças tecnológicas e políticas significativas no futuro a médio prazo, incluindo uma possível singularidade tecnológica.

O ex-presidente dos Estados Unidos Barack Obama falou sobre a singularidade em sua entrevista à Wired em 2016:

Uma coisa sobre a qual não conversamos muito, e só quero voltar, é que realmente precisamos pensar nas implicações econômicas. Como a maioria das pessoas não está gastando muito tempo no momento se preocupando com a singularidade - está se preocupando com "Bem, meu trabalho será substituído por uma máquina?"

Robôs

Um robô é uma máquina - especialmente uma programável por um computador - capaz de executar uma série complexa de ações automaticamente. Os robôs podem ser guiados por um dispositivo de controle externo ou o controle pode ser incorporado dentro. Os robôs podem ser construídos com base na forma humana, mas a maioria dos robôs são máquinas projetadas para executar uma tarefa sem levar em consideração sua estética.

Os robôs podem ser autônomos ou semi-autônomos e variam de humanóides, como o Advanced Step in Innovative Mobility (ASIMO) da Honda e o TOSY Ping Pong Playing Robot (TOPIO) da TOSY, a robôs industriais, robôs de operação médica, robôs de assistência médica, robôs de assistência ao paciente, robôs de terapia de cães, coletivamente robôs enxame programados, drones UAV como o General Atomics MQ-1 Predator e até nano robôs microscópicos. Ao imitar uma aparência realista ou automatizar movimentos, um robô pode transmitir uma sensação de inteligência ou pensamento próprio. Espera-se que as coisas autônomas proliferem na próxima década, com a robótica doméstica e o carro autônomo como alguns dos principais condutores.

O ramo da tecnologia que lida com o design, construção, operação e aplicação de robôs, bem como sistemas de computador para controle, feedback sensorial e processamento de informações é a robótica. Essas tecnologias lidam com máquinas automatizadas que podem substituir o homem em ambientes perigosos ou processos de fabricação, ou que se assemelham a aparência, comportamento ou cognição. Muitos dos robôs de hoje são inspirados pela natureza, contribuindo para o campo da robótica bioinspirada. Esses robôs também criaram um novo ramo da robótica: a robótica suave.

Desde a época da civilização antiga, houve muitos relatos de dispositivos automatizados configuráveis pelo usuário e até de autômatos semelhantes a animais e humanos, projetados principalmente como entretenimento. À medida que as técnicas mecânicas se desenvolveram na era industrial, surgiram aplicações mais práticas, como máquinas automatizadas, controle remoto e controle remoto sem fio.

O termo vem de uma palavra tcheca, *robota*, que significa "trabalho forçado"; a palavra 'robô' foi usada pela primeira vez para denotar um humanóide fictício em uma peça de teatro RUR (*Rossumovi Univerzální Roboti* - Robôs Universais de Rossum), de 1920, do escritor tcheco Karel Čapek, mas foi o irmão de Karel, Josef Čapek, o verdadeiro inventor da palavra. A eletrônica evoluiu para a força motriz do desenvolvimento com o advento dos primeiros robôs autônomos eletrônicos criados por William Gray Walter em Bristol, Inglaterra em 1948, bem como das máquinas-ferramentas de Controle Numérico por Computador (CNC) no final da década de 1940 por John T. Parsons e Frank L. Stulen. O primeiro robô comercial, digital e programável foi construído por George Devol em 1954 e foi nomeado Unimate. Foi vendido para a General Motors em 1961, onde foi usado para levantar peças de metal quente de máquinas de fundição sob pressão na Inland Fisher Guide Plant na seção West Trenton de Ewing Township, Nova Jersey.

Os robôs substituíram os humanos na execução de tarefas repetitivas e perigosas que os humanos preferem não realizar, ou são incapazes de executar devido a limitações de tamanho, ou que ocorrem em ambientes extremos, como espaço exterior ou fundo do mar. Há preocupações sobre o crescente uso de robôs e seu papel na sociedade. Os robôs são responsabilizados pelo aumento do desemprego tecnológico à medida que substituem os trabalhadores em um número crescente de funções. O uso de robôs em combate militar suscita preocupações éticas. As possibilidades de autonomia do robô e possíveis repercussões foram abordadas na ficção e podem ser uma preocupação realista no futuro.

Sumário

A palavra robô pode se referir a robôs físicos e agentes de software virtual, mas os últimos são geralmente chamados de bots. Não há consenso sobre quais máquinas se qualificam como robôs, mas há um consenso geral entre especialistas e o público de que os robôs tendem a possuir algumas ou todas as seguintes habilidades e funções: aceitar programação eletrônica, dados de processos ou percepções físicas eletronicamente, operar autonomamente até certo ponto, mova-se, opere partes físicas de si ou processos físicos, sinta e manipule seu ambiente e exiba comportamento inteligente, especialmente comportamentos que imitam humanos ou outros animais. Intimamente relacionado ao conceito de robô está o campo da Biologia Sintética, que estuda entidades cuja natureza é mais comparável aos seres do que às máquinas.

História

A idéia de autômatos se origina nas mitologias de muitas culturas ao redor do mundo. Engenheiros e inventores de civilizações antigas, incluindo a China antiga, a Grécia antiga e o Egito ptolomaico, tentaram construir máquinas auto-operacionais, algumas semelhantes a animais e humanos. As primeiras descrições dos autômatos incluem as pombas artificiais de Archytas, os pássaros artificiais de Mozi e Lu Ban, um autômato "falante" de Herói de Alexandria, um autômato de lavatório de Philo de Bizâncio e um autômato humano descrito no Lie Zi.

Início precoce

Muitas mitologias antigas e as religiões mais modernas incluem pessoas artificiais, como os servos mecânicos construídos pelo deus grego Hefesto

(Vulcano para os romanos), os golens de argila da lenda judaica e os gigantes da lenda nórdica, e Galatea, a estátua mítica de Pigmalião que ganhou vida. Desde cerca de 400 aC, os mitos de Creta incluem Talos, um homem de bronze que protegia a ilha dos piratas.

Na Grécia antiga, o engenheiro grego Ctesibius (c. 270 aC) "aplicou um conhecimento de pneumática e hidráulica para produzir os primeiros relógios de órgão e água com figuras em movimento". No século IV aC, o matemático grego Archytas of Tarentum postulou um pássaro mecânico a vapor que ele chamou de "O Pombo". Hero of Alexandria (10–70 dC), um matemático e inventor grego, criou vários dispositivos automatizados configuráveis pelo usuário e descreveu máquinas alimentadas por pressão do ar, vapor e água.

O século 11 Lokapannatti conta como as relíquias do Buda foram protegidas por robôs mecânicos (bhuta vahana yanta), do reino de Roma visaya (Roma); até que eles foram desarmados pelo rei Ashoka.

Na China antiga, o texto do século III do Lie Zi descreve um relato de autômatos humanóides, envolvendo um encontro muito anterior entre o imperador chinês Rei Mu de Zhou e um engenheiro mecânico conhecido como Yan Shi, um 'artífice'. Yan Shi orgulhosamente presenteou o rei com uma figura em tamanho natural, em forma de homem, de sua "obra" mecânica feita de couro, madeira e órgãos artificiais. Há também relatos de autômatos voadores no Han Fei Zi e em outros textos, que atribuem ao filósofo moist do século V aC Mozi e seu contemporâneo Lu Ban a invenção de pássaros de madeira artificiais (ma yuan) que poderiam voar com sucesso.

Em 1066, o inventor chinês Su Song construiu um relógio de água na forma de uma torre que apresentava figuras mecânicas que tocavam as horas. Seu mecanismo tinha uma bateria eletrônica programável com estacas (comes) que esbarravam em pequenas alavancas que operavam instrumentos de percussão. O baterista pode ser obrigado a tocar ritmos diferentes e diferentes padrões de

bateria, movendo os pinos para diferentes locais.

Samarangana Sutradhara, um tratado em sânscrito de Bhoja (século XI), inclui um capítulo sobre a construção de artifícios mecânicos (autômatos), incluindo abelhas e pássaros mecânicos, fontes em forma de humanos e animais e bonecas masculinas e femininas que reabasteceram lâmpadas de óleo, dançaram, tocou instrumentos e encenou cenas da mitologia hindu.

O cientista muçulmano do século XIII Ismail al-Jazari criou vários dispositivos automatizados. Ele construiu pavões móveis automatizados, movidos a energia hidrelétrica. Ele também inventou os primeiros portões automáticos conhecidos, que eram acionados por energia hidrelétrica, criaram portas automáticas como parte de um de seus elaborados relógios de água. Um dos autômatos humanóides de al-Jazari era uma garçonete que podia servir água, chá ou bebidas. A bebida foi armazenada em um tanque com um reservatório de onde a bebida cai em um balde e, após sete minutos, em um copo, após o qual a garçonete aparece fora de uma porta automática que serve a bebida. Al-Jazari inventou um autômato para lavar as mãos incorporando um mecanismo de descarga agora usado em banheiros modernos. Possui um autômato humanóide feminino em pé ao lado de uma bacia cheia de água. Quando o usuário puxa a alavanca, a água é drenada e o autômato feminino reabastece a bacia.

Mark E. Rosheim resume os avanços em robótica feitos por engenheiros muçulmanos, especialmente al-Jazari, da seguinte maneira:

Ao contrário dos desenhos gregos, esses exemplos árabes revelam interesse, não apenas na ilusão dramática, mas em manipular o ambiente para o conforto humano. Assim, a maior contribuição que os árabes deram, além de preservar, disseminar e desenvolver o trabalho dos gregos, foi o conceito de aplicação prática. Este era o elemento chave que faltava na ciência robótica grega.

Na Itália renascentista, Leonardo da Vinci (1452–1519) esboçou planos para um robô humanóide por volta de 1495. Os cadernos de anotações de Da Vinci, redescobertos na década de 1950, continham desenhos detalhados de um cavaleiro mecânico agora conhecido como robô de Leonardo, capaz de se sentar, acenar braços e mover sua cabeça e mandíbula. O desenho provavelmente foi baseado em pesquisas anatômicas registradas em seu Homem Vitruviano. Não se sabe se ele tentou construí-lo. Segundo a *Encyclopædia Britannica*, Leonardo da Vinci pode ter sido influenciado pelos autômatos clássicos de al-Jazari.

No Japão, autômatos animais e humanos complexos foram construídos entre os séculos XVII e XIX, com muitos descritos no século XVII *Karakuri zui* (Illustrated Machinery, 1796). Um desses autômatos era o *karakuri ningyō*, um boneco mecanizado. Existiam diferentes variações dos *karakuri*: o *Butai karakuri*, que era usado no teatro, o *Zashiki karakuri*, que era pequeno e usado nas casas, e o *Dashi karakuri*, que era usado em festivais religiosos, onde os bonecos eram usados para representar as representações tradicionais. mitos e lendas.

Na França, entre 1738 e 1739, Jacques de Vaucanson exibiu vários autômatos em tamanho real: um flautista, um flautista e um pato. O pato mecânico podia bater as asas, esticar o pescoço e engolir comida da mão do expositor, e dava a ilusão de digerir sua comida excretando a matéria armazenada em um compartimento escondido.

Sistemas com controle remoto

Os veículos operados remotamente foram demonstrados no final do século 19 na forma de vários tipos de torpedos controlados remotamente. No início da década de 1870, viram torpedos controlados remotamente por John Ericsson (pneumático), John Louis Lay (guiado por fio elétrico) e Victor von Scheliha (guiado por fio elétrico).

O torpedo de Brennan, inventado por Louis Brennan em 1877, era acionado por duas hélices contra-rotativas que eram giradas ao puxar rapidamente os fios dos tambores enrolados dentro do torpedo. A velocidade diferencial nos fios conectados à estação em terra permitiu que o torpedo fosse guiado até o alvo, tornando-o "o primeiro míssil guiado prático do mundo". Em 1897, o inventor britânico Ernest Wilson recebeu uma patente para um torpedo controlado remotamente por ondas "Hertzian" (rádio) e em 1898 Nikola Tesla demonstrou publicamente um torpedo sem fio controlado que esperava vender para a Marinha dos EUA.

Archibald Low, conhecido como o "pai dos sistemas de orientação por rádio" por seu trabalho pioneiro em foguetes e aviões guiados durante a Primeira Guerra Mundial. Em 1917, ele demonstrou uma aeronave com controle remoto para o Royal Flying Corps e no mesmo ano construiu o primeiro foguete guiado por arame.

Origem do termo "robô"

'Robot' foi aplicado pela primeira vez como um termo para autômatos artificiais na peça RUR de 1920 do escritor tcheco Karel Čapek. No entanto, Josef Čapek foi nomeado por seu irmão Karel como o verdadeiro inventor do termo robô. A palavra 'robô' em si não era nova, tendo sido na língua eslava como robota (trabalhador forçado), um termo que classificava os camponeses obrigados ao serviço obrigatório sob o sistema feudal (ver: Patente do robô). a criação de corpos humanos artificiais sem alma, e o antigo tema da classe feudal da robota se encaixa eloquentemente na imaginação de uma nova classe de trabalhadores artificiais fabricados.

A pronúncia da palavra em inglês evoluiu relativamente rápido desde a sua introdução. Nos EUA, entre o final dos anos 30 e o início dos anos 40, a segunda

sílaba foi pronunciada com um longo "O", como "barco a remo". No final dos anos 50 e início dos anos 60, alguns o pronunciavam com um "U" curto como "linha-mas", enquanto outros usavam um "O" mais suave como "comprado em linha". Nos anos 70, sua pronúncia atual "row-bot" havia se tornado predominante.

Robôs iniciais

Em 1928, um dos primeiros robôs humanóides, Eric, foi exibido na exposição anual da Model Engineers Society, em Londres, onde fez um discurso. Inventado por WH Richards, o chassi do robô consistia em uma armadura de alumínio com onze eletroímãs e um motor alimentado por uma fonte de energia de doze volts. O robô pode mover as mãos e a cabeça e ser controlado por controle remoto ou controle por voz. Eric e seu "irmão" George viajaram pelo mundo.

Westinghouse Electric Corporation construiu a Televox em 1926; era um recorte de papelão conectado a vários dispositivos que os usuários podiam ligar e desligar. Em 1939, o robô humanóide conhecido como Elektro foi lançado na Feira Mundial de Nova York de 1939. Com 2,1 metros de altura e 120,2 kg de peso, ele podia andar por comando de voz, falar cerca de 700 palavras (usando um toca-discos de 78 rpm), fumar cigarros, explodir balões e mover a cabeça e os braços. O corpo consistia em uma engrenagem de aço, com e esqueleto do motor coberto por uma pele de alumínio. Em 1928, o primeiro robô do Japão, Gakutensoku, foi projetado e construído pelo biólogo Makoto Nishimura.

Robôs autônomos modernos

Os primeiros robôs autônomos eletrônicos com comportamento complexo foram criados por William Gray Walter, do Burden Neurological Institute em Bristol, Inglaterra, em 1948 e 1949. Ele queria provar que conexões ricas entre um

pequeno número de células cerebrais poderiam dar origem a comportamentos muito complexos - essencialmente que o segredo de como o cérebro funcionava estava na forma como ele era conectado. Seus primeiros robôs, chamados Elmer e Elsie, foram construídos entre 1948 e 1949 e foram frequentemente descritos como tartarugas devido à sua forma e velocidade lenta de movimento. Os robôs de tartaruga de três rodas eram capazes de fototaxia, por meio dos quais podiam chegar a uma estação de recarga quando ficavam com pouca bateria.

Walter enfatizou a importância de usar eletrônica puramente analógica para simular processos cerebrais em um momento em que seus contemporâneos, como Alan Turing e John von Neumann, estavam todos voltando-se para uma visão dos processos mentais em termos de computação digital. Seu trabalho inspirou gerações subsequentes de pesquisadores de robótica, como Rodney Brooks, Hans Moravec e Mark Tilden. Encarnações modernas das tartarugas de Walter podem ser encontradas na forma de robótica BEAM.

O primeiro robô programável e digitalmente operado foi inventado por George Devol em 1954 e foi chamado de Unimate. Isso acabou por lançar as bases da moderna indústria de robótica. A Devol vendeu o primeiro Unimate para a General Motors em 1960 e foi instalado em 1961 em uma fábrica em Trenton, Nova Jersey, para retirar pedaços quentes de metal de uma máquina de fundição sob pressão e empilhá-los. A patente de Devol para o primeiro braço robótico programável operado digitalmente representa a base da indústria robótica moderna.

O primeiro robô de paletização foi introduzido em 1963 pela Fuji Yusoki Kogyo Company. Em 1973, um robô com seis eixos acionados eletromecanicamente foi patenteado pela KUKA robotics na Alemanha, e o braço de manipulação universal programável foi inventado por Victor Scheinman em 1976, e o projeto foi vendido para a Unimation.

Atualmente, os robôs comerciais e industriais estão em uso generalizado,

realizando trabalhos mais baratos ou com maior precisão e confiabilidade do que os humanos. Eles também são empregados para trabalhos que são muito sujos, perigosos ou sem brilho para serem adequados para seres humanos. Os robôs são amplamente utilizados na fabricação, montagem e embalagem, transporte, exploração de terra e espaço, cirurgia, armamento, pesquisa de laboratório e produção em massa de bens de consumo e industriais.

Desenvolvimento e tendências futuras

Surgiram várias técnicas para desenvolver a ciência da robótica e dos robôs. Um método é a robótica evolutiva, na qual vários robôs diferentes são submetidos a testes. Os que apresentam melhor desempenho são usados como modelo para criar uma "geração" subsequente de robôs. Outro método é a robótica de desenvolvimento, que rastreia mudanças e desenvolvimento dentro de um único robô nas áreas de resolução de problemas e outras funções. Outro novo tipo de robô é introduzido recentemente, que atua tanto como smartphone quanto como robô, e se chama RoboHon.

À medida que os robôs se tornam mais avançados, eventualmente pode haver um sistema operacional de computador padrão projetado principalmente para robôs. O Robot Operating System é um conjunto de programas de código aberto que está sendo desenvolvido na Universidade de Stanford, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts e na Universidade Técnica de Munique, na Alemanha, entre outros. O ROS fornece maneiras de programar a navegação e os membros de um robô, independentemente do hardware específico envolvido. Ele também fornece comandos de alto nível para itens como reconhecimento de imagem e até mesmo abrir portas. Quando o ROS é inicializado no computador de um robô, ele obtém dados sobre atributos como o comprimento e o movimento dos membros dos robôs. Retransmitiria esses dados para algoritmos de nível superior. A Microsoft também está desenvolvendo um sistema "Windows para robôs" com o Robotics Developer Studio, disponível desde 2007.

O Japão espera ter comercialização em larga escala de robôs de serviço até 2025. Muita pesquisa tecnológica no Japão é liderada por agências governamentais japonesas, particularmente pelo Ministério do Comércio.

Muitas aplicações futuras da robótica parecem óbvias para as pessoas, embora estejam muito além das capacidades dos robôs disponíveis no momento da previsão. Já em 1982, as pessoas estavam confiantes de que algum dia os robôs:

1. Limpe as peças removendo o flash de moldagem 1. Pulverize automóveis de tinta com absolutamente nenhuma presença humana3. Coloque as coisas em caixas - por exemplo, oriente e aninhe bombons de chocolate em caixas de doces4. Faça o chicote elétrico5. Carregar caminhões com caixas - um problema de embalagem6. Manuseie mercadorias leves, como roupas e sapatos7. Tosquia de ovelhas prótese9. Cozinhe fast food e trabalhe em outras indústrias de serviços10. Robô doméstico.

Geralmente essas previsões são excessivamente otimistas na escala de tempo.

Novas funcionalidades e protótipos

Em 2008, a Caterpillar Inc. desenvolveu um caminhão basculante que pode se movimentar sem operador humano. Muitos analistas acreditam que caminhões autônomos podem eventualmente revolucionar a logística. Em 2014, a Caterpillar possuía um caminhão basculante autônomo, o que deve mudar bastante o processo de mineração. Em 2015, esses caminhões Caterpillar foram usados ativamente em operações de mineração na Austrália pela empresa de mineração Rio Tinto Coal Australia. Alguns analistas acreditam que, nas próximas décadas, a maioria dos caminhões será autônoma.

Um robô alfabetizado ou de leitura chamado Marge possui inteligência proveniente de software. Ela pode ler jornais, encontrar e corrigir palavras com

erros ortográficos, aprender sobre bancos como o Barclays e entender que alguns restaurantes são melhores lugares para comer do que outros.

O Baxter é um novo robô introduzido em 2012 que aprende por orientação. Um trabalhador pode ensinar à Baxter como executar uma tarefa movendo as mãos no movimento desejado e fazendo com que a Baxter as memorize. Mostradores, botões e controles extras estão disponíveis no braço da Baxter para obter mais precisão e recursos. Qualquer trabalhador regular pode programar o Baxter e leva apenas uma questão de minutos, ao contrário dos robôs industriais comuns que usam extensos programas e códigos para serem usados. Isso significa que a Baxter não precisa de programação para operar. Não são necessários engenheiros de software. Isso também significa que o Baxter pode ser ensinado a executar várias tarefas mais complicadas. Sawyer foi adicionado em 2015 para tarefas menores e mais precisas.

Etimologia

A palavra robô foi apresentada ao público pelo escritor tcheco Karel Čapek em sua peça RUR (Rossum's Universal Robots), publicada em 1920. A peça começa em uma fábrica que utiliza um substituto químico do protoplasma para fabricar pessoas vivas e simplificadas, chamadas robôs. A peça não se concentra em detalhes na tecnologia por trás da criação desses seres vivos, mas em sua aparência eles prefiguram idéias modernas de andróides, criaturas que podem ser confundidas com seres humanos. Esses trabalhadores produzidos em massa são retratados como eficientes, mas sem emoção, incapazes do pensamento original e indiferentes à autopreservação. O que está em questão é se os robôs estão sendo explorados e as consequências da dependência humana do trabalho comoditizado (especialmente depois que vários robôs especialmente formulados atingem a autoconsciência e incitam os robôs em todo o mundo a se revoltarem com os humanos).

O próprio Karel Čapek não cunhou a palavra. Ele escreveu uma carta curta em referência a uma etimologia no Oxford English Dictionary, na qual nomeou seu irmão, o pintor e escritor Josef Čapek, como seu verdadeiro criador.

Em um artigo da revista tcheca Lidové noviny, em 1933, ele explicou que originalmente queria chamar as criaturas de laboři (trabalhadores do trabalho latino). No entanto, ele não gostou da palavra e procurou o conselho de seu irmão Josef, que sugeriram "roboti". A palavra robota significa literalmente "corvée", "serviço labor" e figurativamente "labuta" ou "trabalho duro" em tcheco e também (mais geral) "trabalho", "trabalho" em muitas línguas eslavas (por exemplo: búlgaro, russo, sérvio, eslovaco, polonês, macedônio, ucraniano, tcheco arcaico e robô em húngaro. Tradicionalmente, o robota (robô húngaro) era o período de trabalho que um servo (corvée) tinha que dar a seu senhor, tipicamente 6 meses do ano. A origem da palavra é a "servidão" rabota "eslava" da Igreja Velha (antiga búlgara) (obra "em búlgaro e russo contemporâneo), que, por sua vez, vem da raiz proto-indo-européia * orbh-. O robô conhece a raiz alemã Arbeit (trabalho).

A palavra robótica, usada para descrever esse campo de estudo, foi cunhada pelo escritor de ficção científica Isaac Asimov. Asimov criou as "Três Leis da Robótica", que são um tema recorrente em seus livros. Desde então, estes foram usados por muitos outros para definir leis usadas na ficção. (As três leis são pura ficção, e nenhuma tecnologia criada ainda tem a capacidade de entendê-las ou segui-las, e, de fato, a maioria dos robôs serve a propósitos militares, que são bem contrários à primeira lei e, muitas vezes, à terceira lei. "As pessoas pensam nas idéias de Asimov. mas foram criadas para mostrar como um sistema ético simples não funciona. Se você ler os contos, cada um deles é sobre um fracasso e eles são totalmente impraticáveis ", disse Joanna Bryson, da Universidade de banho.)

Robôs modernos

Robô móvel

Os robôs móveis têm a capacidade de se movimentar em seu ambiente e não são fixos em um local físico. Um exemplo de um robô móvel atualmente em uso comum é o veículo guiado automaticamente ou o veículo guiado automaticamente (AGV). Um AGV é um robô móvel que segue marcadores ou fios no chão, ou usa visão ou lasers. Os AGVs serão discutidos posteriormente neste artigo.

Robôs móveis também são encontrados em ambientes industriais, militares e de segurança. Eles também aparecem como produtos de consumo, para entretenimento ou para executar determinadas tarefas, como a aspiração. Os robôs móveis são o foco de muitas pesquisas atuais e quase todas as grandes universidades têm um ou mais laboratórios que se concentram na pesquisa de robôs móveis.

Os robôs móveis geralmente são usados em ambientes rigidamente controlados, como nas linhas de montagem, porque têm dificuldade em responder a interferências inesperadas. Por isso, a maioria dos humanos raramente encontra robôs. No entanto, robôs domésticos para limpeza e manutenção são cada vez mais comuns dentro e fora das residências nos países desenvolvidos. Os robôs também podem ser encontrados em aplicações militares.

Robôs industriais (manipulação)

Os robôs industriais geralmente consistem em um braço articulado (manipulador multi-link) e um efector de extremidade conectado a uma superfície fixa. Um dos tipos mais comuns de efector de extremidade é um conjunto de garra.

A Organização Internacional de Padronização fornece uma definição de robô industrial manipulador na ISO 8373:

"um manipulador controlado automaticamente, reprogramável, multiuso, programável em três ou mais eixos, que pode ser fixo no local ou móvel para uso em aplicações de automação industrial."

Essa definição é usada pela Federação Internacional de Robótica, pela Rede Europeia de Pesquisa em Robótica (EURON) e por muitos comitês de padrões nacionais.

Robô de serviço

Os robôs industriais mais comuns são braços e manipuladores robóticos fixos usados principalmente para produção e distribuição de mercadorias. O termo "robô de serviço" é menos bem definido. A Federação Internacional de Robótica propôs uma definição provisória: "Um robô de serviço é um robô que opera de forma semi ou totalmente autônoma para executar serviços úteis ao bem-estar de humanos e equipamentos, excluindo operações de fabricação".

Robôs educacionais (interativos)

Os robôs são usados como assistentes educacionais para professores. A partir da década de 1980, robôs como tartarugas foram usados nas escolas e programados usando a linguagem Logo.

Existem kits de robôs como Lego Mindstorms, BIOLOID, OLLO da ROBOTIS ou BotBrain Educational Robots podem ajudar as crianças a aprender sobre matemática, física, programação e eletrônica. A robótica também foi introduzida na vida de alunos do ensino fundamental e médio na forma de competições de robôs com a empresa FIRST (para inspiração e reconhecimento de ciência e tecnologia). A organização é a base para as competições da FIRST Robotics Competition, FIRST LEGO League, Junior FIRST LEGO League e FIRST Tech Challenge.

Também houve robôs como o computador de ensino Leachim (1974). Leachim foi um exemplo precoce de síntese de fala usando o método de síntese Diphone. O 2-XL (1976) era um brinquedo de jogo / ensino em forma de robô baseado na ramificação entre faixas audíveis em um toca-fitas de 8 faixas, ambos inventados por Michael J. Freeman. Mais tarde, a faixa de 8 faixas foi atualizada para cassetes de fita e depois para digital.

Robô modular

Robôs modulares são uma nova geração de robôs projetados para aumentar a utilização de robôs modularizando sua arquitetura. A funcionalidade e a eficácia de um robô modular são mais fáceis de aumentar em comparação com os robôs convencionais. Esses robôs são compostos de um único tipo de idêntico, vários tipos de módulos idênticos ou módulos de formas semelhantes, que variam em tamanho. Sua estrutura arquitetônica permite hiper-redundância para robôs modulares, pois eles podem ser projetados com mais de 8 graus de liberdade (DOF). Criar programação, cinemática inversa e dinâmica para robôs modulares é mais complexo que nos robôs tradicionais. Os robôs modulares podem ser compostos de módulos em forma de L, módulos cúbicos e módulos em U e H. A tecnologia ANAT, uma tecnologia robótica modular patenteada pela Robotics Design Inc., permite a criação de robôs modulares a partir de módulos em forma de U e H que se conectam em uma cadeia e são usados para formar sistemas de robôs modulares heterogêneos e homogêneos. Esses "robôs ANAT" podem ser projetados com "n" DOF, pois cada módulo é um sistema robótico motorizado

completo que se dobra em relação aos módulos conectados antes e depois em sua cadeia e, portanto, um único módulo permite um grau de liberdade. Quanto mais módulos estiverem conectados, mais graus de liberdade eles terão. Os módulos em forma de L também podem ser projetados em uma corrente e devem se tornar cada vez menores à medida que o tamanho da corrente aumenta, pois as cargas úteis anexadas ao final da corrente exercem maior pressão sobre os módulos que estão mais distantes da base. Os módulos em forma de ANAT H não sofrem com esse problema, pois seu design permite que um robô modular distribua pressão e impactos igualmente entre outros módulos conectados e, portanto, a capacidade de carga não diminui à medida que o comprimento do braço aumenta. Os robôs modulares podem ser manualmente ou auto-reconfigurados para formar um robô diferente, que pode executar aplicativos diferentes. Como os robôs modulares do mesmo tipo de arquitetura são compostos de módulos que compõem robôs modulares diferentes, um robô de braço de cobra pode combinar com outro para formar um robô de braço duplo ou quádruplo, ou pode se dividir em vários robôs móveis, e os robôs móveis podem se dividir em múltiplos menores ou combinar com outros em um maior ou diferente. Isso permite a um único robô modular a capacidade de ser totalmente especializado em uma única tarefa, bem como a capacidade de ser especializado para executar várias tarefas diferentes.

Atualmente, a tecnologia robótica modular está sendo aplicada no transporte híbrido, automação industrial, limpeza e manuseio de dutos. Muitos centros de pesquisa e universidades também estudaram essa tecnologia e desenvolveram protótipos.

Robôs colaborativos

Um robô colaborativo ou cobot é um robô que pode interagir de maneira segura e eficaz com trabalhadores humanos enquanto executa tarefas industriais simples. No entanto, os efeitos finais e outras condições ambientais podem criar perigos e, como tais avaliações de risco devem ser feitas antes de usar qualquer aplicativo de controle de movimento industrial.

Os robôs colaborativos mais utilizados atualmente nas indústrias são fabricados pela Universal Robots na Dinamarca.

A Rethink Robotics - fundada por Rodney Brooks, anteriormente com o iRobot - apresentou a Baxter em setembro de 2012; como um robô industrial projetado para interagir com segurança com trabalhadores humanos vizinhos e ser programável para executar tarefas simples. Os Baxters param se detectarem um humano no caminho de seus braços robóticos e tiverem interruptores de destaque. Destinado à venda para pequenas empresas, eles são promovidos como o análogo robótico do computador pessoal. Em maio de 2014, 190 empresas nos EUA compraram a Baxters e estão sendo usadas comercialmente no Reino Unido.

Robôs na sociedade

Aproximadamente metade de todos os robôs do mundo está na Ásia, 32% na Europa e 16% na América do Norte, 1% na Australásia e 1% na África. 40% de todos os robôs do mundo estão no Japão, tornando o Japão o país com o maior número de robôs.

Autonomia e questões éticas

À medida que os robôs se tornam mais avançados e sofisticados, especialistas e acadêmicos têm explorado cada vez mais as questões sobre o que a ética pode governar o comportamento dos robôs e se os robôs podem reivindicar qualquer tipo de direitos sociais, culturais, éticos ou legais. Uma equipe científica afirmou que é possível que um cérebro de robô exista até 2019. Outros prevêem avanços na inteligência de robôs até 2050. Avanços recentes tornaram o comportamento

robótico mais sofisticado. O impacto social dos robôs inteligentes está sujeito a um documentário de 2010 chamado Plug & Orar.

Vernor Vinge sugeriu que pode chegar um momento em que computadores e robôs são mais inteligentes que os humanos. Ele chama isso de "Singularidade". Ele sugere que pode ser um pouco ou possivelmente muito perigoso para os seres humanos. Isso é discutido por uma filosofia chamada Singularitarismo.

Em 2009, especialistas participaram de uma conferência organizada pela Associação para o Avanço da Inteligência Artificial (AAAI) para discutir se computadores e robôs podem adquirir alguma autonomia e quanto essas habilidades podem representar uma ameaça ou perigo. Eles observaram que alguns robôs adquiriram várias formas de semi-autonomia, incluindo a capacidade de encontrar fontes de energia por conta própria e a capacidade de escolher independentemente alvos para atacar com armas. Eles também observaram que alguns vírus de computador podem evitar a eliminação e alcançaram "inteligência de barata". Eles observaram que a autoconsciência retratada na ficção científica é provavelmente improvável, mas que havia outros perigos e armadilhas em potencial. Várias fontes de mídia e grupos científicos observaram tendências separadas em diferentes áreas, que juntas podem resultar em maior funcionalidade e autonomia robótica, e que apresentam algumas preocupações inerentes. Em 2015, os robôs Nao alderen demonstraram capacidade para um certo grau de autoconsciência. Pesquisadores do Instituto Politécnico Rensselaer AI e do Reasoning Lab, em Nova York, realizaram um experimento em que um robô se conscientizou de si mesmo e corrigiu sua resposta a uma pergunta depois que percebeu isso.

Robôs militares

Alguns especialistas e acadêmicos questionaram o uso de robôs para combate militar, especialmente quando esses robôs recebem algum grau de funções autônomas. Também existem preocupações com a tecnologia que pode permitir

que alguns robôs armados sejam controlados principalmente por outros robôs. A Marinha dos EUA financiou um relatório que indica que, à medida que os robôs militares se tornam mais complexos, deve haver maior atenção às implicações de sua capacidade de tomar decisões autônomas. Um pesquisador afirma que os robôs autônomos podem ser mais humanos, pois podem tomar decisões com mais eficácia. No entanto, outros especialistas questionam isso.

Um robô em particular, o EATR, gerou preocupações públicas sobre sua fonte de combustível, pois ele pode se reabastecer continuamente usando substâncias orgânicas. Embora o motor do EATR seja projetado para funcionar com biomassa e vegetação selecionada especificamente por seus sensores, que pode ser encontrada em campos de batalha ou em outros ambientes locais, o projeto afirmou que a gordura de frango também pode ser usada.

Manuel De Landa observou que "mísseis inteligentes" e bombas autônomas equipadas com percepção artificial podem ser consideradas robôs, pois tomam algumas de suas decisões de forma autônoma. Ele acredita que isso representa uma tendência importante e perigosa na qual os humanos estão entregando decisões importantes às máquinas.

Relação com o desemprego

Durante séculos, as pessoas previram que as máquinas tornariam os trabalhadores obsoletos e aumentariam o desemprego, embora geralmente se pense que as causas do desemprego sejam devidas à política social.

Um exemplo recente de substituição humana envolve a empresa de tecnologia taiwanesa Foxconn que, em julho de 2011, anunciou um plano de três anos para substituir trabalhadores por mais robôs. Atualmente, a empresa usa dez mil robôs, mas aumentará para um milhão de robôs ao longo de um período de três

anos.

Os advogados especularam que um aumento da prevalência de robôs no local de trabalho poderia levar à necessidade de melhorar as leis de redundância.

Kevin J. Delaney disse que "os robôs estão contratando empregos humanos. Mas Bill Gates acredita que os governos devem tributar o uso deles pelas empresas, como uma maneira de, pelo menos temporariamente, retardar a disseminação da automação e financiar outros tipos de emprego". O imposto do robô também ajudaria a pagar um salário garantido aos trabalhadores deslocados.

O Relatório de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial 2019 apresenta evidências mostrando que, embora a automação substitua os trabalhadores, a inovação tecnológica cria mais novas indústrias e empregos em equilíbrio.

Usos contemporâneos

Atualmente, existem dois tipos principais de robôs, com base em seu uso: robôs autônomos de uso geral e robôs dedicados.

Os robôs podem ser classificados por sua especificidade de finalidade. Um robô pode ser projetado para executar uma tarefa em particular extremamente bem, ou uma série de tarefas menos bem. Todos os robôs, por sua natureza, podem ser reprogramados para se comportarem de maneira diferente, mas alguns são limitados por sua forma física. Por exemplo, um braço de robô de fábrica pode executar trabalhos como cortar, soldar, colar ou agir como um passeio de feira, enquanto um robô de escolha e local pode preencher apenas as placas de circuito impresso.

Robôs autônomos de uso geral

Os robôs autônomos de uso geral podem executar uma variedade de funções independentemente. Os robôs autônomos de uso geral geralmente podem navegar de forma independente em espaços conhecidos, lidar com suas próprias necessidades de recarga, interagir com portas e elevadores eletrônicos e executar outras tarefas básicas. Assim como os computadores, os robôs de uso geral podem se conectar a redes, software e acessórios que aumentam sua utilidade. Eles podem reconhecer pessoas ou objetos, conversar, fornecer companhia, monitorar a qualidade ambiental, responder a alarmes, pegar suprimentos e realizar outras tarefas úteis. Os robôs de uso geral podem executar uma variedade de funções simultaneamente ou podem assumir diferentes funções em diferentes momentos do dia. Alguns desses robôs tentam imitar seres humanos e podem até parecer pessoas em aparência; esse tipo de robô é chamado de robô humanóide. Os robôs humanóides ainda estão em um estágio muito limitado, já que nenhum robô humanóide ainda pode navegar em uma sala em que nunca esteve. Assim, os robôs humanóides são realmente bastante limitados, apesar de seus comportamentos inteligentes em seus conhecidos ambientes.

Robôs de fábrica

Produção automóvel

Nas últimas três décadas, as fábricas de automóveis foram dominadas por robôs. Uma fábrica típica contém centenas de robôs industriais trabalhando em linhas de produção totalmente automatizadas, com um robô para cada dez trabalhadores humanos. Em uma linha de produção automatizada, um chassi de veículo em um transportador é soldado, colado, pintado e finalmente montado em uma sequência de estações de robô.

Embalagem

Os robôs industriais também são usados extensivamente para paletização e embalagem de produtos manufaturados, por exemplo, para retirar rapidamente caixas de bebidas da extremidade de uma correia transportadora e colocá-las em caixas, ou para carregar e descarregar centros de usinagem.

Eletrônicos

As placas de circuito impresso (PCBs) produzidas em massa são quase exclusivamente fabricadas por robôs pick-and-place, geralmente com manipuladores SCARA, que removem pequenos componentes eletrônicos de tiras ou bandejas e os colocam em PCBs com grande precisão. Esses robôs podem colocar centenas de milhares de componentes por hora, superando em muito o desempenho humano, em velocidade, precisão e confiabilidade.

Veículos guiados automatizados (AGVs)

Robôs móveis, seguindo marcadores ou fios no chão, ou usando visão ou lasers, são usados para transportar mercadorias em grandes instalações, como armazéns, portos de contêineres ou hospitais.

Robôs antigos do estilo AGV

Limitado a tarefas que podem ser definidas com precisão e que devem ser

executadas da mesma maneira todas as vezes. Foi necessário muito pouco feedback ou inteligência, e os robôs precisavam apenas dos exteroceptores (sensores) mais básicos. As limitações desses AGVs são que seus caminhos não são facilmente alterados e eles não podem alterar seus caminhos se os obstáculos os bloquearem. Se um AGV quebrar, ele poderá interromper toda a operação.

Tecnologias AGV provisórias

Desenvolvido para implantar triangulação de balizas ou grades de código de barras para digitalização no chão ou no teto. Na maioria das fábricas, os sistemas de triangulação tendem a exigir manutenção moderada a alta, como limpeza diária de todos os faróis ou códigos de barras. Além disso, se um palete alto ou um veículo grande bloquear faróis ou um código de barras for marcado, os AGVs poderão se perder. Geralmente, esses AGVs são projetados para serem usados em ambientes livres de humanos.

AGVs inteligentes (i-AGVs)

Tais como SmartLoader, SpeciMinder, ADAM, Tug Eskorta e MT 400 com Motivity são projetados para espaços de trabalho amigáveis para as pessoas. Eles navegam reconhecendo características naturais. Os scanners 3D ou outros meios de detectar o ambiente em duas ou três dimensões ajudam a eliminar erros cumulativos nos cálculos de cálculo morto da posição atual do AGV. Alguns AGVs podem criar mapas de seu ambiente usando lasers de digitalização com localização e mapeamento simultâneos (SLAM) e usar esses mapas para navegar em tempo real com outros algoritmos de planejamento de caminhos e prevenção de obstáculos. Eles são capazes de operar em ambientes complexos e executar tarefas não repetitivas e não sequenciais, como o transporte de máscaras fotográficas em um laboratório de semicondutores, amostras em hospitais e mercadorias em armazéns. Para áreas dinâmicas, como armazéns cheios de paletes, Os AGVs exigem estratégias adicionais usando sensores tridimensionais, como câmeras de tempo de voo ou de estereovisão.

Tarefas sujas, perigosas, sem graça ou inacessíveis

Existem muitos empregos que os humanos preferem deixar para os robôs. O trabalho pode ser entediante, como limpeza doméstica ou marcação de linha de campo esportivo, ou perigoso, como explorar dentro de um vulcão. Outros trabalhos são fisicamente inacessíveis, como explorar outro planeta, limpar o interior de um tubo longo ou realizar uma cirurgia laparoscópica.

Sondas espaciais

Quase todas as sondas espaciais não tripuladas já lançadas eram um robô. Alguns foram lançados na década de 1960 com habilidades muito limitadas, mas sua capacidade de voar e pousar (no caso de Luna 9) é uma indicação de seu status como robô. Isso inclui as sondas Voyager e Galileo, entre outras.

Telerobots

Robôs teleoperados, ou telerobôs, são dispositivos operados remotamente à distância por um operador humano, em vez de seguir uma sequência predeterminada de movimentos, mas com comportamento semi-autônomo. Eles são usados quando um ser humano não pode estar presente no local para realizar um trabalho, porque é perigoso, distante ou inacessível. O robô pode estar em outra sala ou outro país ou em uma escala muito diferente do operador. Por exemplo, um robô de cirurgia laparoscópica permite que o cirurgião trabalhe dentro de um paciente humano em uma escala relativamente pequena em comparação à cirurgia aberta, reduzindo significativamente o tempo de recuperação. Eles também podem ser usados para evitar a exposição dos trabalhadores a espaços perigosos e apertados, como na limpeza de dutos. Ao

desativar uma bomba, o operador envia um pequeno robô para desativá-la. Vários autores estão usando um dispositivo chamado Longpen para assinar livros remotamente. Aeronaves robotizadas teleoperadas, como o Veículo Aéreo Não Tripulado Predador, estão sendo cada vez mais usadas pelos militares. Esses drones sem piloto podem procurar terreno e disparar contra alvos. Centenas de robôs como o Packbot da iRobot e o Foster-Miller TALON estão sendo usados no Iraque e no Afeganistão pelas forças armadas dos EUA para desarmar bombas na estrada ou dispositivos explosivos improvisados (IEDs) em uma atividade conhecida como descarte de material explosivo (EOD).s O Packbot e o Foster-Miller TALON estão sendo usados no Iraque e no Afeganistão pelas forças armadas dos EUA para desarmar bombas na estrada ou dispositivos explosivos improvisados (IEDs) em uma atividade conhecida como descarte de material explosivo (EOD).s O Packbot e o Foster-Miller TALON estão sendo usados no Iraque e no Afeganistão pelas forças armadas dos EUA para desarmar bombas na estrada ou dispositivos explosivos improvisados (IEDs) em uma atividade conhecida como descarte de material explosivo (EOD).

Máquinas automáticas de colheita de frutas

Os robôs são usados para automatizar a colheita de frutas em pomares a um custo menor do que o de catadores.

Robôs domésticos

Robôs domésticos são robôs simples dedicados a uma única tarefa de trabalho em uso doméstico. Eles são usados em trabalhos simples, mas muitas vezes desagradáveis, como aspiração, lavagem de pisos e corte de grama. Um exemplo de um robô doméstico é o Roomba.

Robôs militares

Robôs militares incluem o robô SWORDS, atualmente usado em combate terrestre. Ele pode usar uma variedade de armas e há alguma discussão sobre como conceder algum grau de autonomia em situações de campo de batalha.

Os veículos aéreos de combate não tripulados (UCAVs), que são uma forma atualizada de UAVs, podem realizar uma ampla variedade de missões, incluindo combate. Os UCAVs estão sendo projetados como o BAE Systems Mantis, que teria a capacidade de voar por conta própria, escolher seu próprio curso e objetivo e tomar a maioria das decisões por conta própria. O BAE Taranis é um UCAV construído pela Grã-Bretanha que pode voar através dos continentes sem um piloto e tem novos meios para evitar a detecção. Os testes de vôo devem começar em 2011.

A AAAI estudou esse tópico em profundidade e seu presidente encomendou um estudo para analisar esta questão.

Alguns sugeriram a necessidade de criar "AI amigável", o que significa que os avanços que já estão ocorrendo com a IA também devem incluir um esforço para tornar a IA intrinsecamente amigável e humana. Várias medidas já existem, com países pesados como o Japão e a Coreia do Sul tendo começado a aprovar regulamentos exigindo que os robôs sejam equipados com sistemas de segurança e possivelmente conjuntos de 'leis' semelhantes às Três Leis da Robótica de Asimov. Um relatório oficial foi emitido em 2009 pelo Comitê de Política da Indústria de Robôs do governo japonês. Autoridades e pesquisadores chineses emitiram um relatório sugerindo um conjunto de regras éticas e um novo conjunto de diretrizes legais, conhecidas como "Estudos Legais sobre Robôs". Alguma preocupação foi expressa sobre uma possível ocorrência de robôs revelando aparentes falsidades.

Robôs de mineração

Os robôs de mineração são projetados para resolver uma série de problemas atualmente enfrentados pelo setor de mineração, incluindo escassez de habilidades, melhoria da produtividade devido à queda no teor de minério e alcance de metas ambientais. Devido à natureza perigosa da mineração, em particular a mineração subterrânea, a prevalência de robôs autônomos, semi-autônomos e tele-operados aumentou bastante nos últimos tempos. Vários fabricantes de veículos fornecem trens, caminhões e carregadores autônomos que carregam material, transportam-no no local da mina até seu destino e descarregam sem a necessidade de intervenção humana. Uma das maiores empresas de mineração do mundo, a Rio Tinto, expandiu recentemente sua frota de caminhões autônomos para a maior do mundo, composta por 150 caminhões autônomos da Komatsu, operando na Austrália Ocidental. Da mesma forma, a BHP anunciou a expansão de sua frota de perfuração autônoma para as maiores e 21 brocas autônomas da Atlas Copco do mundo.

As máquinas de perfuração, longwall e quebra de rochas agora também estão disponíveis como robôs autônomos. O sistema de controle da Atlas Copco Rig pode executar autonomamente um plano de perfuração em uma sonda, movendo a sonda para a posição usando GPS, configurar a sonda e perfurar até as profundidades especificadas. Da mesma forma, o sistema Transmin Rocklogic pode planejar automaticamente um caminho para posicionar um quebra-rochas em um destino selecionado. Esses sistemas aumentam bastante a segurança e a eficiência das operações de mineração.

Cuidados de saúde

Os robôs na área da saúde têm duas funções principais. Aqueles que ajudam um indivíduo, como um sofredor de uma doença como a Esclerose Múltipla, e aqueles que auxiliam nos sistemas gerais, como farmácias e hospitais.

Domótica para idosos e deficientes

Os robôs usados na automação residencial se desenvolveram ao longo do tempo, desde simples assistentes robóticos básicos, como o Handy 1, até robôs semi-autônomos, como o FRIEND, que pode ajudar idosos e deficientes em tarefas comuns.

A população está envelhecendo em muitos países, especialmente no Japão, o que significa que há um número crescente de idosos para cuidar, mas relativamente menos jovens para cuidar deles. Os seres humanos são os melhores cuidadores, mas onde eles não estão disponíveis, os robôs estão sendo introduzidos gradualmente.

AMIGO é um robô semi-autônomo projetado para apoiar pessoas com deficiência e idosos em suas atividades diárias, como preparar e servir uma refeição. AMIGO possibilita que pacientes paraplégicos, com doenças musculares ou paralisia grave (devido a acidentes vasculares cerebrais etc.), realizem tarefas sem a ajuda de outras pessoas, como terapeutas ou equipe de enfermagem.

Farmácias

O Script Pro fabrica um robô projetado para ajudar as farmácias a preencher prescrições que consistem em sólidos orais ou medicamentos em forma de pílula. O farmacêutico ou técnico de farmácia insere as informações de prescrição em seu sistema de informações. O sistema, ao determinar se o medicamento está ou não no robô, enviará as informações ao robô para preenchimento. O robô possui 3 frascos de tamanhos diferentes para preencher, determinados pelo tamanho da pílula. O técnico, usuário ou farmacêutico do robô determina o tamanho necessário do frasco com base no tablet quando o

robô é estocado. Uma vez preenchido, o frasco é levado até uma correia transportadora que o entrega a um suporte que gira o frasco e anexa a etiqueta do paciente. Posteriormente, é colocado em outro transportador que entrega o frasco de medicamento do paciente em um slot rotulado com o nome do paciente em um LED lido. O farmacêutico ou técnico verifica o conteúdo do frasco para garantir que é o medicamento correto para o paciente correto e, em seguida, fecha os frascos e o envia para a frente para ser coletado.

O Robot RX da McKesson é outro produto de robótica de assistência médica que ajuda as farmácias a dispensar milhares de medicamentos diariamente com pouco ou nenhum erro. O robô pode ter dez pés de largura e trinta pés de comprimento e pode conter centenas de tipos diferentes de medicamentos e milhares de doses. A farmácia economiza muitos recursos, como funcionários que, de outra forma, não estão disponíveis em um setor com poucos recursos. Ele usa uma cabeça eletromecânica acoplada a um sistema pneumático para capturar cada dose e entregá-la em seu local estocado ou dispensado. A cabeça se move ao longo de um único eixo enquanto gira 180 graus para puxar os medicamentos. Durante esse processo, ele usa a tecnologia de código de barras para verificar se está usando o medicamento correto. Em seguida, ele entrega o medicamento a uma lixeira específica do paciente em uma correia transportadora. Depois que a lixeira é preenchida com todos os medicamentos de que um paciente específico precisa e que o robô armazena, a lixeira é então liberada e devolvida na correia transportadora a um técnico esperando para carregá-la em um carrinho para entrega no chão.

Robôs de pesquisa

Enquanto a maioria dos robôs atualmente está instalada em fábricas ou residências, realizando trabalhos que salvam trabalho ou vidas, muitos novos tipos de robô estão sendo desenvolvidos em laboratórios em todo o mundo. Grande parte da pesquisa em robótica concentra-se não em tarefas industriais específicas, mas em investigações sobre novos tipos de robô, formas alternativas de pensar ou projetar robôs e novas maneiras de fabricá-los. Espera-se que esses

novos tipos de robô sejam capazes de resolver problemas do mundo real quando finalmente forem percebidos.

Robôs biônicos e biomiméticos

Uma abordagem para projetar robôs é baseá-los em animais. O BionicKangaroo foi projetado e desenvolvido através do estudo e aplicação da fisiologia e métodos de locomoção de um canguru.

Nanorobôs

Nanorobotics é o campo tecnológico emergente de criação de máquinas ou robôs cujos componentes estão na ou perto da escala microscópica de um nanômetro (10 metros). Também conhecidos como "nanobots" ou "nanites", eles seriam construídos a partir de máquinas moleculares. Até agora, os pesquisadores produziram principalmente apenas partes desses sistemas complexos, como rolamentos, sensores e motores moleculares sintéticos, mas também foram criados robôs em funcionamento, como os participantes do concurso Nanobot Robocup. Os pesquisadores também esperam ser capazes de criar robôs inteiros tão pequenos quanto vírus ou bactérias, que podem executar tarefas em uma escala minúscula. As possíveis aplicações incluem microcirurgia (no nível de células individuais), neblina de utilidade, fabricação, armamento e limpeza. Algumas pessoas sugeriram que, se houvesse nanobots capazes de se reproduzir, a Terra se tornaria uma "gosma cinzenta", enquanto outros argumentam que esse resultado hipotético não faz sentido.

Robôs reconfiguráveis

Alguns pesquisadores investigaram a possibilidade de criar robôs que podem alterar sua forma física para se adequar a uma tarefa específica, como o fictício T-1000. Robôs reais não são nem de longe tão sofisticados, no entanto, e consistem principalmente em um pequeno número de unidades em forma de cubo, que podem se mover em relação aos seus vizinhos. Algoritmos foram projetados caso algum desses robôs se torne realidade.

Robôs de corpo mole

Os robôs com corpos de silicone e atuadores flexíveis (músculos do ar, polímeros eletroativos e ferrofluidos) parecem e se sentem diferentes dos robôs com esqueletos rígidos e podem ter comportamentos diferentes. Robôs macios e flexíveis (e às vezes até mole) são frequentemente projetados para imitar a biomecânica de animais e outras coisas encontradas na natureza, o que está levando a novas aplicações em medicina, assistência, busca e salvamento, manipulação e fabricação de alimentos e exploração científica.

Robôs enxame

Inspirados em colônias de insetos, como formigas e abelhas, os pesquisadores estão modelando o comportamento de enxames de milhares de pequenos robôs que, juntos, executam uma tarefa útil, como encontrar algo oculto, limpar ou espionar. Cada robô é bastante simples, mas o comportamento emergente do enxame é mais complexo. Todo o conjunto de robôs pode ser considerado como um único sistema distribuído, da mesma forma que uma colônia de formigas pode ser considerada um superorganismo, exibindo inteligência de enxame. Os maiores enxames criados até agora incluem o enxame iRobot, o projeto SRI / MobileRobots CentiBots e o enxame de projeto de micro-robótica de código aberto, que estão sendo usados para pesquisar comportamentos coletivos. Os enxames também são mais resistentes ao fracasso. Enquanto um robô grande pode falhar e arruinar uma missão, um enxame pode continuar mesmo que vários robôs falhem. Isso poderia torná-los atraentes para missões de exploração

espacial, onde a falha normalmente é extremamente cara.

Robôs de interface háptica

A robótica também tem aplicação no design de interfaces de realidade virtual. Robôs especializados são amplamente utilizados na comunidade de pesquisa háptica. Esses robôs, chamados "interfaces hápticas", permitem a interação do usuário com toque em ambientes reais e virtuais. As forças robóticas permitem simular as propriedades mecânicas de objetos "virtuais", que os usuários podem experimentar através do seu senso de toque.

Robôs na cultura popular

Literatura

Personagens robóticos, andróides (homens / mulheres artificiais) ou ginóides (mulheres artificiais) e cyborgs (também "homens / mulheres biônicos" ou humanos com aprimoramentos mecânicos significativos) tornaram-se um grampo da ficção científica.

A primeira referência na literatura ocidental a servos mecânicos aparece na *Ilíada* de Homero. No livro XVIII, Hefesto, deus do fogo, cria uma nova armadura para o herói Aquiles, assistido por robôs. De acordo com a tradução de Rieu, "as criadas de ouro se apressaram em ajudar seu mestre. Pareciam mulheres de verdade e não só podiam falar e usar seus membros, mas eram dotadas de inteligência e treinadas em trabalhos manuais pelos deuses imortais". As palavras "robô" ou "andróide" não são usadas para descrevê-las, mas são, no entanto, dispositivos mecânicos com aparência humana. "O primeiro uso da

palavra robô foi na peça de Karel Čapek, RUR (Rossum's Universal Robots) (escrita em 1920)". O escritor Karel Čapek nasceu na Tchecoslováquia (República Tcheca).

Possivelmente, o autor mais prolífico do século XX foi Isaac Asimov (1920-1992), que publicou mais de quinhentos livros. Asimov provavelmente é mais lembrado por suas histórias de ficção científica e, especialmente, sobre robôs, onde colocou os robôs e sua interação com a sociedade no centro de muitas de suas obras. Asimov considerou cuidadosamente o problema do conjunto ideal de instruções que os robôs poderiam receber para diminuir o risco para os seres humanos e chegou às suas Três Leis da Robótica: um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano prejudicar; um robô deve obedecer a ordens dadas por seres humanos, exceto onde essas ordens entrem em conflito com a Primeira Lei; e um robô deve proteger sua própria existência, desde que essa proteção não entre em conflito com a Primeira ou a Segunda Lei. Eles foram introduzidos em seu conto de 1942, "Runaround", embora prefigurado em algumas histórias anteriores. Mais tarde, Asimov acrescentou a Lei de Zeroth: "Um robô não pode prejudicar a humanidade ou, por inação, permitir que ela venha a prejudicar"; o restante das leis é modificado sequencialmente para reconhecer isso.

De acordo com o Oxford English Dictionary, a primeira passagem do conto de Asimov "Liar!" (1941), que menciona a Primeira Lei, é o uso mais antigo registrado da palavra robótica. Asimov não estava inicialmente ciente disso; ele assumiu que a palavra já existia por analogia com mecânica, hidráulica e outros termos semelhantes que denotavam ramos do conhecimento aplicado.

Filmes

Os robôs aparecem em muitos filmes. A maioria dos robôs do cinema é fictícia. Dois dos mais famosos são R2-D2 e C-3PO da franquia Star Wars.

Robôs sexuais

O conceito de robôs sexuais humanóides suscitou atenção e preocupação do público. Opositores do conceito afirmaram que o desenvolvimento de robôs sexuais seria moralmente errado. Eles argumentam que a introdução de tais dispositivos seria socialmente prejudicial e degradante para mulheres e crianças.

Problemas descritos na cultura popular

Medos e preocupações com robôs foram expressos repetidamente em uma ampla variedade de livros e filmes. Um tema comum é o desenvolvimento de uma raça-mestre de robôs conscientes e altamente inteligentes, motivados para dominar ou destruir a raça humana. Frankenstein (1818), muitas vezes chamado de o primeiro romance de ficção científica, tornou-se sinônimo do tema de um robô ou android avançando além de seu criador.

Outros trabalhos com temas semelhantes incluem The Mechanical Man, The Terminator, Runaway, RoboCop, Replicators in Stargate, Cylons in Battlestar Galactica, Cybermen and Daleks em Doctor Who, The Matrix, Enthiran e I, Robot. Alguns robôs fictícios são programados para matar e destruir; outros adquirem inteligência e habilidades sobre-humanas, atualizando seu próprio software e hardware. Exemplos de mídia popular em que o robô se torna mal são 2001: A Space Odyssey, Red Planet e Enthiran.

O jogo de 2017 Horizon Zero Dawn explora temas de robótica em guerra, ética em robôs e o problema de controle de IA, bem como o impacto positivo ou negativo que essas tecnologias podem ter no meio ambiente.

Outro tema comum é a reação, às vezes chamada de "vale misterioso", de inquietação e até repulsa ao ver robôs que imitam os seres humanos de perto.

Mais recentemente, representações fictícias de robôs artificialmente inteligentes em filmes como *AI Artificial Intelligence* e *Ex Machina* e a adaptação para TV da *Westworld* em 2016 atraíram a simpatia do público pelos próprios robôs.

História dos robôs

A história da robótica tem suas origens no mundo antigo. O conceito moderno começou a ser desenvolvido com o início da Revolução Industrial, que permitia o uso de mecânicas complexas e a subsequente introdução de eletricidade. Isso tornou possível alimentar máquinas com pequenos motores compactos. No início do século 20, a noção de uma máquina humanóide foi desenvolvida. Hoje, é possível imaginar robôs do tamanho de humanos com capacidade para pensamentos e movimentos quase humanos.

Os primeiros usos dos robôs modernos foram nas fábricas como robôs industriais - máquinas fixas simples capazes de fabricar tarefas que permitiam a produção com menos necessidade de assistência humana. Robôs industriais controlados digitalmente e robôs usando inteligência artificial foram criados desde os anos 2000.

Lendas iniciais

Os conceitos de servos e companheiros artificiais datam pelo menos desde as antigas lendas de Cadmus, que dizem ter semeado dentes de dragão que se transformaram em soldados e Pigmaliões cuja estátua de Galatá ganhou vida. Muitas mitologias antigas incluíam pessoas artificiais, como as criadas mecânicas falantes do ouro, o deus grego Hefesto (Vulcano aos romanos), os golens de argila da lenda judaica e os gigantes da lenda nórdica.

Na mitologia grega, Hefesto criou mesas utilitárias de três pernas que podiam se mover sob seu próprio poder, e um homem de bronze, Talos, que defendia Creta.

Talos acabou sendo destruído por Medea, que lançou um raio em sua única veia de chumbo. Para pegar o velo de ouro, Jason também precisava domar dois touros cuspidores de fogo com cascos de bronze; e como Cadmus, ele semeou os dentes de um dragão em soldados.

No Egito antigo, as estátuas das divindades eram feitas de pedra, metal ou madeira. As estátuas foram animadas e tiveram um papel fundamental nas cerimônias religiosas. Eles acreditavam ter uma alma (a k3), derivada da divindade que representavam. No Novo Reino do Egito, do século 16 aC até o século 11 aC, os antigos egípcios consultavam frequentemente essas estátuas para obter conselhos. As estátuas responderiam com um movimento da cabeça. Segundo a tradição egípcia, o faraó Hatshepsut enviou seu esquadrão para a "Terra do Incenso", depois de consultar a estátua de Amon.

O estudioso budista Daoxuan (596-667 aC) descreveu autômatos humanóides criados a partir de metais que recitam textos sagrados em um claustro que abrigava um relógio fabuloso. O "povo de metal precioso" chorou quando Buda Shakyamuni morreu. As automações humanóides também aparecem no épico do rei Gesar, um herói cultural da Ásia Central.

A tradição chinesa do lendário carpinteiro Lu Ban e do filósofo Mozi descreveu imitações mecânicas de animais e demônios. As implicações das automações humanóides foram discutidas em Liezi, uma compilação de textos taoístas que se tornou um clássico. No capítulo 5, o rei Mu de Zhouis, em turnê pelo oeste, e ao perguntar ao artesão mestre Yan "O que você pode fazer?" a corte real é apresentada com um homem artificial. A automação era indistinguível de um humano e executou vários truques para o rei e sua comitiva. Mas o rei ficou furioso quando aparentemente a automação começou a flertar com as damas presentes e ameaçou a automação com execução. Assim, o artesão abriu a automação e revelou o funcionamento interno do homem artificial. O rei é fascinado e experimenta a interdependência funcional da automação, removendo diferentes componentes semelhantes a órgãos. O rei se maravilhou "é possível que a habilidade humana alcance tanto quanto o Criador?" e confiscou a

automação. Um conto semelhante pode ser encontrado nos contos budistas indianos contemporâneos quase contemporâneos, mas aqui a complexidade da automação não corresponde à do mestre Yan. Antes da introdução do budismo na Era Comum, os filósofos chineses não consideravam seriamente a distinção entre aparência e realidade. O Liezi rebate as filosofias budistas e compara os poderes criativos humanos aos do Criador.

O índio Lokapannatti, uma coleção de ciclos e lendas produzidos nos séculos 11 ou 12 dC, conta a história de como um exército de soldados automatizados (bhuta vahana yanta ou "máquinas de movimento espiritual) foi criado para proteger as relíquias de Buda em segredo. Os planos para fazer tais automações humanóides foram roubados do reino de Roma, um termo genérico para a cultura greco-romana-bizantina. De acordo com Lokapannatti, os Yavanas (falantes de grego) usavam as automações para realizar comércio e agricultura, de acordo com o Lokapannatti, o imperador Asoka hears a história da stupa secreta e se propõe a encontrá-la. Em seguida, abate-se entre o feroz guerreiro e os guerreiros romanos que deixaram o reino foram perseguidos e mortos pelas automações. Asoka encontra o engenheiro de longa data que construiu as automações e é mostrado como desmontá-las e controlá-las. Portanto, o imperador Asoka consegue comandar um grande exército de automóveis. guerreiros atados. Este conto indiano reflete o medo de perder o controle de seres artificiais, o que também foi expresso nos mitos gregos sobre o exército de dentes de dragão.

Inspirados na lenda cristã européia, os europeus medievais criaram cabeças de bronze que poderiam responder às perguntas que lhes eram colocadas. Albertus Magnus deveria ter construído um andróide inteiro que pudesse executar algumas tarefas domésticas, mas foi destruído pelo aluno de Albert Thomas Aquinas por perturbar seu pensamento. A lenda mais famosa dizia respeito a uma cabeça de bronze criada por Roger Bacon, que foi destruída ou destruída depois que ele perdeu o momento de operação. Autômatos parecidos com humanos ou animais eram populares nos mundos imaginários da literatura medieval.

Automata

Autômatos mecânicos foram construídos no século X aC na dinastia Zhou Ocidental. O artesão Yan Shi fez autômatos humanóides que podiam cantar e dançar. Diz-se que a máquina possui órgãos naturais, como ossos, músculos e articulações. O Cosmic Engine, uma torre do relógio de 10 metros construída por Su Song em Kaifeng, China, em 1088, apresentava manequins mecânicos que tocavam as horas, tocando gongos ou sinos, entre outros dispositivos. Fetes de automação continuaram na dinastia Tang. Daifeng Ma construiu um criado automático para a rainha. Ying Wenliang construiu um autômato que propôs brindes em banquetes e uma mulher de madeira que jogava sheng. Entre os autômatos mais bem documentados da China antiga estão os de Han Zhile, um japonês que se mudou para a China no início do século IX aC.

No século IV aC, o matemático Archytas de Tarentum postulou um pássaro mecânico que ele chamou de "The Pigeon", que foi impulsionado pelo vapor. Adotando a referência anterior na Ilíada de Homero, Aristóteles especulou em sua Política (ca. 322 aC, livro 1, parte 4) que os autômatos poderiam um dia trazer a igualdade humana, possibilitando a abolição da escravidão:

Existe apenas uma condição na qual podemos imaginar gerentes sem necessidade de subordinados e senhores sem necessidade de escravos. Essa condição seria que cada instrumento pudesse fazer seu próprio trabalho, por palavra de comando ou por antecipação inteligente, como as estátuas de Dédalo ou os tripés feitos por Hefesto, dos quais Homero relata que "por iniciativa própria, eles entraram no conclave de Gods on Olympus ", como se um vaivém se tecesse por si mesmo, e uma palheta deveria tocar sua própria harpa.

Quando os gregos controlaram o Egito, uma sucessão de engenheiros que poderiam construir autômatos se estabeleceu em Alexandria. Começando com o polímata Ctesibius (285-222 aC), os engenheiros alexandrinos deixaram para

trás textos detalhando autômatos viáveis movidos a hidráulica ou a vapor. Ctesibius construiu seres humanos como autômatos, muitas vezes usados em cerimônias religiosas e no culto a divindades. Um dos últimos grandes engenheiros alexandrinos, o Herói de Alexandria (10-70 aC), construiu um teatro de bonecos de autômatos, foram as figuras e os cenários movidos por meios mecânicos. Ele descreveu a construção de tais autômatos em seu tratado sobre pneumáticos. Os engenheiros alexandrianos construíram autômatos como reverência ao aparente comando dos seres humanos sobre a natureza e como ferramentas para padres, mas também começaram a tradição de onde os autômatos eram construídos para quem era rico o suficiente e principalmente para os entretenimento dos ricos.

A primeira sociedade pós-clássica conhecida por construir autômatos foram os bizantinos. Eles herdaram o conhecimento sobre autômatos dos alexandrinos e o desenvolveram ainda mais para construir relógios de água com mecanismos de engrenagem, como por exemplo descrito por Procopius por volta de 510. O conhecimento sobre como construir autômatos foi passado aos árabes. Harun al-Rashid construiu relógios de água com macacos hidráulicos complicados e figuras humanas em movimento. Um desses relógios foi dado a Carlos Magno, rei dos francos, em 807. Engenheiros árabes como Banu Musa e Al-Jazar publicaram um tratado sobre hidráulica e avançaram ainda mais a arte dos relógios de água. Al-Jazari construiu pavões móveis automatizados acionados por energia hidrelétrica. Ele também inventou os primeiros portões automáticos conhecidos, acionados por energia hidrelétrica, criou portas automáticas como parte de um de seus elaborados relógios de água e inventou rodas de água com cames nos eixos, usadas para operar autômatos. Um dos autômatos humanóides de al-Jazari era uma garçonete que poderia servir água, chá ou bebidas. A bebida foi armazenada em um tanque com um reservatório de onde a bebida cai em um balde e, após sete minutos, em um copo, após o qual a garçonete aparece fora de uma porta automática que serve a bebida. Al-Jazari inventou um autômato para lavar as mãos incorporando um mecanismo de descarga agora usado em banheiros modernos. Apresenta um humanóide feminino em pé em uma bacia cheia de água. Quando o usuário puxa a alavanca, a água é drenada e o autômato feminino reabastece a bacia. Além disso, ele criou uma banda musical robótica.

Mark E. Rosheim resume os avanços em robótica feitos por engenheiros muçulmanos, especialmente al-Jazari, da seguinte maneira:

"Ao contrário dos desenhos gregos, esses exemplos árabes revelam interesse não apenas na ilusão dramática, mas em manipular o ambiente para o conforto humano. Assim, a maior contribuição que os árabes fizeram, além de preservar, disseminar e desenvolver o trabalho dos gregos, foi a conceito de aplicação prática. Esse era o elemento-chave que faltava na ciência robótica grega ".

As engrenagens segmentares descritas em O Livro do Conhecimento de Dispositivos Mecânicos Engenhosos, publicado por Al-Jazari pouco antes de sua morte em 1206, apareceram 100 anos depois nos relógios europeus mais avançados. Al-Jazari também publicou instruções sobre a construção de autômatos humanóides.

Os primeiros relógios de água modelados em desenhos árabes foram construídos na Europa por volta de 1000 EC, possivelmente com base nas informações transmitidas durante o contato entre muçulmanos e cristãos na Sicília e na Espanha. Entre os primeiros relógios de água europeus registrados está o de Gerbert de Aurillac, construído em 985 CE. As obras de herói sobre autômatos foram traduzidas para o latim em meio ao renascimento do século XII. O artista-engenheiro do início do século XIII, Villard de Honnecourt, esboçou planos para vários autômatos. No final do século XIII, Robert II, conde de Artois, construiu um jardim de prazer em seu castelo em Hesdin, que incorporava vários robôs, humanóides e animais. Os campainhas automáticos, chamados jacquemart, tornaram-se populares na Europa no século 14 ao lado de mecânicos. relógios.

Entre a primeira automação verificável, está um humanóide desenhado por Leonardo da Vinci (1452–1519) por volta de 1495. Os cadernos de anotações de Leonardo, redescobertos na década de 1950, contêm desenhos detalhados de um cavaleiro mecânico de armadura capaz de se sentar, agitar os braços e mover sua cabeça e mandíbula. Em 1533, Johannes Müller von Königsberg criou uma águia

autômata e uma mosca de ferro; ambos podiam voar. John Dee também é conhecido por criar um besouro de madeira, capaz de voar.

O pensador do século XVII, René Descartes, acreditava que animais e humanos eram máquinas biológicas. Em sua última viagem à Noruega, ele levou consigo uma boneca mecânica que parecia sua filha morta Francine. No século XVIII, o mestre fabricante de brinquedos Jaques de Vaucanson construiu para o pato automatizado Louis XV um com centenas de peças móveis, que podiam comer e beber. Vaucanson construiu posteriormente autômatos humanóides, um baterista e pífano foram notados por sua similaridade anatômica com seres humanos reais. A criação de Vaucanson inspirou os relojoeiros europeus a fabricar autômatos mecânicos e tornou-se moda entre a aristocracia europeia coletar sofisticados dispositivos mecânicos para entretenimento. Em 1747, Julien Offray de La Mettrie publicou anonimamente a máquina L'homme (Man a Machine), na qual ele chamava Vaucanson de "novo Prometeu" e refletia "o corpo humano é um relógio, um grande relógio construído com tanta habilidade e engenhosidade".

Na década de 1770, o suíço Pierre Jaquet-Droz criou autômatos em movimento que pareciam crianças, o que encantou Mary Shelly, que passou a escrever Frankenstein: The Modern Prometheus. A última tentativa de automação foi The Turk, de Wolfgang von Kempelen, uma máquina sofisticada que podia jogar xadrez contra um oponente humano e percorrer a Europa. Quando a máquina foi trazida para o novo mundo, levou Edgar Allan Poe a escrever um ensaio, no qual concluiu que era impossível para os dispositivos mecânicos raciocinar ou pensar.

O artesão japonês Hisashige Tanaka, conhecido como "Edison do Japão", criou uma variedade de brinquedos mecânicos extremamente complexos, alguns dos quais poderiam servir chá, disparar flechas extraídas de aquiver ou até pintar um personagem kanji japonês. O texto de referência Karakuri Zui (Maquinaria Ilustrada) foi publicado em 1796.

Em 1898, Nikola Tesla demonstrou um protótipo de submarino controlado

remotamente na Madison Square Gardenas "um autômato que foi deixado por si só, atuará como uma possessão de razão e sem nenhum controle intencional do lado de fora". Ele defendeu sua invenção contra repórteres críticos, argumentando que seus autômatos não eram um "torpedo sem fio", mas sim "homens mecânicos, que farão o trabalho trabalhoso da raça humana".

História moderna

A partir de 1900, L. Frank Baum introduziu a tecnologia contemporânea nos livros infantis da série Oz. Em *O Maravilhoso Mágico de Oz* (1900), Baum contou a história do cyborg Tin Woodman, um lenhador humano que teve seus membros, cabeça e corpo substituídos por um ourives depois que seu machado perverso os cortou. Em *Ozma of Oz* (1907), Baum descreve o homem de relógio de cobre Tik-Tok, que precisa ser continuamente enrolado e atropelado em momentos inoportunos. Em *The Patchwork Girl of Oz* (1913), a esposa de um mágico une um servo dócil, mas a Patchwork Girl recebe uma overdose de esperteza pelo mágico como substituto da inteligência.

Década de 1910

Na Primeira Guerra Mundial, armas de controle remoto foram usadas, com base no trabalho de Nikola Tesla, que havia construído um barco elétrico que podia ser controlado remotamente por rádio.

Década de 1920

O termo "robô" foi usado pela primeira vez em uma peça publicada pelo tcheco Karel Čapek em 1921. *RUR* (Rossum's Universal Robots) era uma sátira; os

robôs eram seres biológicos fabricados que realizavam todo o trabalho manual desagradável. De acordo com Čapek, a palavra foi criada por seu irmão Josef a partir da palavra robota, no idioma tcheco que significa corvée e no eslovaco um trabalho ou trabalho. (Karel Čapek estava trabalhando em sua peça durante sua estada em Trenčianske Teplice, na Eslováquia, onde seu pai trabalhava como médico.) A peça RUR substituiu o uso popular da palavra "autômato". No entanto, até a década de 1950, o "robô" era pronunciado "robit" em filmes, programas de rádio e televisão: exemplos são o episódio "The Lonely" da série de TV "The Twilight Zone", exibida no dia 15 de novembro de 1959, e a ficção científica programa de rádio "X Minus One".

Westinghouse Electric Corporation construiu a Televox em 1926; era um recorte de papelão conectado a vários dispositivos que os usuários podiam ligar e desligar. Em 1927, Metropolis de Fritz Lang foi lançado; o Maschinenmensch (máquina-humano), um robô humanóide ginóide, também chamado de "Paródia", "Futura", "Robotrix" ou "Maria imitador" (interpretado pela atriz alemã Brigitte Helm), foi o primeiro robô a ser retratado no filme.

Os mais famosos autômatos robóticos japoneses foram apresentados ao público em 1927. O Gakutensoku deveria ter um papel diplomático. Atuado por ar comprimido, era capaz de escrever fluidamente e levantar as pálpebras. Muitos robôs foram construídos antes do surgimento de servomecanismos controlados por computador, para fins de relações públicas de grandes empresas. Havia essencialmente máquinas que podiam realizar algumas acrobacias, como os autômatos do século XVIII. Em 1928, um dos primeiros robôs humanóides foi exibido na exposição anual da Model Engineers Society, em Londres. Inventado por WH Richards, o robô - chamado Eric - consistia em uma armadura de alumínio com onze eletroímãs e um motor alimentado por uma fonte de energia de 12 volts. O robô pode mover as mãos e a cabeça e pode ser controlado por controle remoto ou controle de voz.

Década de 1930

Os primeiros projetos de robôs industriais foram colocados em produção nos Estados Unidos. Esses manipuladores tinham articulações modeladas na cinética humana ombro-braço-punho para replicar movimentos humanos como puxar, empurrar, pressionar e levantar. Os movimentos podem ser controlados através da programação de came e comutador. Em 1938, Willard V. Pollard registrou o primeiro pedido de patente para esse braço, o "Aparelho de Controle de Posição", com controladores eletrônicos, cilindros pneumáticos e motores que alimentavam seis eixos de movimento. Mas a grande memória do tambor tornou a programação demorada e difícil.

Em 1939, o robô humanóide conhecido como Elektro apareceu na Feira Mundial. Com sete pés de altura (2,1 m) e pesando 120 kg (265 libras), ele podia caminhar por comando de voz, falar cerca de 700 palavras (usando um toca-discos de 78 rpm), fuma cigarros, explodir balões e mover a cabeça e os braços. O corpo consistia em uma came de engrenagem de aço e esqueleto de motor coberto por uma pele de alumínio.

Em 1939, Konrad Zuse construiu o primeiro computador eletromecânico programável, lançando as bases para a construção de uma máquina humanóide que agora é considerada um robô. A aplicação prática da lógica binária aos interruptores elétricos havia sido demonstrada por Claude Shannon, mas sua calculadora não era programável.

Década de 1940

Em 1941 e 1942, Isaac Asimov formulou as Três Leis da Robótica, e no processo cunhou a palavra "robótica". Em 1945, Vannevar Bush publicou *We May Think*, um ensaio que investigava o potencial do processamento eletrônico de dados. Ele previu o surgimento de computadores, processadores digitais de texto, reconhecimento de voz e tradução automática. Mais tarde, ele foi creditado por Ted Nelson, o inventor do hipertexto. Em 1948, Norbert Wiener formulou os princípios da cibernética, a base da robótica prática.

Em 1943, Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener e Julian Bigelow adotaram o sistema nervoso central humano como paradigma de controle para sistemas de armas automáticas. Ao fazer isso, eles foram pioneiros na cibernética (grego para timoneiro) e modelaram o processamento de dados na suposição de que um animal comunica continuamente sua experiência sensoria ao seu sistema nervoso central como feedback automático e involuntário, podendo assim regular processos como respiração, circulação e digestão. Após a Segunda Guerra Mundial, em uma conferência de 1946 sobre cibernética, Warren McCulloch reuniu uma equipe de matemáticos, engenheiros de computação, fisiologistas e psicólogos para trabalhar na operação de máquinas usando sistemas biológicos como ponto de partida. Após a publicação de seu livro em 1948, Wiener 'A idéia de que sistemas inanimados poderiam simular sistemas biológicos e sociais através do uso de sensores levou à adaptação de teorias cibernéticas em máquinas industriais. Mas os servocontroladores se mostraram inadequados para atingir o nível desejado de automação.

Os primeiros robôs autônomos eletrônicos com comportamento complexo foram criados por William Gray Walter, do Burden Neurological Institute em Bristol, Inglaterra, em 1948 e 1949. Ele queria provar que conexões ricas entre um pequeno número de células cerebrais poderiam dar origem a comportamentos muito complexos. essencialmente que o segredo de como o cérebro funcionava estava na forma como ele era conectado. Seus primeiros robôs, chamados Elmer e Elsie, foram construídos entre 1948 e 1949 e foram frequentemente descritos como "tartarugas" devido à sua forma e à lenta taxa de movimento. Os robôs de tartaruga de três rodas eram capazes de fototaxia, pelos quais podiam chegar a uma estação de recarga quando estavam com pouca bateria.

Walter enfatizou a importância de usar eletrônica puramente analógica para simular processos cerebrais em um momento em que seus contemporâneos, como Alan Turing e John von Neumann, estavam todos voltando-se para uma visão dos processos mentais em termos de computação digital. O trabalho de Walter inspirou gerações subsequentes de pesquisadores de robótica, como Rodney Brooks, Hans Moravec e Mark Tilden. As encarnações modernas das

"tartarugas" de Walter podem ser encontradas na forma de robótica BEAM.

Década de 1950

Em 1951, Walter publicou o artigo Uma Máquina que aprende, documentando como seus robôs mecânicos mais avançados agiam como agentes inteligentes, demonstrando o aprendizado reflexo condicionado. O primeiro robô programável e digitalmente operado foi inventado por George Devol em 1954 e foi chamado de Unimate. Isso mais tarde lançou as bases da moderna indústria de robótica.

No Japão, os robôs se tornaram populares personagens de quadrinhos. Os robôs se tornaram ícones culturais e o governo japonês foi estimulado a financiar pesquisas sobre robótica. Entre os personagens mais icônicos estava o Astro Boy, que ensina sentimentos humanos como amor, coragem e dúvida. Culturalmente, os robôs no Japão passaram a ser vistos como auxiliares de seus colegas humanos.

A introdução de transistores em computadores em meados da década de 1950 reduziu seu tamanho e aumentou o desempenho. Portanto, a computação e a programação podem ser incorporadas a uma variedade de aplicativos, incluindo automação. Em 1959, pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) demonstraram fabricação assistida por computador.

Década de 1960

A Devol vendeu o primeiro Unimate para a General Motors em 1960 e foi instalado em 1961 em uma fábrica em Ewing Township, Nova Jersey, para

levantar peças quentes de metal de uma máquina de fundição sob pressão e colocá-las em líquido de resfriamento. " O primeiro robô de trabalho do mundo ingressou na linha de montagem da fábrica da General Motors em Ewing Township na primavera de 1961... Era um molde de fundição automatizada que jogava maçanetas em brasa e outras peças do carro em poças de líquido de refrigeração em uma linha que os levou aos trabalhadores para aparar e polir ". A patente de Devol para o primeiro braço robótico programável operado digitalmente representa a base da indústria robótica moderna.

O Rancho Arm foi desenvolvido como um braço robótico para ajudar pacientes com deficiência no Hospital Rancho Los Amigos, em Downey, Califórnia; esse braço controlado por computador foi comprado pela Universidade de Stanford em 1963. Em 1967, o primeiro robô industrial foi utilizado produtivamente no Japão. O robô Versatran havia sido desenvolvido pela American Machine and Foundry. Um ano depois, um projeto de robô hidráulico da Unimation foi colocado em produção pela Kawasaki Heavy Industries. Marvin Minsky criou o Tentacle Arm em 1968; o braço era controlado por computador e suas 12 articulações eram acionadas por sistema hidráulico. Em 1969, Victor Scheinman, estudante de engenharia mecânica, criou o Stanford Arm, reconhecido como o primeiro braço robótico eletrônico controlado por computador, porque as instruções do Unimate eram armazenadas em um tambor magnético.

No final da década de 1960, a Guerra do Vietnã se tornou o campo de testes para a tecnologia de comando automatizado e redes de sensores. Em 1966, a linha McNamara foi proposta com o objetivo de exigir praticamente nenhuma força terrestre. A rede desse sensor de sensores sísmicos e acústicos, reconhecimento fotográfico e minas terrestres acionadas por sensor foi implementada apenas parcialmente devido ao alto custo. O primeiro robô móvel capaz de raciocinar sobre seus arredores, Shakey, foi construído em 1970 pelo Stanford Research Institute (agora SRI International). A Shakey combinou várias entradas de sensor, incluindo câmeras de TV, telémetros a laser e "sensores de resposta" para navegar.

Década de 1970

No início dos anos 70, munições de precisão e armas inteligentes foram desenvolvidas. No final da Guerra do Vietnã, foram lançadas as primeiras bombas guiadas a laser, que podiam encontrar seu alvo seguindo um raio laser apontado para o alvo. Durante a Operação Linebacker de 1972, as bombas guiadas a laser mostraram-se eficazes, mas ainda dependiam muito de operadores humanos. As armas de fogo e esquecimento também foram implantadas pela primeira vez no final da Guerra do Vietnã, uma vez lançadas, nenhuma outra atenção ou ação foi necessária do operador.

O desenvolvimento de robôs humanóides foi avançado consideravelmente pelos cientistas japoneses de robótica na década de 1970. A Universidade de Waseda iniciou o projeto WABOT em 1967 e, em 1972, concluiu o WABOT-1, o primeiro robô humanóide inteligente em escala mundial. Seu sistema de controle de membros lhe permitiu caminhar com os membros inferiores e agarrar e transportar objetos com as mãos, usando tátil. sensores. Seu sistema de visão permitiu medir distâncias e direções para objetos usando receptores externos, olhos e ouvidos artificiais. E seu sistema de conversação permitiu que ele se comunicasse com uma pessoa em japonês, com uma boca artificial. Isso fez dele o primeiro androide.

Freddy e Freddy II foram robôs construídos na Escola de Informática da Universidade de Edimburgo por Pat Ambler, Robin Popplestone, Austin Tate e Donald Mitchie, e foram capazes de montar blocos de madeira em um período de várias horas. A empresa alemã KUKA construiu o primeiro robô industrial do mundo com seis eixos acionados eletromecanicamente, conhecidos como FAMULUS.

Em 1974, Michael J. Freeman criou Leachim, um professor de robôs que foi programado com o currículo da turma, além de certas informações biográficas sobre os 40 alunos que Leachim foi programado para ensinar. Leachim tinha

capacidade de sintetizar a fala humana. Leachim foi testado em uma sala de aula da quarta série no Bronx, Nova York.

Em 1974, David Silver criou o The Silver Arm, capaz de movimentos finos replicando as mãos humanas. O feedback foi fornecido por sensores de toque e pressão e analisado por um computador. O SCARA, braço robótico de montagem de conformidade seletiva, foi criado em 1978 como um braço robótico eficiente de 4 eixos. Melhor usado para pegar as peças e colocá-las em outro local, o SCARA foi introduzido nas linhas de montagem em 1981.

O Stanford Cart atravessou com sucesso uma sala cheia de cadeiras em 1979. Baseava-se principalmente na visão estéreo para navegar e determinar distâncias. O Instituto de Robótica da Universidade Carnegie Mellon foi fundado em 1979 por Raj Reddy.

Anos 80

A Takeo Kan criou o primeiro "braço de acionamento direto" em 1981. O primeiro desse tipo, os motores do braço estavam contidos no próprio robô, eliminando longas transmissões.

Em 1984, o Wabot-2 foi revelado; capaz de tocar o órgão, o Wabot-2 tinha 10 dedos e dois pés. O Wabot-2 conseguiu ler uma partitura de música e acompanhar uma pessoa.

Em 1986, a Honda iniciou seu programa de pesquisa e desenvolvimento humanóide para criar robôs capazes de interagir com sucesso com os seres humanos. Um hexapodalrobot chamado Genghis foi revelado pelo MIT em

1989. Genghis era famoso por ser fabricado de forma rápida e barata devido aos métodos de construção; Genghis usou 4 microprocessadores, 22 sensores e 12 servomotores. Rodney Brooks e Anita M. Flynn publicaram "Rápido, Barato e Fora de Controle: Uma Invasão Robótica do Sistema Solar". O documento defendia a criação de robôs menores e mais baratos em maior número para aumentar o tempo de produção e diminuir a dificuldade de lançar robôs no espaço.

Década de 1990

Em 1994, um dos aparelhos de cirurgia assistida por robô mais bem-sucedidos foi liberado pelo FDA. O Cyberknife foi inventado por John R. Adler e o primeiro sistema foi instalado na Universidade de Stanford em 1991. Esse sistema de radiocirurgia integrou cirurgia guiada por imagem com posicionamento robótico. O Cyberknife agora está implantado para tratar pacientes com tumores cerebrais ou da coluna vertebral. Uma câmera de raio-x rastreia o deslocamento e compensa o movimento causado pela respiração.

O robô biomimético RoboTunaw foi construído pelo doutorando David Barrett no Instituto de Tecnologia de Massachusetts em 1996 para estudar como os peixes nadam na água. O RoboTuna foi projetado para nadar e se assemelhar a um atum rabilho.

O robô P2humanóide da Honda foi exibido pela primeira vez em 1996. Na sigla em inglês para "Prototype Model 2", P2 era parte integrante do projeto de desenvolvimento de humanóides da Honda; com mais de 1,8 m de altura, o P2 era menor que seus antecessores e parecia ser mais humano em seus movimentos.

Esperado para operar por apenas sete dias, o Sojournerrover finalmente é

desligado após 83 dias de operação em 1997. Esse robô pequeno (apenas 10,5 kg) realizou operações semi-autônomas na superfície de Marte como parte da missão Mars Pathfinder; equipado com um programa de prevenção de obstáculos, Sojourner foi capaz de planejar e navegar rotas para estudar a superfície do planeta. A capacidade do Sojourner de navegar com poucos dados sobre seu ambiente e arredores próximos permitiu que ele reagisse a eventos e objetos não planejados.

O robô humanóide P3 foi revelado pela Honda em 1998 como parte do projeto humanóide contínuo da empresa. Em 1999, a Sony lançou o AIBO, um cão robótico capaz de interagir com seres humanos; os primeiros modelos lançados no Japão esgotaram em 20 minutos. A Honda revelou o resultado mais avançado de seu projeto humanóide em 2000, chamado ASIMO. ASIMO pode correr, andar, se comunicar com seres humanos, reconhecer rostos, ambiente, vozes e postura e interagir com o ambiente. A Sony também revelou seus Sony Dream Robots, pequenos robôs humanóides em desenvolvimento para entretenimento. Em outubro de 2000, as Nações Unidas estimaram que existiam 742, 500 robôs industriais no mundo, com mais da metade deles sendo usados no Japão.

2001-presente

Em abril de 2001, o Canadarm2 foi lançado em órbita e anexado à Estação Espacial Internacional. O Canadarm2 é uma versão maior e mais capaz do braço usado pelo Ônibus Espacial, e é aclamado como "mais inteligente". Também em abril, o Global Hawk de Veículos Aéreos Não Tripulados realizou o primeiro voo autônomo sem escalas sobre o Oceano Pacífico, da Base da Força Aérea de Edwards na Califórnia até a Base da RAAF em Edimburgo, no sul da Austrália. O voo foi realizado em 22 horas.

O popular Roomba, um aspirador de pó robótico, foi lançado pela primeira vez em 2002 pela empresa iRobot.

Em 2005, a Universidade de Cornell revelou um robô capaz de se auto-replicar; um conjunto de cubos capazes de anexar e desanexar, o primeiro robô capaz de construir cópias de si mesmo. Lançado em 2003, em 3 e 24 de janeiro, o veículo espacial Mars e Spirit e Opportunity pousaram na superfície de Marte. Ambos os robôs percorreram muitas vezes a distância originalmente esperada, e o Opportunity ainda estava operando em meados de 2018, embora as comunicações tenham sido perdidas posteriormente devido a uma grande tempestade de poeira.

Os carros autônomos apareceram por volta de 2005, mas havia espaço para melhorias. Nenhum dos 15 dispositivos que competiram no DARPA Grand Challenge (2004) concluiu o curso com sucesso; de fato, nenhum robô navegou com sucesso mais de 5% do percurso off-road de 240 quilômetros, deixando o prêmio de US \$ 1 milhão não reclamado. Em 2005, a Honda revelou uma nova versão do seu robô ASIMO, atualizada com novos comportamentos e capacidades. Em 2006, a Universidade de Cornell revelou seu robô "Starfish", um robô de quatro patas capaz de se auto-modelar e aprender a andar depois de ter sido danificado. Em 2007, a TOMY lançou o robô de entretenimento, i-sobot, um robô bípede humanóide que pode andar como um humano e executar chutes e socos e também alguns truques divertidos e ações especiais em "Modo de Ação Especial".

O Robonaut 2, a última geração de ajudantes de astronautas, foi lançado na estação espacial a bordo do Space Shuttle Discovery na missão STS-133 em 2011. É o primeiro robô humanóide no espaço, e embora seu trabalho principal, por enquanto, seja ensinar aos engenheiros como destreza os robôs se comportam no espaço; a esperança é que, através de atualizações e avanços, um dia possa se aventurar fora da estação para ajudar os caminhantes espaciais a fazer reparos ou adições à estação ou a realizar trabalhos científicos.

Em 25 de outubro de 2017, na Cúpula do Investimento Futuro em Riad, um robô chamado Sophia, referido com pronomes femininos, recebeu a cidadania da

Arábia Saudita, tornando-se o primeiro robô a ter nacionalidade. Isso atraiu polêmica, pois não é óbvio se isso implica que Sophia pode votar ou casar, ou se um desligamento deliberado do sistema pode ser considerado assassinato; além disso, é controverso considerar o quão poucos direitos são dados às mulheres humanas sauditas.

Atualmente, os robôs comerciais e industriais estão em uso generalizado, realizando trabalhos mais baratos ou com maior precisão e confiabilidade do que os humanos. Eles também são empregados para tarefas que são muito sujas, perigosas ou sem brilho para serem adequadas para seres humanos. Os robôs são amplamente utilizados na fabricação, montagem e embalagem, transporte, exploração da terra e do espaço, cirurgia, armamento, pesquisa de laboratório e produção em massa de bens de consumo e industriais.

Em 2019, engenheiros da Universidade da Pensilvânia criaram milhões de nanorrobôs em apenas algumas semanas usando a tecnologia emprestada de semicondutores. Esses robôs microscópicos, pequenos o suficiente para serem injetados hipodermicamente no corpo humano e controlados sem fio, poderiam um dia administrar medicamentos e realizar cirurgias, revolucionando a medicina e a saúde.

Com os recentes avanços no hardware e no software de gerenciamento de dados, as representações artificiais de seres humanos também estão se disseminando. Exemplos incluem OpenMRS e EMRBots.

Revolução tecnológica

Uma revolução tecnológica aumenta a produtividade e a eficiência, podendo envolver mudanças materiais ou ideológicas causadas pela introdução de um dispositivo ou sistema. Alguns exemplos de seu impacto potencial são gestão de negócios, educação, interações sociais, finanças e metodologia de pesquisa; não se limita estritamente a aspectos técnicos. A revolução tecnológica reescreve as condições materiais da existência humana e pode remodelar a cultura. Pode desempenhar o papel de desencadeador de uma cadeia de mudanças diversas e imprevisíveis:

O que distingue uma revolução tecnológica de uma coleção aleatória de sistemas de tecnologia e justifica conceituá-la como uma revolução são duas características básicas:

1. A forte interconectividade e interdependência dos sistemas participantes em suas tecnologias e mercados.
2. A capacidade de transformar profundamente o resto da economia (e eventualmente a sociedade).

As consequências de uma revolução tecnológica não são necessariamente positivas. Por exemplo, inovações, como o uso de carvão como fonte de energia, podem ter um impacto ambiental negativo e causar desemprego tecnológico. O conceito de revolução tecnológica baseia-se na ideia de que o progresso tecnológico não é linear, mas ondulatório. A revolução tecnológica pode ser:

Setorial (mais mudanças tecnológicas em um setor, por exemplo, Revolução Verde e Revolução Comercial)

Universal (mudanças radicais interconectadas em mais setores, a revolução tecnológica universal pode ser vista como um complexo de várias revoluções tecnológicas setoriais paralelas, por exemplo, Segunda Revolução Industrial e Revolução Tecnológica da Renascença)

O conceito de revoluções tecnológicas universais é um fator-chave na teoria neo-schumpeteriana de longas ondas / ciclos econômicos (Carlota Perez, Tessaleno Devezas, Daniel Šmihula e outros).

História

O exemplo mais conhecido de revolução tecnológica foi a Revolução Industrial no século XIX, a revolução técnico-científica de 1950 a 1960, a revolução neolítica, a Revolução Digital e assim por diante. A noção de "revolução tecnológica" é freqüentemente usada demais, portanto, não é fácil definir quais revoluções tecnológicas ocorridas durante a história do mundo foram realmente cruciais e influenciaram não apenas um segmento da atividade humana, mas tiveram um impacto universal. Uma revolução tecnológica universal deve ser composta de várias revoluções tecnológicas setoriais (na ciência, indústria, transporte e similares).

Podemos identificar várias revoluções tecnológicas universais que ocorreram durante a era moderna na cultura ocidental:

1. Revolução agrícola-financeira (1600-1740)

2. Revolução industrial (1780-1840)
3. Revolução técnica ou Segunda Revolução Industrial (1870–1920)
4. Revolução técnico-científica (1940-1970)
5. Revolução da informação e telecomunicações, também conhecida como Revolução Digital ou Terceira Revolução Industrial (1975 - presente)

As tentativas de encontrar períodos comparáveis de revoluções tecnológicas bem definidas na era pré-moderna são altamente especulativas. Provavelmente, uma das tentativas mais sistemáticas de sugerir uma linha do tempo das revoluções tecnológicas na Europa pré-moderna foi feita por Daniel Šmihula:

- A. Revolução tecnológica indo-européia (1900–1100 aC)
- B. Revolução tecnológica celta e grega (700–200 aC)
- C. Revolução tecnológica germano-eslava (300–700 dC)
- D. Revolução tecnológica medieval (930–1200 dC)
- E. Revolução tecnológica renascentista (1340-1470 dC)

Potenciais revoluções tecnológicas futuras

Depois de 2000, tornou-se popular a idéia de que uma sequência de revoluções tecnológicas não acabou e, no futuro, testemunharemos o início de uma nova revolução tecnológica universal. As principais inovações devem se desenvolver nos campos de nanotecnologias, sistemas alternativos de combustível e energia, biotecnologias, engenharia genética, novas tecnologias de materiais e assim por diante.

A Segunda Era da Máquina é o termo adotado em um livro de 2014 de Erik Brynjolfsson e Andrew McAfee. O plano de desenvolvimento industrial da Alemanha começou a promover o termo Indústria 4.0. Em 2019, na reunião do Fórum Econômico Mundial em Davos, o Japão promoveu outra rodada de avanços, chamada Society 5.0.

A frase Quarta Revolução Industrial foi introduzida pela primeira vez por Klaus Schwab, presidente executivo do Fórum Econômico Mundial, em um artigo de 2015 em Relações Exteriores, "Dominando a Quarta Revolução Industrial" foi o tema da Reunião Anual do Fórum Econômico Mundial 2016 em Davos-Klosters, Suíça. Em 10 de outubro de 2016, o Fórum anunciou a abertura de seu Centro para a Quarta Revolução Industrial em São Francisco. Esse também foi o assunto e o título do livro de Schwab em 2016. Schwab inclui nesta quarta era tecnologias que combinam hardware, software e biologia (sistemas ciber-físicos) e enfatiza os avanços na comunicação e conectividade. Schwab espera que essa era seja marcada por avanços nas tecnologias emergentes em áreas como robótica, inteligência artificial, nanotecnologia, computação quântica, biotecnologia, internet das coisas, internet industrial das coisas (IIoT), consenso descentralizado, tecnologias sem fio de quinta geração (5G), impressão 3D e veículos totalmente autônomos.

Jeremy Rifkin inclui tecnologias como 5G, veículos autônomos, Internet das Coisas e energia renovável na Terceira Revolução Industrial.

Relação com "revolução tecnológica" e "revolução técnica"

Às vezes, a noção de "revolução tecnológica" é usada para a Segunda Revolução Industrial no período de cerca de 1900, mas, neste caso, a designação "revolução técnica" seria mais apropriada. Quando a noção de revolução técnica é usada em

um significado mais geral, é quase idêntica à revolução tecnológica, mas a revolução tecnológica exige mudanças materiais em ferramentas, máquinas, fontes de energia, processos de produção usados. A revolução técnica pode ser restrita a mudanças na administração, organização e as chamadas tecnologias não materiais (por exemplo, um progresso em matemática ou contabilidade).

Lista de revoluções intelectuais, filosóficas e tecnológicas (setoriais ou universais)

Pré-Industrialização

A Revolução Paleolítica Superior: o surgimento de "alta cultura", novas tecnologias e culturas distintas regionalmente (50, 000-40, 000 anos atrás).

A Revolução Neolítica (talvez 13.000 anos atrás), que formou a base para o desenvolvimento da civilização humana.

A revolução tecnológica renascentista: o conjunto de invenções durante o período renascentista, aproximadamente do século XIV ao século XVI.

A Revolução Comercial: um período de expansão econômica europeia, colonialismo e mercantilismo, que durou aproximadamente entre o século XVI e o início do século XVIII.

A Revolução dos Preços: uma série de eventos econômicos da segunda metade do século XV à primeira metade do século XVII, a revolução dos preços se refere mais especificamente à alta taxa de inflação que caracterizou o período na Europa Ocidental.

A Revolução Científica: uma transformação fundamental nas idéias científicas por volta do século XVI.

A Revolução Agrícola Britânica (século XVIII), que estimulou a urbanização e, conseqüentemente, ajudou a lançar a Revolução Industrial.

Industrialização

A Primeira Revolução Industrial: a grande mudança de condições tecnológicas, socioeconômicas e culturais do final do século XVIII e início do século XIX, que começou na Grã-Bretanha e se espalhou pelo mundo.

A Revolução do Mercado: uma mudança drástica no sistema de trabalho manual originário do sul dos Estados Unidos (e logo se deslocando para o norte) e depois se espalhando pelo mundo inteiro (por volta de 1800-1900).

A Segunda Revolução Industrial (1871-1914).

A Revolução Verde (1945-1975): o uso de fertilizantes industriais e novas culturas aumentou consideravelmente a produção agrícola mundial.

A Terceira Revolução Industrial: as grandes mudanças provocadas pela tecnologia da computação e comunicação, a partir de 1950, com a criação dos primeiros computadores eletrônicos de uso geral.

A Revolução da Informação: as enormes mudanças econômicas, sociais e tecnológicas resultantes da Revolução Digital (após 1960?).

Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é o subconjunto da quarta revolução industrial que diz respeito à indústria. A quarta revolução industrial abrange áreas que normalmente não são classificadas como indústria, como cidades inteligentes, por exemplo.

Embora os termos "indústria 4.0" e "quarta revolução industrial" sejam frequentemente usados de forma intercambiável, as fábricas da "indústria 4.0" possuem máquinas que são aumentadas com conectividade sem fio e sensores, conectadas a um sistema que pode visualizar toda a linha de produção e tomar decisões sobre seus produtos. próprio.

Em essência, a indústria 4.0 é a tendência para automação e troca de dados em tecnologias e processos de manufatura, que incluem sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT), Internet of Things (IIo), Internet Industrial das Coisas (IIOT), computação em nuvem, computação cognitiva e inteligência artificial.

O conceito inclui:

Fabricação inteligente

Fábrica inteligente

Luzes apagadas (fabricação) também conhecidas como fábricas escuras

Internet industrial das coisas também chamada internet das coisas para fabricação

A Indústria 4.0 promove o que foi chamado de "fábrica inteligente". Em fábricas inteligentes estruturadas modulares, os sistemas ciber-físicos monitoram processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Na Internet das Coisas, os sistemas ciber-físicos se comunicam e cooperam entre si e com os seres humanos em tempo real, tanto internamente quanto entre os serviços organizacionais oferecidos e usados pelos participantes da cadeia de valor.

O fator determinante é o ritmo da mudança. A correlação da velocidade do desenvolvimento tecnológico e, como resultado, as transformações socioeconômicas e de infra-estrutura com a vida humana nos permite dar um salto qualitativo na velocidade do desenvolvimento, que marca uma transição para uma nova era do tempo.

Terminologia

O termo "Industrie 4.0", abreviado para I4.0 ou simplesmente I4, teve origem em 2011 a partir de um projeto na estratégia de alta tecnologia do governo alemão, que promove a informatização da fabricação. O termo "Indústria 4.0" foi introduzido publicamente no mesmo ano na Feira de Hannover. Em outubro de 2012, o Grupo de Trabalho sobre a Indústria 4.0 apresentou um conjunto de recomendações de implementação da Indústria 4.0 ao governo federal alemão. Os membros e parceiros do grupo de trabalho da Indústria 4.0 são reconhecidos como os pais fundadores e a força motriz da Indústria 4.0. Em 8 de abril de 2013, na Feira de Hannover, foi apresentado o relatório final do Grupo de Trabalho Indústria 4.0. Esse grupo de trabalho foi liderado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Henning Kagermann (Academia Alemã de Ciência e Engenharia).

Como os princípios da Indústria 4.0 foram aplicados pelas empresas, às vezes foram renomeados, por exemplo, o fabricante de peças aeroespaciais Meggitt PLC marcou seu próprio projeto de pesquisa M4 da Indústria 4.0.

A discussão de como a mudança para a Indústria 4.0, especialmente a digitalização, afetará o mercado de trabalho está sendo discutida na Alemanha, sob o tópico de Trabalho 4.0.

Estratégia alemã

As características dadas à estratégia da indústria 4.0 do governo alemão são: a forte personalização de produtos sob as condições de produção altamente flexível (em massa). A tecnologia de automação necessária é aprimorada pela introdução de métodos de auto-otimização, auto-configuração, auto-diagnóstico, cognição e suporte inteligente dos trabalhadores em seu trabalho cada vez mais complexo. O maior projeto da Indústria 4.0 em julho de 2013 é o cluster de ponta da BMBF "Intelligent Technical Systems Ostwestfalen-Lippe (is OWL)". Outro projeto importante é o projeto BMBF RES-COM, bem como o Cluster de Excelência "Tecnologia Integrativa de Produção para Países de Alto Salário". Em 2015, a Comissão Europeia iniciou o projeto de pesquisa internacional Horizonte 2020, CREMA (Fornecimento de manufatura elástica rápida baseada em nuvem, com base no modelo XaaS e Cloud) como uma iniciativa importante para promover o tópico Indústria 4.0.

Princípios e objetivos do projeto

Existem quatro princípios de design no setor 4.0. Esses princípios apoiam as

empresas na identificação e implementação de cenários do setor 4.0.

Interconexão: a capacidade de máquinas, dispositivos, sensores e pessoas de se conectarem e se comunicarem pela Internet das Coisas (IoT) ou pela Internet das Pessoas (IoP)

Transparência das informações: a transparência oferecida pela tecnologia Industry 4.0 fornece aos operadores grandes quantidades de informações úteis necessárias para a tomada de decisões apropriadas. A interconectividade permite que os operadores coletem imensas quantidades de dados e informações de todos os pontos do processo de fabricação, auxiliando a funcionalidade e identificando as principais áreas que podem se beneficiar da inovação e melhoria.

Assistência técnica: Primeiro, a capacidade dos sistemas de assistência de apoiar as pessoas, agregando e visualizando informações de maneira abrangente para tomar decisões informadas e resolver problemas urgentes em pouco tempo. Segundo, a capacidade dos sistemas ciber-físicos de apoiar fisicamente os seres humanos, realizando uma série de tarefas desagradáveis, exaustivas ou inseguras para seus colegas de trabalho humanos.

Decisões descentralizadas: a capacidade dos sistemas ciber-físicos de tomar decisões por conta própria e de executar suas tarefas da forma mais autônoma possível. Somente no caso de exceções, interferências ou objetivos conflitantes, as tarefas são delegadas para um nível superior.

A Indústria 4.0 prevê uma manufatura ambientalmente sustentável, com processos de fabricação ecológicos, gerenciamento da cadeia de suprimentos ecológica e produtos ecológicos.

Antes da Indústria 4.0

A indústria 1.0 se refere à primeira revolução industrial. É marcado por uma

transição dos métodos de produção manual para as máquinas através do uso de energia a vapor e água. A implementação de novas tecnologias levou muito tempo; portanto, o período a que se refere é entre 1760 e 1820, ou 1840 na Europa e nos EUA. Seus efeitos tiveram consequências sobre a manufatura têxtil, que foi a primeira a adotar essas mudanças, bem como a indústria siderúrgica, a agricultura e a mineração, embora também tivesse efeitos sociais com uma classe média cada vez mais forte. Também teve um efeito na indústria britânica na época.

Indústria 2.0; a segunda revolução industrial ou mais conhecida como revolução tecnológica é o período entre 1870 e 1914. Foi possível com as extensas redes ferroviárias e o telégrafo que permitiam uma transferência mais rápida de pessoas e idéias. Também é marcada pela eletricidade cada vez mais presente, que permitiu a eletrificação da fábrica e a moderna linha de produção. É também um período de grande crescimento econômico, com aumento de produtividade. No entanto, causou um aumento no desemprego, pois muitos trabalhadores foram substituídos por máquinas nas fábricas.

A terceira revolução industrial ou Indústria 3.0 ocorreu no final do século 20, após o final das duas grandes guerras, como resultado de uma desaceleração da industrialização e do avanço tecnológico em comparação com os períodos anteriores. É também chamado de revolução digital. A crise global em 1929 foi um dos desenvolvimentos econômicos negativos que surgiram em muitos países industrializados desde as duas primeiras revoluções. A produção do Z1 (calculadora mecânica acionada eletricamente) foi o começo de desenvolvimentos digitais mais avançados. Isso continuou com o próximo progresso significativo no desenvolvimento de tecnologias de comunicação com o supercomputador. Nesse processo, onde houve amplo uso de tecnologias de computador e comunicação no processo de produção. Máquinas começaram a anular a necessidade de poder humano na vida.

Componentes da Indústria 4.0

"Indústria 4.0" é um termo abstrato e complexo que consiste em muitos componentes ao examinar atentamente nossa sociedade e as tendências digitais atuais. Para entender a extensão desses componentes, aqui estão algumas tecnologias digitais que contribuem como exemplos:

Dispositivos móveis

Plataformas da Internet das Coisas (IoT)

Tecnologias de detecção de localização

Interfaces homem-máquina avançadas

Autenticação e detecção de fraude

Impressão 3D

Sensores inteligentes

Análise de big data e algoritmos avançados

Interação multinível com o cliente e criação de perfil do cliente

Realidade aumentada / wearables

Computação em nevoeiro, borda e nuvem

Visualização de dados e treinamento "em tempo real" acionado

Principalmente essas tecnologias podem ser resumidas em quatro componentes principais, definindo o termo "Indústria 4.0" ou "fábrica inteligente":

Sistemas ciber-físicos

IoT

Computação em nuvem

Computação cognitiva

Com a ajuda de sistemas ciber-físicos que monitoram processos físicos, uma cópia virtual do mundo físico pode ser projetada. Assim, esses sistemas têm a capacidade de tomar decisões descentralizadas por conta própria e alcançar um alto grau de autonomia (para obter mais informações, consulte "Características da indústria 4.0). Como resultado, a indústria 4.0 conecta uma ampla gama de novas tecnologias para criar valor.

Drivers da Indústria 4.0

O que todos esses componentes têm em comum é que dados e análises são seus principais recursos. "Indústria 4.0" é impulsionado por:

1. Digitalização e integração de cadeias de valor verticais e horizontais:

Verticalmente, o Industry 4.0 integra processos em toda a organização, por exemplo, no desenvolvimento de produtos, fabricação, logística e serviço, enquanto horizontalmente, o Industry 4.0 inclui operações internas dos fornecedores aos clientes, além de todos os principais parceiros da cadeia de valor.

2. Digitalização de ofertas de produtos e serviços:

A integração de novos métodos de coleta e análise de dados, por exemplo, através da expansão de produtos existentes ou da criação de novos produtos digitalizados, ajuda as empresas a gerar dados sobre o uso do produto e, assim, refinar os produtos para atender melhor às necessidades dos clientes.

3. Modelos de negócios digitais e acesso ao cliente:

Atingir a satisfação do cliente é um processo de várias etapas e interminável que precisa ser modificado atualmente, à medida que as necessidades dos clientes mudam o tempo todo. Portanto, as empresas expandem suas ofertas estabelecendo modelos de negócios digitais disruptivos para fornecer aos clientes soluções digitais que atendem melhor às suas necessidades.

Efeitos

O uso crescente da Internet industrial das coisas é conhecido como Indústria 4.0 na Bosch e, geralmente, na Alemanha. As aplicações incluem máquinas que podem prever falhas e acionar processos de manutenção de forma autônoma ou logística auto-organizada que reagem a mudanças inesperadas na produção.

Desafios

Desafios na implementação da Indústria 4.0:

Econômico

Altos custos econômicos

Adaptação do modelo de negócios

Benefícios econômicos pouco claros / investimento excessivo

Social

Preocupações com a privacidade

Vigilância e desconfiança

Relutância geral em mudar pelas partes interessadas

Ameaça de redundância do departamento de TI corporativo

Perda de muitos trabalhos para processos automáticos e processos controlados por TI, especialmente para trabalhadores de colarinho azul

Político

Falta de regulamentação, normas e formas de certificação

Questões legais pouco claras e segurança de dados

Organizacional / Interno

Problemas de segurança de TI, que são bastante agravados pela necessidade inerente de abrir as lojas de produção anteriormente fechadas

Confiabilidade e estabilidade necessárias para comunicação crítica máquina a máquina (M2M), incluindo tempos de latência muito curtos e estáveis

Necessidade de manter a integridade dos processos de produção

Necessidade de evitar qualquer problema de TI, pois isso causaria falhas de produção caras

Necessidade de proteger o conhecimento industrial (incluído também nos arquivos de controle dos equipamentos de automação industrial)

Falta de habilidades adequadas para acelerar a transição para a quarta revolução industrial

Baixo comprometimento da alta gerência

Qualificação insuficiente dos funcionários

Função de big data e análise

As tecnologias modernas de informação e comunicação, como sistema ciber-físico, análise de big data e computação em nuvem, ajudarão na detecção precoce de defeitos e falhas de produção, permitindo sua prevenção e aumentando os benefícios de produtividade, qualidade e agilidade que possuem um significativo valor competitivo.

A análise de big data consiste em 6Cs no ambiente integrado de indústria 4.0 e sistemas físicos cibernéticos. O sistema 6C compreende:

Conexão (sensor e redes)

Nuvem (computação e dados sob demanda)

Cyber (modelo e memória)

Conteúdo / contexto (significado e correlação)

Comunidade (compartilhamento e colaboração)

Personalização (personalização e valor)

Nesse cenário, e para fornecer informações úteis ao gerenciamento da fábrica, os dados devem ser processados com ferramentas avançadas (análises e algoritmos) para gerar informações significativas. Considerando a presença de problemas visíveis e invisíveis em uma fábrica industrial, o algoritmo de geração de informações deve ser capaz de detectar e solucionar problemas invisíveis, como degradação da máquina, desgaste de componentes etc. no chão de fábrica.

Formulários

A indústria aeroespacial às vezes tem sido caracterizada como "volume muito baixo para automação extensiva". No entanto, os princípios da indústria 4.0 foram investigados por várias empresas aeroespaciais. Foram desenvolvidas tecnologias para melhorar a produtividade, onde o custo inicial da automação não pode ser justificado. Um exemplo disso é o projeto do fabricante de peças aeroespaciais Meggitt PLC, M4.

Automação

Automação é a tecnologia pela qual um processo ou procedimento é realizado com o mínimo de assistência humana. Automação ou controle automático é o uso de vários sistemas de controle para equipamentos operacionais, como máquinas, processos em fábricas, caldeiras e fornos de tratamento térmico, comutação de redes telefônicas, direção e estabilização de navios, aeronaves e outras aplicações e veículos com capacidade humana mínima ou reduzida. intervenção.

A automação abrange aplicações que variam de um termostato doméstico que controla uma caldeira a um grande sistema de controle industrial com dezenas de milhares de medições de entrada e sinais de controle de saída. Na complexidade do controle, pode variar de controle on-off simples a algoritmos de alto nível multivariáveis.

No tipo mais simples de um loop de controle automático, um controlador compara um valor medido de um processo com um valor definido desejado e processa o sinal de erro resultante para alterar alguma entrada no processo, de forma que o processo permaneça em seu valor definido. ponto apesar das perturbações. Esse controle de malha fechada é uma aplicação de feedback negativo a um sistema. A base matemática da teoria do controle foi iniciada no século XVIII e avançou rapidamente no século XX.

A automação foi alcançada por vários meios, incluindo dispositivos mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos, eletrônicos e computadores, geralmente em combinação. Sistemas complicados, como fábricas modernas, aviões e navios, geralmente usam todas essas técnicas combinadas. O benefício da automação inclui economia de mão-de-obra, economia de energia elétrica, economia de

material e melhorias na qualidade, exatidão e precisão.

O Relatório de Desenvolvimento Mundial do Banco Mundial 2019 mostra evidências de que as novas indústrias e empregos no setor de tecnologia superaram os efeitos econômicos dos trabalhadores que estão sendo deslocados pela automação.

A perda de empregos e a mobilidade descendente atribuída à Automation foram citadas como um dos muitos fatores no ressurgimento das políticas nacionalistas e protecionistas nos EUA, Reino Unido e França, entre outros países desde 2010.

O termo automação, inspirado na palavra anterior automática (proveniente de autômato), não era amplamente utilizado antes de 1947, quando a Ford estabeleceu um departamento de automação. Foi nesse período que a indústria adotou rapidamente controladores de feedback, que foram introduzidos na década de 1930.

Controle de malha aberta e malha fechada (feedback)

Fundamentalmente, existem dois tipos de loop de controle; controle de malha aberta e controle de realimentação de malha fechada.

No controle de malha aberta, a ação de controle do controlador é independente da "saída do processo" (ou "variável de processo controlada). Um bom exemplo disso é uma caldeira de aquecimento central controlada apenas por um temporizador, para que o calor seja aplicado a uma tempo constante, independentemente da temperatura do edifício (a ação de controle é ligar / desligar a caldeira. A saída do processo é a temperatura do edifício).

No controle de malha fechada, a ação de controle do controlador depende da saída do processo. No caso da analogia da caldeira, isso incluiria um termostato para monitorar a temperatura do edifício e, assim, enviar um sinal para garantir que o controlador mantivesse o edifício na temperatura definida no termostato. Um controlador de malha fechada, portanto, possui um loop de feedback que garante que o controlador exerça uma ação de controle para fornecer uma saída de processo igual à "Entrada de referência" ou "ponto de ajuste". Por esse motivo, os controladores de malha fechada também são chamados de controladores de feedback.

A definição de um sistema de controle de malha fechada de acordo com a British Standard Institution é 'um sistema de controle que possui feedback de monitoramento, o sinal de desvio formado como resultado desse feedback sendo usado para controlar a ação de um elemento de controle final de maneira a tendem a reduzir o desvio a zero.

Da mesma forma, um Sistema de Controle de Feedback é um sistema que tende a manter um relacionamento prescrito de uma variável de sistema para outra, comparando funções dessas variáveis e usando a diferença como meio de controle. O tipo avançado de automação que revolucionou a fabricação, aeronaves e comunicações e outras indústrias, é o controle de feedback, que geralmente é contínuo e envolve a realização de medições usando um sensor e os ajustes calculados para manter a variável medida dentro de um intervalo definido. A base teórica da automação de circuito fechado é a teoria do controle.

Ações de controle

Controle discreto (ativado / desativado)

Um dos tipos mais simples de controle é o controle on-off. Um exemplo é um termostato usado em eletrodomésticos que abre ou fecha um contato elétrico. (Os termostatos foram originalmente desenvolvidos como verdadeiros mecanismos de controle de feedback, em vez do termostato doméstico comum de ligar / desligar o aparelho.)

Controle de sequência, no qual uma sequência programada de operações discretas é executada, geralmente baseada na lógica do sistema que envolve estados do sistema. Um sistema de controle de elevador é um exemplo de controle de sequência.

Controlador PID

Um controlador proporcional-integral-derivado (controlador PID) é um mecanismo de feedback de loop de controle (controlador) amplamente utilizado em sistemas de controle industrial.

Em um loop PID, o controlador calcula continuamente um valor de erro $e(t)$ como a diferença entre um ponto de ajuste desejado e uma variável de processo medida e aplica uma correção com base em termos proporcionais, integrais e derivativos, respectivamente (às vezes denominados P, I, e D) que dão nome ao tipo de controlador.

O entendimento teórico e a aplicação datam da década de 1920 e são implementados em quase todos os sistemas de controle analógicos; originalmente em controladores mecânicos e, em seguida, usando eletrônicos discretos e, posteriormente, em computadores de processos industriais.

Controle seqüencial e seqüência lógica ou controle de estado do sistema

O controle seqüencial pode ser uma seqüência fixa ou lógica que executará ações diferentes, dependendo de vários estados do sistema. Um exemplo de uma seqüência ajustável, mas de outra forma fixa, é um temporizador em um aspersor de gramado.

Os estados se referem às várias condições que podem ocorrer em um cenário de uso ou seqüência do sistema. Um exemplo é um elevador, que usa lógica baseada no estado do sistema para executar determinadas ações em resposta ao seu estado e entrada do operador. Por exemplo, se o operador pressionar o botão *n* do piso, o sistema responderá dependendo se o elevador estiver parado ou em movimento, subindo ou descendo, ou se a porta estiver aberta ou fechada e outras condições.

O desenvolvimento inicial do controle seqüencial foi a lógica do relé, pela qual os relés elétricos acionam contatos elétricos que iniciam ou interrompem a energia de um dispositivo. Os relés foram usados pela primeira vez em redes de telégrafo antes de serem desenvolvidos para controlar outros dispositivos, como ao iniciar e parar motores elétricos de tamanho industrial ou abrir e fechar válvulas solenóides. O uso de relés para fins de controle permitiu o controle orientado a eventos, onde ações poderiam ser acionadas fora de seqüência, em resposta a eventos externos. Essas respostas foram mais flexíveis do que os temporizadores rígidos de came de seqüência única. Exemplos mais complicados envolveram a manutenção de seqüências seguras para dispositivos como controles da ponte de balanço, onde um parafuso de trava precisava ser desengatado antes que a ponte pudesse ser movida, e o ferrolho não pôde ser liberado até que os portões de segurança já estivessem fechados.

O número total de relés, temporizadores de câmara e seqüenciadores de bateria pode chegar a centenas ou até milhares em algumas fábricas. Foram necessárias técnicas e linguagens de programação iniciais para tornar esses sistemas

gerenciáveis, sendo um deles a lógica ladder, em que os diagramas dos relés interconectados se assemelhavam aos degraus de uma escada. Mais tarde, computadores especiais chamados controladores lógicos programáveis foram projetados para substituir essas coleções de hardware por uma única unidade reprogramada com mais facilidade.

Em um circuito típico de partida e parada de motor com fio (chamado circuito de controle), um motor é iniciado pressionando um botão "Start" ou "Run" que ativa um par de relés elétricos. O relé "lock-in" bloqueia os contatos que mantêm o circuito de controle energizado quando o botão é liberado. (O botão de partida é um contato normalmente aberto e o botão de parada é um contato normalmente fechado.) Outro relé energiza um interruptor que aciona o dispositivo que aciona o interruptor de partida do motor (três conjuntos de contatos para energia industrial trifásica) na alimentação principal. o circuito. Motores grandes usam alta tensão e experimentam alta corrente de arremetida, tornando a velocidade importante ao estabelecer e romper o contato. Isso pode ser perigoso para pessoas e bens com interruptores manuais. Os contatos "bloqueados" no

O circuito de partida e os principais contatos de potência do motor são mantidos engatados por seus respectivos eletroímãs até que um botão "stop" ou "off" seja pressionado, o que desenergiza a trava no relé.

Geralmente, os bloqueios são adicionados a um circuito de controle. Suponha que o motor no exemplo esteja alimentando máquinas com uma necessidade crítica de lubrificação. Nesse caso, um intertravamento pode ser adicionado para garantir que a bomba de óleo esteja funcionando antes do motor dar partida. Temporizadores, interruptores de limite e olhais elétricos são outros elementos comuns nos circuitos de controle.

As válvulas solenóides são amplamente usadas em ar comprimido ou fluido hidráulico para alimentar atuadores em componentes mecânicos. Enquanto os motores são usados para fornecer movimento rotativo contínuo, os atuadores são

tipicamente a melhor opção para criar intermitentemente uma gama limitada de movimento para um componente mecânico, como mover vários braços mecânicos, abrir ou fechar válvulas, elevar rolos de prensagem pesada, aplicar pressão nas prensas.

Controle de computador

Os computadores podem executar controle sequencial e controle de feedback, e normalmente um único computador faz as duas coisas em um aplicativo industrial. Os controladores lógicos programáveis (PLCs) são um tipo de microprocessador para fins especiais que substituiu muitos componentes de hardware, como temporizadores e sequenciadores de tambor usados em sistemas do tipo lógico de relé. Os computadores de controle de processo de uso geral substituíram cada vez mais controladores independentes, com um único computador capaz de executar as operações de centenas de controladores. Os computadores de controle de processo podem processar dados de uma rede de CLPs, instrumentos e controladores para implementar o controle típico (como o PID) de muitas variáveis individuais ou, em alguns casos, implementar algoritmos de controle complexos usando várias entradas e manipulações matemáticas. Eles também podem analisar dados e criar exibições gráficas em tempo real para operadores e executar relatórios para operadores, engenheiros e gerenciamento.

O controle de um caixa eletrônico (ATM) é um exemplo de processo interativo no qual um computador executa uma resposta lógica derivada a uma seleção de usuário com base nas informações recuperadas de um banco de dados em rede. O processo ATM tem semelhanças com outros processos de transação online. As diferentes respostas lógicas são chamadas de cenários. Esses processos geralmente são projetados com o auxílio de casos de uso e fluxogramas, que orientam a escrita do código do software. O mecanismo de controle de feedback mais antigo foi o relógio de água inventado pelo engenheiro grego Ctesibius (285–222 aC)

História

História antiga

Era uma preocupação dos gregos e árabes (no período entre 300 aC e 1200 dC) manter o controle preciso do tempo. No Egito ptolemaico, por volta de 270 aC, Ctesibius descreveu um regulador de bóia para um relógio de água, um dispositivo não muito diferente da bola e do pau em um banheiro moderno. Esse foi o primeiro mecanismo controlado por feedback. O aparecimento do relógio mecânico no século XIV tornou obsoleto o relógio d'água e seu sistema de controle de feedback.

Os irmãos persas Banū Mūsā, em seu Livro de dispositivos engenhosos (850 dC), descreveram uma série de controles automáticos. Os controles de nível de duas etapas para fluidos, uma forma de controle de estrutura variável descontínua, foram desenvolvidos pelos irmãos Banu Musa. Eles também descreveram um controlador de feedback.

Revolução Industrial na Europa Ocidental

A introdução de motores principais ou máquinas automáticas avançou moinhos de grãos, fornos, caldeiras e o motor a vapor criou um novo requisito para sistemas de controle automático, incluindo reguladores de temperatura (inventados em 1624; ver Cornelius Drebbel), reguladores de pressão (1681), reguladores de bóia (1700) e dispositivos de controle de velocidade. Outro mecanismo de controle foi usado para acampar as velas dos moinhos de vento. Foi patenteado por Edmund Lee em 1745. Também em 1745, Jacques de Vaucanson inventou o primeiro tear automático. O design dos sistemas de controle de feedback durante a Revolução Industrial foi por tentativa e erro, juntamente com muita intuição de engenharia. Assim, era mais uma arte do que

uma ciência. Em meados do século XIX, a matemática foi usada pela primeira vez para analisar a estabilidade dos sistemas de controle de feedback. Como a matemática é a linguagem formal da teoria do controle automático, poderíamos chamar o período anterior a essa época de pré-história da teoria do controle.

Em 1771, Richard Arkwright inventou a primeira fiação totalmente automatizada acionada por energia hídrica, conhecida na época como a estrutura da água. Um moinho de farinha automático foi desenvolvido por Oliver Evans em 1785, tornando-o o primeiro processo industrial completamente automatizado.

O governador centrífugo, que foi inventado por Christian Huygens no século XVII, foi usado para ajustar a diferença entre as pedras de moer. Outro governador centrífugo foi usado por um Sr. Bunce da Inglaterra em 1784 como parte de um modelo de guindaste a vapor. O governador centrífugo foi adotado por James Watt para uso em um motor a vapor em 1788, depois que o parceiro de Watt Boulton viu um em um moinho de farinha Boulton & Watt estava construindo.

O governador não conseguiu manter uma velocidade definida; o mecanismo assumiria uma nova velocidade constante em resposta às mudanças de carga. O governador conseguiu lidar com variações menores, como as causadas pela flutuação da carga de calor na caldeira. Além disso, havia uma tendência para oscilação sempre que havia uma mudança de velocidade. Como consequência, os motores equipados com este governador não eram adequados para operações que exigem velocidade constante, como a fiação do algodão.

Várias melhorias no governador, além de melhorias no tempo de corte das válvulas no motor a vapor, tornaram o motor adequado para a maioria dos usos industriais antes do final do século XIX. Os avanços no motor a vapor ficaram bem à frente da ciência, tanto da termodinâmica quanto da teoria de controle.

O governador recebeu relativamente pouca atenção científica até James Clerk Maxwell publicar um artigo que estabeleceu o início de uma base teórica para a compreensão da teoria do controle. O desenvolvimento do amplificador eletrônico durante a década de 1920, importante para a telefonia de longa distância, exigiu uma relação sinal / ruído mais alta, resolvida pelo cancelamento de ruído por feedback negativo. Esta e outras aplicações de telefonia contribuíram para a teoria do controle. Nas décadas de 1940 e 1950, o matemático alemão Irmgard Flugge-Lotz desenvolveu a teoria dos controles automáticos descontínuos, que encontraram aplicações militares durante a Segunda Guerra Mundial para sistemas de controle de incêndio e sistemas de navegação de aeronaves.

Século 20

A lógica do relé foi introduzida com a eletrificação de fábrica, que passou por uma rápida adaptação de 1900 a 1920. As centrais elétricas também estavam passando por um rápido crescimento e a operação de novas caldeiras de alta pressão, turbinas a vapor e subestações elétricas criou uma grande demanda por instrumentos e controles. As salas de controle central tornaram-se comuns na década de 1920, mas no início da década de 1930, a maioria dos controles de processo estava ativada. Os operadores geralmente monitoram gráficos desenhados por gravadores que plotam dados dos instrumentos. Para fazer correções, os operadores abriram ou fecharam manualmente as válvulas ou ligaram ou desligaram os interruptores. As salas de controle também usavam luzes codificadas por cores para enviar sinais aos trabalhadores da fábrica para fazer manualmente algumas alterações.

Os controladores, que foram capazes de fazer alterações calculadas em resposta a desvios de um ponto definido em vez do controle on-off, começaram a ser introduzidos na década de 1930. Os controladores permitiram que a manufatura continuasse mostrando ganhos de produtividade para compensar a influência decrescente da eletrificação da fábrica.

A produtividade da fábrica aumentou bastante com a eletrificação na década de 1920. O crescimento da produtividade industrial dos EUA caiu de 5,2% / ano 1919-29 para 2,76% / ano 1929-41. Alexander Field observa que os gastos com instrumentos não médicos aumentaram significativamente de 1929 a 1933 e permaneceram fortes depois disso.

A Primeira e a Segunda Guerras Mundiais viram grandes avanços no campo da comunicação de massa e processamento de sinais. Outros avanços importantes nos controles automáticos incluem equações diferenciais, teoria da estabilidade e teoria do sistema (1938), análise no domínio da frequência (1940), controle de navios (1950) e análise estocástica (1941).

A partir de 1958, vários sistemas baseados em módulos lógicos digitais de estado sólido para controladores lógicos programados com fio (os antecessores de controladores lógicos programáveis (PLC)) surgiram para substituir a lógica de relés eletromecânicos em sistemas de controle industriais para controle e automação de processos, incluindo os primeiros sistemas Telefunken / AEG Logistat, Siemens Simatic, Philips / Mullard / Valvo Norbit, BBC Sigmatronic, ACEC Logacec, Akkord Estacord, Krone Mibakron, Bistat, Datapac, Norlog, SSR ou Procontic.

Em 1959, a refinaria de Port Arthur, da Texaco, tornou-se a primeira fábrica química a usar o controle digital.

Aplicações significativas

A central telefônica automática foi introduzida em 1892, juntamente com os telefones de discagem. Em 1929, 31,9% do sistema Bell era automático. A troca

automática de telefone usava originalmente amplificadores a tubo de vácuo e interruptores eletromecânicos, que consumiam uma grande quantidade de eletricidade. O volume de chamadas cresceu tão rapidamente que se temia que o sistema telefônico consumisse toda a produção de eletricidade, levando o Bell Labs a começar a pesquisar o transistor.

A lógica executada pelos relés de comutação telefônica foi a inspiração para o computador digital. A primeira máquina sopradora de garrafas de vidro comercialmente bem-sucedida foi um modelo automático introduzido em 1905. A máquina, operada por uma equipe de dois homens trabalhando em turnos de 12 horas, poderia produzir 17, 280 garrafas em 24 horas, em comparação com 2, 880 garrafas feitas por uma equipe de seis homens e meninos trabalhando em uma loja por um dia. O custo de fabricação de garrafas por máquina foi de 10 a 12 centavos de dólar por bruto, comparado a US \$ 1,80 por bruto pelos sopradores de vidro e auxiliares manuais.

Os acionamentos elétricos seccionais foram desenvolvidos usando a teoria de controle. Os acionamentos elétricos seccionais são usados em diferentes seções de uma máquina em que um diferencial preciso deve ser mantido entre as seções. Na laminação de aço, o metal se alonga à medida que passa por pares de rolos, que devem correr em velocidades sucessivamente mais rápidas. Na fabricação de papel, a folha de papel diminui à medida que passa pela secagem aquecida a vapor, organizada em grupos, que devem ser executados em velocidades sucessivamente mais lentas. A primeira aplicação de um acionamento elétrico seccional ocorreu em uma máquina de papel em 1919. Um dos desenvolvimentos mais importantes na indústria siderúrgica durante o século 20 foi o laminação contínua de tiras largas, desenvolvida pela Armco em 1928.

Antes da automação, muitos produtos químicos eram feitos em lotes. Em 1930, com o uso generalizado de instrumentos e o uso emergente de controladores, o fundador da Dow Chemical Co. defendia a produção contínua.

Máquinas-ferramentas automáticas que deslocavam a destreza das mãos para poderem ser operadas por meninos e trabalhadores não qualificados foram desenvolvidas por James Nasmyth na década de 1840. As máquinas-ferramentas foram automatizadas com controle numérico (NC) usando fita de papel perfurada na década de 1950. Isso logo evoluiu para o controle numérico computadorizado (CNC).

Hoje, a automação extensiva é praticada em praticamente todos os tipos de processos de fabricação e montagem. Alguns dos processos maiores incluem geração de energia elétrica, refino de petróleo, produtos químicos, usinas siderúrgicas, plásticos, fábricas de cimento, fábricas de fertilizantes, fábricas de papel e celulose, montagem de automóveis e caminhões, produção de aeronaves, produção de aeronaves, fabricação de vidro, plantas de separação de gás natural, alimentos e bebidas processamento, conservas e engarrafamento e fabricação de vários tipos de peças. Os robôs são especialmente úteis em aplicações perigosas, como pintura em spray para automóveis. Os robôs também são usados para montar placas de circuito eletrônico. A soldagem automotiva é feita com robôs e os soldadores automáticos são usados em aplicações como tubulações.

Idade do espaço / computador

Com o advento da era espacial, em 1957, o design de controles, particularmente nos Estados Unidos, afastou-se das técnicas no domínio da frequência da teoria clássica de controle e apoiou-se nas técnicas de equações diferenciais do final do século XIX, que foram expressas no tempo. domínio. Durante as décadas de 1940 e 1950, o matemático alemão Irmgard Flugge-Lotz desenvolveu a teoria do controle automático descontínuo, que se tornou amplamente usado em sistemas de controle de histerese, como sistemas de navegação, sistemas de controle de incêndio e eletrônicos. Através de Flugge-Lotz e outros, a era moderna viu o design no domínio do tempo para sistemas não lineares (1961), navegação (1960), teoria ótima de controle e estimativa (1962), teoria não linear de controle (1969), teoria digital de controle e filtragem (1974)) e o computador pessoal (1983).

Vantagens e desvantagens

Talvez a vantagem mais citada da automação na indústria seja a associação com produção mais rápida e custos de mão-de-obra mais baratos. Outro benefício pode ser o fato de substituir um trabalho árduo, físico ou monótono. Além disso, as tarefas que ocorrem em ambientes perigosos ou que estão além das capacidades humanas podem ser executadas pelas máquinas, pois as máquinas podem operar mesmo sob temperaturas extremas ou em atmosferas radioativas ou tóxicas. Eles também podem ser mantidos com verificações simples de qualidade. No entanto, no momento, nem todas as tarefas podem ser automatizadas, e algumas tarefas são mais caras de automatizar do que outras. Os custos iniciais da instalação do maquinário nas configurações de fábrica são altos e a falha na manutenção de um sistema pode resultar na perda do próprio produto. Além disso, alguns estudos parecem indicar que a automação industrial poderia impor efeitos nocivos além das preocupações operacionais, incluindo o deslocamento de trabalhadores devido à perda sistêmica de emprego e danos ambientais agravados; no entanto, esses achados são de natureza complicada e controversa e podem ser contornados.

As principais vantagens da automação são:

Maior rendimento ou produtividade.

Qualidade aprimorada ou maior previsibilidade da qualidade.

Maior robustez (consistência) de processos ou produtos.

Maior consistência da produção.

Custos e despesas diretos com mão-de-obra humana.

A instalação em operações reduz o tempo de ciclo.

Pode concluir tarefas onde é necessário um alto grau de precisão.

Substitui operadores humanos em tarefas que envolvem trabalho físico ou monótono (por exemplo, usando uma empilhadeira com um único motorista em vez de uma equipe de vários trabalhadores para levantar um objeto pesado)

Reduz algumas lesões ocupacionais (por exemplo, menos costas tensas ao levantar objetos pesados)

Substitui seres humanos em tarefas realizadas em ambientes perigosos (ou seja, fogo, espaço, vulcões, instalações nucleares, subaquáticas etc.)

Executa tarefas que estão além das capacidades humanas de tamanho, peso, velocidade, resistência, etc.

Reduz significativamente o tempo de operação e o tempo de manuseio do trabalho.

Libera os trabalhadores para assumir outros papéis.

Fornecer tarefas de nível superior no desenvolvimento, implantação, manutenção e execução dos processos automatizados.

As principais desvantagens da automação são:

Possíveis ameaças / vulnerabilidades à segurança devido ao aumento da suscetibilidade relativa por cometer erros.

Custos de desenvolvimento imprevisíveis ou excessivos.

Alto custo inicial.

Desloca os trabalhadores devido à substituição do trabalho.

Impacto social

O aumento da automação geralmente faz com que os funcionários se sintam ansiosos por perder seus empregos, pois a tecnologia torna suas habilidades ou experiências desnecessárias. No início da Revolução Industrial, quando invenções como o motor a vapor tornavam dispensáveis algumas categorias de trabalho, os trabalhadores resistiram com força a essas mudanças. Os luditas, por exemplo, eram trabalhadores têxteis ingleses que protestaram contra a introdução de máquinas de tecer, destruindo-as. Movimentos semelhantes surgiram periodicamente desde então. Durante a maior parte dos séculos XIX e XX, os mais influentes desses movimentos foram liderados pelo trabalho organizado, que defendia a reciclagem de trabalhadores cujos empregos eram redundantes por máquinas. Mais recentemente, alguns moradores de Chandler, no Arizona, cortaram pneus e atiraram pedras em carros sem motorista, em protesto contra a ameaça percebida dos carros à segurança humana e às perspectivas de emprego.

A relativa ansiedade sobre automação refletida nas pesquisas de opinião parece correlacionar-se intimamente com a força do trabalho organizado nessa região ou nação. Por exemplo, enquanto um estudo do Pew Research Center indicou que 72% dos americanos estão preocupados com o aumento da automação no local de trabalho, 80% dos suecos vêem automação e inteligência artificial como uma coisa boa, devido aos sindicatos ainda poderosos do país e rede de segurança nacional mais robusta.

A automação já está contribuindo significativamente para o desemprego, principalmente em países onde o governo não procura proativamente diminuir seu impacto. Nos Estados Unidos, 47% de todos os empregos atuais têm o potencial de serem totalmente automatizados até 2033, de acordo com a pesquisa dos especialistas Carl Benedikt Frey e Michael Osborne. Além disso, os salários e a escolaridade parecem estar fortemente correlacionados negativamente com o risco de uma ocupação ser automatizada. Até trabalhos profissionais altamente qualificados como advogado, médico, engenheiro e jornalista correm risco de

automação.

As perspectivas são particularmente sombrias para ocupações que atualmente não exigem um diploma universitário, como dirigir caminhões. Mesmo em corredores de alta tecnologia como o Vale do Silício, a preocupação está se espalhando sobre um futuro em que uma porcentagem considerável de adultos tem poucas chances de sustentar empregos remunerados. Como sugere o exemplo da Suécia, no entanto, a transição para um futuro mais automatizado não precisa inspirar pânico, se houver vontade política suficiente para promover a reciclagem de trabalhadores cujas posições estão sendo obsoletas.

Fabricação de luzes apagadas

A manufatura sem iluminação é um sistema de produção sem trabalhadores humanos, para eliminar os custos de mão-de-obra.

A fabricação das luzes apagadas cresceu em popularidade nos EUA quando a General Motors, em 1982, implementou a fabricação "manual" dos humanos, a fim de "substituir a burocracia avessa a riscos por automação e robôs". No entanto, a fábrica nunca alcançou o status completo de "luzes apagadas".

A expansão da fabricação de luzes apagadas requer:

Confiabilidade do equipamento

Capacidades mecânicas de longo prazo

Manutenção preventiva planejada

Compromisso da equipe

Saúde e meio ambiente

Os custos de automação para o ambiente são diferentes, dependendo da tecnologia, produto ou mecanismo automatizado. Existem mecanismos automatizados que consomem mais recursos energéticos da Terra em comparação com os motores anteriores e vice-versa. Operações perigosas, como refino de petróleo, fabricação de produtos químicos industriais e todas as formas de usinagem de metais, sempre foram os primeiros candidatos à automação.

A automação dos veículos pode provar ter um impacto substancial no meio ambiente, embora a natureza desse impacto possa ser benéfica ou prejudicial, dependendo de vários fatores. Como os veículos automatizados são muito menos propensos a sofrer acidentes em comparação aos veículos movidos a humanos, algumas precauções incorporadas nos modelos atuais (como freios antibloqueio ou vidro laminado) não seriam necessárias para as versões autônomas. A remoção desses recursos de segurança também reduziria significativamente o peso do veículo, aumentando a economia de combustível e as emissões por milha. Os veículos autônomos também são mais precisos em relação à aceleração e à quebra, o que poderia contribuir para a redução de emissões. Os carros autônomos também podem utilizar recursos com economia de combustível, como o mapeamento de rotas, capaz de calcular e seguir as rotas mais eficientes. Apesar desse potencial de redução de emissões, alguns pesquisadores teorizam que um aumento na produção de carros autônomos pode levar a um boom de propriedade e uso de veículos. Esse boom pode potencialmente negar quaisquer benefícios ambientais dos carros autônomos, se um número grande e suficiente de pessoas começar a dirigir veículos pessoais com mais frequência.

Pensa-se também que a automação de residências e eletrodomésticos afeta o

meio ambiente, mas os benefícios desses recursos também são questionados. Um estudo sobre o consumo de energia de casas automatizadas na Finlândia mostrou que casas inteligentes podem reduzir o consumo de energia, monitorando os níveis de consumo em diferentes áreas da casa e ajustando o consumo para reduzir vazamentos de energia (como reduzir automaticamente o consumo durante a noite, quando a atividade é baixa). Este estudo, juntamente com outros, indicou que a capacidade da casa inteligente de monitorar e ajustar os níveis de consumo reduziria o uso desnecessário de energia. No entanto, novas pesquisas sugerem que casas inteligentes podem não ser tão eficientes quanto casas não automatizadas. Um estudo mais recente indicou que, embora o monitoramento e o ajuste dos níveis de consumo diminuam o uso desnecessário de energia, esse processo requer sistemas de monitoramento que também consomem uma quantidade significativa de energia. Este estudo sugeriu que a energia necessária para executar esses sistemas é tanto que nega quaisquer benefícios dos próprios sistemas, resultando em pouco ou nenhum benefício ecológico.

Conversibilidade e tempo de resposta

Outra grande mudança na automação é o aumento da demanda por flexibilidade e conversibilidade nos processos de fabricação. Os fabricantes estão cada vez mais exigindo a capacidade de alternar facilmente do produto A para o produto B sem precisar reconstruir completamente as linhas de produção. A flexibilidade e os processos distribuídos levaram à introdução de veículos guiados automatizados com navegação por recursos naturais.

A eletrônica digital também ajudou. A instrumentação anterior baseada em analógico foi substituída por equivalentes digitais que podem ser mais precisos e flexíveis e oferecem maior escopo para configuração, parametrização e operação mais sofisticadas. Isso foi acompanhado pela revolução do fieldbus, que forneceu um meio de comunicação em rede (isto é, um único cabo) entre os sistemas de controle e a instrumentação no nível de campo, eliminando a fiação.

Fábricas discretas adotaram essas tecnologias rapidamente. As indústrias de processo mais conservadoras, com seus ciclos de vida útil mais longos, foram mais lentas em adotar e a medição e o controle baseados em analógico ainda dominam. O crescente uso da Ethernet Industrial no chão de fábrica está impulsionando ainda mais essas tendências, permitindo que as fábricas sejam integradas mais firmemente à empresa, via Internet, se necessário. A concorrência global também aumentou a demanda por sistemas de fabricação reconfiguráveis.

Ferramentas de automação

Os engenheiros agora podem ter controle numérico sobre dispositivos automatizados. O resultado foi uma gama de aplicativos e atividades humanas em rápida expansão. As tecnologias auxiliadas por computador (ou CAx) agora servem como base para ferramentas matemáticas e organizacionais usadas para criar sistemas complexos. Exemplos notáveis de CAx incluem design auxiliado por computador (software CAD) e manufatura auxiliada por computador (software CAM). O design, análise e fabricação aprimorados de produtos habilitados pela CAx foram benéficos para o setor.

A tecnologia da informação, juntamente com as máquinas e processos industriais, pode auxiliar no projeto, implementação e monitoramento de sistemas de controle. Um exemplo de um sistema de controle industrial é um controlador lógico programável (PLC). PLCs são computadores especializados especializados, que são freqüentemente usados para sincronizar o fluxo de entradas de sensores (físicos) e eventos com o fluxo de saídas para atuadores e eventos.

As interfaces homem-máquina (IHM) ou interfaces humanas de computador (CHI), anteriormente conhecidas como interfaces homem-máquina, são geralmente empregadas para se comunicar com CLPs e outros computadores. O

pessoal de serviço que monitora e controla através de IHMs pode ser chamado por nomes diferentes. Nos processos industriais e nos ambientes de fabricação, eles são chamados de operadores ou algo semelhante. Nas casas das caldeiras e nos departamentos centrais de serviços públicos, eles são chamados de engenheiros estacionários.

Existem diferentes tipos de ferramentas de automação:

RNA - Rede Neural Artificial

DCS - Sistema de Controle Distribuído

HMI - Interface Homem Máquina

SCADA - Controle de Supervisão e Aquisição de Dados

CLP - Controlador Lógico Programável

Instrumentação

Controle de movimento

Robótica

O software de simulação de host (HSS) é uma ferramenta de teste comumente usada para testar o software do equipamento. O HSS é usado para testar o desempenho do equipamento em relação aos padrões de automação de fábrica (tempos limite, tempo de resposta, tempo de processamento).

Limitações à automação

A tecnologia atual não consegue automatizar todas as tarefas desejadas.

Muitas operações que usam automação possuem grandes quantidades de capital investido e produzem grandes volumes de produtos, tornando as avarias extremamente caras e potencialmente perigosas. Portanto, é necessário algum pessoal para garantir que todo o sistema funcione corretamente e que a segurança e a qualidade do produto sejam mantidas.

À medida que um processo se torna cada vez mais automatizado, há cada vez menos trabalho a ser economizado ou melhoria da qualidade a ser obtida. Este é um exemplo de retornos decrescentes e da função logística.

À medida que mais e mais processos se tornam automatizados, há menos processos não automatizados restantes. Este é um exemplo do esgotamento de oportunidades. Novos paradigmas tecnológicos podem, no entanto, estabelecer novos limites que superam os limites anteriores.

Limitações atuais

Atualmente, muitos papéis para seres humanos em processos industriais estão além do escopo da automação. O reconhecimento de padrões no nível humano, a compreensão da linguagem e a capacidade de produção da linguagem estão muito além das capacidades dos modernos sistemas mecânicos e de computador (mas veja Watson (computador)). Tarefas que exigem avaliação subjetiva ou síntese de dados sensoriais complexos, como aromas e sons, bem como tarefas de alto nível, como planejamento estratégico, atualmente exigem conhecimento humano. Em muitos casos, o uso de seres humanos é mais econômico do que as abordagens mecânicas, mesmo quando a automação de tarefas industriais é possível. Superar esses obstáculos é um caminho teorizado para a economia pós-escassez.

Paradoxo da automação

O paradoxo da automação diz que, quanto mais eficiente o sistema automatizado, mais crucial é a contribuição humana dos operadores. Os seres humanos estão menos envolvidos, mas seu envolvimento se torna mais crítico. Lisanne Bainbridge, psicóloga cognitiva, identificou essas questões notavelmente em seu artigo amplamente citado "Ironies of Automation".

Se um sistema automatizado tiver um erro, ele multiplicará esse erro até que seja corrigido ou desligado. É aqui que entram os operadores humanos.

Um exemplo fatal disso foi o voo 447 da Air France, onde uma falha de automação colocou os pilotos em uma situação manual para a qual não estavam preparados.

Automação cognitiva

A automação cognitiva, como um subconjunto da inteligência artificial, é um gênero emergente de automação habilitado pela computação cognitiva. Sua principal preocupação é a automação de tarefas administrativas e fluxos de trabalho que consistem na estruturação de dados não estruturados.

A automação cognitiva depende de várias disciplinas: processamento de linguagem natural, computação em tempo real, algoritmos de aprendizado de máquina, análise de big data e aprendizado baseado em evidências. Segundo a Deloitte, a automação cognitiva permite a replicação de tarefas e julgamentos humanos "em velocidade rápida e escala considerável".

Essas tarefas incluem:

Edição de documento

Extração de dados e síntese / relatório de documentos

Gestão de contratos

Pesquisa em linguagem natural

Integração de cliente, funcionário e partes interessadas

Atividades e verificações manuais

Acompanhamento e comunicação por email

Aplicações recentes e emergentes

Produção de energia automatizada

Tecnologias como painéis solares, turbinas eólicas e outras fontes de energia renováveis, juntamente com redes inteligentes, micro-redes e armazenamento de baterias - podem automatizar a produção de energia.

Varejo automatizado

Comida e bebida

O setor de varejo de alimentos começou a aplicar automação ao processo de

pedidos; O McDonald's introduziu sistemas de pedidos e pagamentos por tela sensível ao toque em muitos de seus restaurantes, reduzindo a necessidade de tantos funcionários de caixa. A Universidade do Texas em Austin introduziu lojas de café totalmente automatizadas. Alguns cafés e restaurantes utilizaram "aplicativos" para celular e tablet para tornar o processo de compra mais eficiente pelos clientes que comprem e pagam em seus aparelhos. Alguns restaurantes automatizam a entrega de alimentos nas mesas dos clientes usando um sistema de correias transportadoras. Às vezes, o uso de robôs é empregado para substituir a equipe em espera.

Lojas

Muitos supermercados e lojas ainda menores estão introduzindo rapidamente sistemas de auto checkout, reduzindo a necessidade de contratar trabalhadores de checkout. Nos Estados Unidos, o setor de varejo emprega 15,9 milhões de pessoas a partir de 2017 (cerca de 1 em cada 9 americanos na força de trabalho). Globalmente, estima-se que 192 milhões de trabalhadores possam ser afetados pela automação, de acordo com uma pesquisa do Eurasia Group.

As compras online podem ser consideradas uma forma de varejo automatizado, pois o pagamento e a finalização da compra são efetuados através de um sistema automatizado de processamento de transações online, com a participação da contabilidade do varejo online saltando de 5,1% em 2011 para 8,3% em 2016. No entanto, dois terços dos livros, músicas e filmes agora são comprados on-line. Além disso, a automação e as compras on-line podem reduzir a demanda por shopping centers e propriedades de varejo, que atualmente nos Estados Unidos representam 31% de todas as propriedades comerciais ou cerca de 7 bilhões de pés quadrados. Nos últimos anos, a Amazon ganhou grande parte do crescimento das compras on-line, representando metade do crescimento do varejo on-line em 2016. Outras formas de automação também podem ser parte integrante das compras on-line, por exemplo, a implantação de robótica de armazém automatizada, como o aplicado pela Amazon usando o Kiva Systems.

Mineração automatizada

A mineração automatizada envolve a remoção do trabalho humano do processo de mineração. O setor de mineração está atualmente em transição para a automação. Atualmente, ainda pode exigir uma grande quantidade de capital humano, principalmente no terceiro mundo, onde os custos de mão-de-obra são baixos, portanto há menos incentivo para aumentar a eficiência por meio da automação.

Vigilância por vídeo automatizada

A Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA) iniciou a pesquisa e o desenvolvimento do programa automatizado de vigilância e monitoramento visual (VSAM), entre 1997 e 1999, e dos programas de vigilância por vídeo aéreo (AVS), de 1998 a 2002. Atualmente, existe uma grande em andamento na comunidade de visão para desenvolver um sistema de vigilância de rastreamento totalmente automatizado. A vigilância por vídeo automatizada monitora pessoas e veículos em tempo real em um ambiente movimentado. Os sistemas de vigilância automatizados existentes são baseados no ambiente para o qual foram projetados principalmente para observar, por exemplo, interior, exterior ou aéreo, o número de sensores com os quais o sistema automatizado pode lidar e a mobilidade do sensor, como câmera estacionária e câmera móvel. O objetivo de um sistema de vigilância é registrar propriedades e trajetórias de objetos em uma determinada área, gerar avisos ou notificar a autoridade designada em caso de ocorrência de eventos específicos.

Sistemas de rodovias automatizados

À medida que as demandas por segurança e mobilidade cresceram e as possibilidades tecnológicas se multiplicaram, o interesse pela automação aumentou. Buscando acelerar o desenvolvimento e a introdução de veículos e rodovias totalmente automatizados, o Congresso dos Estados Unidos autorizou mais de US \$ 650 milhões em seis anos para sistemas de transporte inteligentes (ITS) e projetos de demonstração na Lei de Eficiência em Transporte de Superfície Intermodal de 1991 (ISTEA). O Congresso legislou no ISTEA que "o Secretário de Transporte desenvolverá um protótipo de rodovia e veículo automatizado a partir do qual futuros sistemas de veículo-rodovia inteligentes e totalmente automatizados poderão ser desenvolvidos. Esse desenvolvimento deve incluir pesquisas em fatores humanos para garantir o sucesso do relacionamento homem-máquina. O objetivo deste programa é ter a primeira rodovia totalmente automatizada ou uma pista de teste automatizada em operação até 1997. Este sistema deve acomodar a instalação de equipamentos em veículos automotores novos e existentes. ".

Automação completa comumente definida como exigindo nenhum controle ou controle muito limitado pelo motorista; essa automação seria realizada através de uma combinação de sensores, computadores e sistemas de comunicação em veículos e ao longo da estrada. A condução totalmente automatizada permitiria, em teoria, um espaçamento mais próximo do veículo e velocidades mais altas, o que poderia aumentar a capacidade de tráfego em locais onde a construção de estradas adicionais é fisicamente impossível, politicamente inaceitável ou proibitivamente cara. Os controles automatizados também podem melhorar a segurança nas estradas, reduzindo a oportunidade de erro do motorista, o que causa uma grande parcela de acidentes com veículos motorizados. Outros benefícios potenciais incluem a melhoria da qualidade do ar (como resultado de fluxos de tráfego mais eficientes), aumento da economia de combustível e tecnologias derivadas geradas durante pesquisa e desenvolvimento relacionados a sistemas de rodovias automatizados.

Gerenciamento automatizado de resíduos

Caminhões automatizados de coleta de lixo evitam a necessidade de tantos trabalhadores, além de diminuir o nível de mão-de-obra necessária para prestar o serviço.

Automação de processos de negócios

A automação de processos de negócios (BPA) é a automação habilitada por tecnologia de processos de negócios complexos. Isso pode ajudar a simplificar os negócios por simplicidade, alcançar transformação digital, aumentar a qualidade do serviço, melhorar a prestação de serviços ou conter custos. O BPA consiste em integrar aplicativos, reestruturar recursos trabalhistas e usar aplicativos de software em toda a organização. A automação de processos robóticos (RPA ou RPAAI para RPA 2.0 auto-guiado) é um campo emergente dentro do BPA e usa inteligência artificial. Os BPAs podem ser implementados em várias áreas de negócios, incluindo marketing, vendas e fluxo de trabalho.

Automação residencial

A automação residencial (também chamada domótica) designa uma prática emergente de maior automação de eletrodomésticos e recursos em residências residenciais, principalmente por meios eletrônicos que permitem coisas impraticáveis, excessivamente caras ou simplesmente impossíveis nas últimas décadas. O aumento no uso de soluções de automação residencial, por sua vez, refletiu a crescente dependência das pessoas em tais soluções de automação. No entanto, o maior conforto adicionado por essas soluções de automação é notável.

Automação de laboratório

A automação é essencial para muitas aplicações científicas e clínicas. Portanto, a automação tem sido extensivamente empregada em laboratórios. Desde 1980, laboratórios totalmente automatizados já estavam funcionando. No entanto, a automação não se espalhou em laboratórios devido ao seu alto custo. Isso pode mudar com a capacidade de integrar dispositivos de baixo custo com equipamentos de laboratório padrão. Os amostradores automáticos são dispositivos comuns usados na automação de laboratório.

Automação logística

Automação industrial

A automação industrial lida principalmente com a automação dos processos de fabricação, controle de qualidade e manuseio de materiais. Os controladores de uso geral para processos industriais incluem controladores lógicos programáveis, módulos de E / S independentes e computadores. A automação industrial é substituir a tomada de decisão em humanos e as atividades manuais de resposta a comandos pelo uso de equipamentos mecanizados e comandos de programação lógica. Uma tendência é o aumento do uso da visão de máquina para fornecer funções automáticas de inspeção e orientação de robôs, outra é o aumento contínuo do uso de robôs. A automação industrial é simplesmente necessária nas indústrias.

A eficiência energética em processos industriais tornou-se uma prioridade mais alta. Empresas de semicondutores como a Infineon Technologies estão oferecendo aplicativos de microcontroladores de 8 bits, por exemplo, encontrados em controles de motores, bombas de uso geral, ventiladores e ebikes para reduzir o consumo de energia e, assim, aumentar a eficiência.

Automação industrial e indústria 4.0

A ascensão da automação industrial está diretamente ligada à "Quarta Revolução Industrial", que agora é mais conhecida como Indústria 4.0. Originária da Alemanha, a Indústria 4.0 abrange vários dispositivos, conceitos e máquinas. Juntamente com o avanço da Internet das Coisas Industrial (formalmente conhecida como IoT ou IIoT), a "Internet das Coisas é uma integração contínua de diversos objetos físicos na Internet através de uma representação virtual". Esses novos avanços revolucionários chamaram a atenção para o mundo da automação sob uma luz totalmente nova e mostraram maneiras de crescer para aumentar a produtividade e a eficiência em máquinas e instalações de fabricação. O Setor 4.0 trabalha com a IIoT e o software / hardware para conectar-se de uma maneira que (por meio das tecnologias de comunicação) adicione aprimoramentos e melhore os processos de fabricação. Agora, é possível criar uma fabricação mais inteligente, segura e avançada com essas novas tecnologias. Ele abre uma plataforma de fabricação mais confiável, consistente e eficiente do que antes. A implementação de sistemas como o SCADA é um exemplo de software que ocorre atualmente na Automação Industrial. O SCADA é um software supervisor de coleta de dados, apenas um dos muitos usados na automação industrial. A Indústria 4.0 abrange amplamente muitas áreas da manufatura e continuará a fazê-lo com o passar do tempo.

Robótica Industrial

Class = "thumbinner" style = "width: 222px;">

A robótica industrial é um sub-ramo da automação industrial que auxilia em vários processos de fabricação. Tais processos de fabricação incluem; usinagem, soldagem, pintura, montagem e manuseio de materiais, para citar alguns. Os robôs industriais utilizam vários sistemas mecânicos, elétricos e de software para permitir alta precisão, exatidão e velocidade que excedem em muito o desempenho humano. O nascimento do robô industrial ocorreu logo após a Segunda Guerra Mundial, quando os Estados Unidos viram a necessidade de uma maneira mais rápida de produzir bens industriais e de consumo. Servos,

lógica digital e eletrônica de estado sólido permitiram que os engenheiros construíssem sistemas melhores e mais rápidos, e horas extras esses sistemas foram aprimorados e revisados até o ponto em que um único robô é capaz de funcionar 24 horas por dia com pouca ou nenhuma manutenção. Em 1997, havia 700.000 robôs industriais em uso, o número aumentou para 1,8 milhão em 2017. Nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) com robótica também é usada na criação de uma solução de etiquetagem automática, usando braços robóticos como etiqueta automática, aplicador e IA para aprender e detectar os produtos a serem rotulados.

Controladores lógicos programáveis

A automação industrial incorpora controladores lógicos programáveis no processo de fabricação. Os controladores lógicos programáveis (PLCs) usam um sistema de processamento que permite a variação dos controles de entradas e saídas usando programação simples. Os CLPs fazem uso da memória programável, armazenando instruções e funções como lógica, seqüenciamento, tempo, contagem, etc. Usando uma linguagem baseada em lógica, um CLP pode receber uma variedade de entradas e retornar uma variedade de saídas lógicas, os dispositivos de entrada sendo sensores e os dispositivos de saída são motores, válvulas etc. Os PLCs são semelhantes aos computadores; no entanto, enquanto os computadores são otimizados para cálculos, os PLCs são otimizados para tarefas de controle e uso em ambientes industriais. Eles são construídos para que apenas o conhecimento básico de programação baseado em lógica seja necessário e para lidar com vibrações, altas temperaturas, umidade e ruído. A maior vantagem que os PLCs oferecem é sua flexibilidade. Com os mesmos controladores básicos, um CLP pode operar uma variedade de sistemas de controle diferentes. Os CLPs tornam desnecessário religar um sistema para alterar o sistema de controle. Essa flexibilidade leva a um sistema econômico para sistemas de controle complexos e variados.

Os PLCs podem variar de pequenos dispositivos "brick building" com dezenas de E / S em um compartimento integrado ao processador a grandes dispositivos

modulares montados em rack com uma contagem de milhares de E / S, e que geralmente são conectados em rede a outros PLC e Sistemas SCADA.

Eles podem ser projetados para vários arranjos de entradas e saídas digitais e analógicas (E / S), faixas de temperatura estendidas, imunidade a ruídos elétricos e resistência a vibrações e impactos. Os programas para controlar a operação da máquina geralmente são armazenados na memória de backup ou não volátil da bateria.

Foi da indústria automotiva nos EUA que nasceu o PLC. Antes do CLP, a lógica de controle, seqüenciamento e intertravamento de segurança para a fabricação de automóveis era composta principalmente de relés, temporizadores de came, sequenciadores de bateria e controladores de loop fechado dedicados. Como esses números podem chegar às centenas ou até milhares, o processo de atualização dessas instalações para a troca anual de modelo foi muito demorado e caro, pois os eletricitistas precisavam religar individualmente os relés para alterar suas características operacionais.

Quando os computadores digitais se tornaram disponíveis, sendo dispositivos programáveis de uso geral, eles logo foram aplicados para controlar a lógica seqüencial e combinatória em processos industriais. No entanto, esses computadores antigos exigiam programadores especializados e controle ambiental operacional rigoroso para temperatura, limpeza e qualidade de energia. Para enfrentar esses desafios, o PLC foi desenvolvido com vários atributos-chave. Ele toleraria o ambiente do chão de fábrica, suportaria entradas e saídas discretas (em forma de bit) de uma maneira facilmente extensível, não exigiria anos de treinamento para usar e permitiria que sua operação fosse monitorada. Como muitos processos industriais têm escalas de tempo facilmente tratadas por tempos de resposta de milissegundos, os eletrônicos modernos (rápidos, pequenos e confiáveis) facilitam muito a construção de controladores confiáveis, e o desempenho pode ser trocado por confiabilidade.

Automação assistida por agente

A automação assistida por agente refere-se à automação usada pelos agentes da central de atendimento para lidar com consultas de clientes. Existem dois tipos básicos: automação de desktop e soluções de voz automatizadas. A automação da área de trabalho se refere à programação de software que facilita o trabalho do agente do call center em várias ferramentas da área de trabalho. A automação pegaria as informações inseridas em uma ferramenta e as preencheria nas outras, para que não precisassem ser inseridas mais de uma vez, por exemplo. As soluções de voz automatizadas permitem que os agentes permaneçam na linha enquanto divulgações e outras informações importantes são fornecidas aos clientes na forma de arquivos de áudio pré-gravados. Os aplicativos especializados dessas soluções de voz automatizadas permitem que os agentes processem cartões de crédito sem nunca ver ou ouvir os números ou códigos CVV do cartão de crédito

O principal benefício da automação assistida por agente é a conformidade e a prova de erros. Às vezes, os agentes não são totalmente treinados ou esquecem ou ignoram as principais etapas do processo. O uso da automação garante que o que deveria acontecer na chamada realmente ocorra sempre.

Relação com o desemprego

Pesquisa de Carl Benedikt Frey e Michael Osborne, da Oxford Martin School, argumentou que os funcionários envolvidos em "tarefas que seguem procedimentos bem definidos que podem ser facilmente executados por algoritmos sofisticados" correm risco de deslocamento e 47% dos empregos nos EUA estão em risco. O estudo, publicado como um documento de trabalho em 2013 e publicado em 2017, previa que a automação colocaria as ocupações físicas mal remuneradas em maior risco, pesquisando um grupo de colegas sobre suas opiniões. No entanto, de acordo com um estudo publicado na McKinsey

Quarterly em 2015, na maioria dos casos, o impacto da informatização não é a substituição de funcionários, mas a automação de partes das tarefas que eles executam. A metodologia do estudo da McKinsey tem sido fortemente criticada por ser intransparente e confiar em avaliações subjetivas. A metodologia de Frey e Osborne foi sujeita a críticas por falta de evidências, conhecimento histórico ou metodologia credível. Além disso, a OCDE constatou que, nos 21 países da OCDE, 9% dos empregos são automatizáveis.

A Casa Branca de Obama apontou que a cada 3 meses "cerca de 6% dos empregos na economia são destruídos pelo encolhimento ou fechamento de negócios, enquanto uma porcentagem um pouco maior de empregos é adicionada". Um estudo recente de economia do MIT sobre automação nos Estados Unidos, de 1990 a 2007, descobriu que pode haver um impacto negativo no emprego e nos salários quando os robôs são introduzidos em um setor. Quando um robô é adicionado por mil trabalhadores, a taxa de emprego / população diminui entre 0,18-0,34% e os salários são reduzidos em 0,25-0,5 pontos percentuais. Durante o período estudado, os EUA não possuíam muitos robôs na economia, o que restringe o impacto da automação. No entanto, a automação deve triplicar (estimativa conservadora) ou quadruplicar (estimativa generosa), levando esses números a se tornarem substancialmente mais altos.

Com base na fórmula de Gilles Saint-Paul, economista da Universidade Toulouse 1, a demanda por capital humano não qualificado diminui a uma taxa mais lenta que a demanda por capital humano qualificado. A longo prazo, e para a sociedade como um todo, levou a produtos mais baratos, menos horas médias de trabalho e novas indústrias em formação (ou seja, indústrias de robótica, indústrias de computadores, indústrias de design). Essas novas indústrias oferecem muitos empregos baseados em habilidades com altos salários para a economia. Até 2030, entre 3 e 14% da força de trabalho global será forçada a mudar de categoria de emprego devido à automação que elimina empregos em todo o setor. Embora o número de empregos perdidos para a automação seja freqüentemente compensado pelos empregos obtidos com os avanços tecnológicos, o mesmo tipo de perda de emprego não é o mesmo substituído e isso leva ao aumento do desemprego na classe média baixa. Isso ocorre em grande parte nos EUA e nos países desenvolvidos, onde os avanços tecnológicos

contribuem para uma maior demanda por mão de obra altamente qualificada, mas a demanda por mão de obra de salário médio continua em queda. Os economistas chamam essa tendência de "polarização de renda", onde os salários de mão-de-obra não qualificada são reduzidos e a mão-de-obra qualificada é aumentada e prevê-se que continue nas economias desenvolvidas.

O desemprego está se tornando um problema nos Estados Unidos devido à taxa de crescimento exponencial de automação e tecnologia. De acordo com Kim, Kim e Lee (2017), "Um estudo seminal de Frey e Osborne em 2013 previu que 47% das 702 ocupações examinadas nos Estados Unidos enfrentavam um alto risco de diminuição da taxa de emprego nos próximos 10 a 25 anos como resultado da informatização ". (p. 1) Como muitos empregos estão se tornando obsoletos, o que está causando o deslocamento, uma solução possível seria o governo ajudar com um programa de renda básica universal (UBI). O UBI seria uma renda garantida, não tributada, de cerca de US \$ 1000 dólares por mês, paga a todos os cidadãos dos EUA com idade superior a 21 anos. O UBI ajudaria aqueles que são deslocados, assumindo empregos que pagam menos dinheiro e ainda têm recursos para sobreviver. Também daria àqueles que trabalham com empregos que provavelmente serão substituídos por automação e tecnologia, dinheiro extra para gastar em educação e treinamento em novas habilidades de emprego exigentes. A UBI, no entanto, deve ser vista como uma solução de curto prazo, porque não trata completamente da questão da desigualdade de renda, que será exacerbada pelo deslocamento de empregos.

Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) é um sistema de dispositivos de computação inter-relacionados, máquinas mecânicas e digitais, objetos, animais ou pessoas que recebem identificadores exclusivos (UIDs) e a capacidade de transferir dados através de uma rede sem a necessidade de humano para humano ou interação humano-computador.

A definição da Internet das Coisas evoluiu devido à convergência de várias tecnologias, análise em tempo real, aprendizado de máquina, sensores de mercadorias e sistemas embarcados. Campos tradicionais de sistemas embarcados, redes de sensores sem fio, sistemas de controle, automação (incluindo residências e residências). automação predial) e outros contribuem para permitir a Internet das Coisas. No mercado consumidor, a tecnologia IoT é mais sinônimo de produtos pertencentes ao conceito de "casa inteligente", cobrindo dispositivos e eletrodomésticos (como luminárias, termostatos, sistemas e câmeras de segurança residencial e outros eletrodomésticos) compatíveis com um ou ecossistemas mais comuns e podem ser controlados por dispositivos associados a esse ecossistema, como smartphones e alto-falantes inteligentes.

Há uma série de preocupações sérias sobre os perigos no crescimento da IoT, especialmente nas áreas de privacidade e segurança; e, conseqüentemente, movimentos setoriais e governamentais para começar a resolvê-los.

História

O conceito de rede de dispositivos inteligentes foi discutido desde 1982, com uma máquina de venda automática de Coca-Cola modificada na Universidade Carnegie Mellon se tornando o primeiro dispositivo conectado à Internet, capaz de relatar seu inventário e se as bebidas recém-carregadas estavam frias ou não. O artigo de Mark Weiser, de 1991, sobre a computação onipresente, "O Computador do Século XXI", bem como locais acadêmicos como UbiComp e PerCom, produziram a visão contemporânea da IoT. Em 1994, Reza Raji descreveu o conceito no IEEE Spectrum como "pequenos pacotes de dados para um grande conjunto de nós, de modo a integrar e automatizar tudo, de eletrodomésticos a fábricas inteiras". Entre 1993 e 1997, várias empresas propuseram soluções como a Microsoft at Work ou NEST da Novell. O campo ganhou força quando Bill Joy imaginou a comunicação dispositivo a dispositivo como parte de sua estrutura "Seis Webs", apresentada no Fórum Econômico Mundial em Davos em 1999.

O termo "Internet das coisas" provavelmente foi cunhado por Kevin Ashton, da Procter & Gamble, mais tarde o Auto-ID Center do MIT, em 1999, embora ele prefira a frase "Internet para coisas". Nesse ponto, ele via a identificação por radiofrequência (RFID) como essencial para a Internet das coisas, o que permitiria aos computadores gerenciar todas as coisas individuais.

Definindo a Internet das coisas como "simplesmente o momento em que mais 'coisas ou objetos' estavam conectados à Internet do que pessoas", a Cisco Systems estimou que a IoT "nasceu" entre 2008 e 2009, com a proporção de coisas / pessoas crescendo de 0,08 em 2003 para 1,84 em 2010.

A principal força motriz por trás da Internet é o MOSFET (transistor de efeito de campo semicondutor de óxido de metal ou semicondutor), que foi originalmente inventado por Mohamed M. Atalla e Dawon Kahng no Bell Labs em 1959. O MOSFET é o componente básico da maioria dos eletrônicos modernos, incluindo computadores, smartphones, tablets e serviços de Internet. A miniaturização da escala MOSFET no ritmo previsto pela escala de Dennard e a lei de Moore tem sido a força motriz por trás dos avanços tecnológicos na

indústria eletrônica desde o final do século XX. O dimensionamento do MOSFET foi estendido até o início do século XXI, com avanços como redução do consumo de energia, fabricação de dispositivos semicondutores de silício sobre isolador (SOI) e tecnologia de processador com vários núcleos, levando à Internet das coisas, que está sendo impulsionado pelos MOSFETs, diminuindo para níveis nanoeletrônicos, reduzindo o consumo de energia.

Formulários

O extenso conjunto de aplicativos para dispositivos IoT geralmente é dividido em espaços de consumo, comerciais, industriais e de infraestrutura.

Aplicações para consumidores

Uma porção crescente de dispositivos IoT é criada para uso do consumidor, incluindo veículos conectados, automação residencial, tecnologia vestível, integridade conectada e dispositivos com recursos de monitoramento remoto.

Lar inteligente

Os dispositivos IoT fazem parte do conceito mais amplo de automação residencial, que pode incluir sistemas de iluminação, aquecimento e ar condicionado, mídia e segurança. Os benefícios a longo prazo podem incluir economia de energia, garantindo automaticamente que as luzes e os eletrônicos sejam desligados.

Uma casa inteligente ou automatizada pode se basear em uma plataforma ou hubs que controlam dispositivos e dispositivos inteligentes. Por exemplo, usando o HomeKit da Apple, os fabricantes podem ter seus produtos e acessórios domésticos controlados por um aplicativo em dispositivos iOS, como o iPhone e o Apple Watch. Pode ser um aplicativo dedicado ou aplicativos nativos do iOS, como o Siri. Isso pode ser demonstrado no caso do Smart Home Essentials da Lenovo, que é uma linha de dispositivos domésticos inteligentes que são controlados pelo aplicativo Home da Apple ou pelo Siri sem a necessidade de uma ponte Wi-Fi. Também existem hubs de casa inteligente dedicados, oferecidos como plataformas independentes para conectar diferentes produtos de casa inteligente e incluem o Amazon Echo, Google Home, HomePod da Apple e SmartThings Hub da Samsung. Além dos sistemas comerciais, existem muitos ecossistemas de código aberto não proprietários; incluindo Home Assistant, OpenHAB e Domoticz.

Cuidado ao idoso

Uma aplicação importante de uma casa inteligente é fornecer assistência a pessoas com deficiência e idosos. Esses sistemas domésticos usam tecnologia assistida para acomodar as deficiências específicas de um proprietário. O controle por voz pode ajudar os usuários com limitações de visão e mobilidade, enquanto os sistemas de alerta podem ser conectados diretamente aos implantes cocleares usados por usuários com deficiência auditiva. Eles também podem ser equipados com recursos de segurança adicionais. Esses recursos podem incluir sensores que monitoram emergências médicas, como quedas ou convulsões. A tecnologia de casa inteligente aplicada dessa maneira pode oferecer aos usuários mais liberdade e maior qualidade de vida.

O termo "IoT corporativa" refere-se a dispositivos usados em configurações comerciais e corporativas. Até 2019, estima-se que a EIoT representará 9,1 bilhões de dispositivos.

Aplicação comercial

Medicina e saúde

A Internet das Coisas Médicas (IoMT), (também chamada de Internet das Coisas da Saúde), é uma aplicação da IoT para fins médicos e relacionados à saúde, coleta e análise de dados para pesquisa e monitoramento. O IoMT foi referido como "Assistência médica inteligente", como a tecnologia para criar um sistema de assistência médica digitalizado, conectando recursos médicos disponíveis e serviços de assistência médica.

Os dispositivos IoT podem ser usados para ativar sistemas de monitoramento remoto de integridade e notificação de emergência. Esses dispositivos de monitoramento de saúde podem variar de monitores de pressão arterial e frequência cardíaca a dispositivos avançados capazes de monitorar implantes especializados, como marca-passos, pulseiras eletrônicas Fitbit ou aparelhos auditivos avançados. Alguns hospitais começaram a implementar "camas inteligentes" que podem detectar quando estão ocupadas e quando um paciente está tentando se levantar. Ele também pode se ajustar para garantir que pressão e suporte adequados sejam aplicados ao paciente sem a interação manual dos enfermeiros. Um relatório do Goldman Sachs de 2015 indicou que os dispositivos IoT de assistência médica "podem economizar aos Estados Unidos mais de US \$ 300 bilhões em gastos anuais com assistência médica, aumentando a receita e diminuindo os custos". Além disso, o uso de dispositivos móveis para apoiar o acompanhamento médico levou à criação do 'm-health', usado para analisar as estatísticas de saúde.

Os sensores especializados também podem ser equipados dentro dos espaços de convivência para monitorar a saúde e o bem-estar geral dos idosos, garantindo ao mesmo tempo que o tratamento adequado está sendo administrado e ajudando as pessoas a recuperar a mobilidade perdida também por meio de terapia. Esses sensores criam uma rede de sensores inteligentes capazes de coletar, processar,

transferir e analisar informações valiosas em diferentes ambientes, como conectar dispositivos de monitoramento doméstico a sistemas hospitalares. Outros dispositivos de consumo para incentivar uma vida saudável, como balanças conectadas ou monitores cardíacos vestíveis, também são uma possibilidade com a IoT. As plataformas IoT de monitoramento de saúde de ponta a ponta também estão disponíveis para pacientes pré-natais e crônicos, ajudando a gerenciar os sinais vitais para a saúde e os requisitos recorrentes de medicamentos.

Os avanços nos métodos de fabricação de eletrônicos para plásticos e tecidos permitiram sensores IoMT de custo e uso muito baixos. Esses sensores, juntamente com a eletrônica RFID necessária, podem ser fabricados em papel ou têxteis eletrônicos para dispositivos de detecção descartáveis com alimentação sem fio. Foram estabelecidas aplicações para diagnóstico médico no ponto de atendimento, onde a portabilidade e a baixa complexidade do sistema são essenciais.

A partir de 2018, o IoMT não estava sendo aplicado apenas no setor de laboratório clínico, mas também no setor de saúde e seguro de saúde. O IoMT no setor de saúde agora está permitindo que médicos, pacientes e outros, como guardiões de pacientes, enfermeiros, famílias e similares, façam parte de um sistema, onde os registros dos pacientes são salvos em um banco de dados, permitindo que os médicos e o restante a equipe médica tenha acesso às informações do paciente. Além disso, os sistemas baseados na IoT são centrados no paciente, o que envolve a flexibilidade das condições médicas do paciente. A IoMT no setor de seguros fornece acesso a melhores e novos tipos de informações dinâmicas. Isso inclui soluções baseadas em sensores, como biossensores, dispositivos vestíveis, dispositivos de saúde conectados e aplicativos móveis para rastrear o comportamento do cliente. Isso pode levar a uma subscrição mais precisa e a novos modelos de preços.

A aplicação da IOT na área da saúde desempenha um papel fundamental no gerenciamento de doenças crônicas e na prevenção e controle de doenças. O

monitoramento remoto é possível através da conexão de poderosas soluções sem fio. A conectividade permite que os profissionais de saúde capturem os dados do paciente e apliquem algoritmos complexos na análise de dados de saúde.

Transporte

A IoT pode ajudar na integração de comunicações, controle e processamento de informações em vários sistemas de transporte. A aplicação da IoT se estende a todos os aspectos dos sistemas de transporte (ou seja, o veículo, a infraestrutura e o motorista ou usuário). A interação dinâmica entre esses componentes de um sistema de transporte permite comunicação entre veículos e veículos, controle inteligente de tráfego, estacionamento inteligente, sistemas eletrônicos de cobrança de pedágio, logística e gerenciamento de frota, controle de veículos, segurança e assistência rodoviária. Em Logística e gerenciamento de frota, por exemplo, uma plataforma IoT pode monitorar continuamente a localização e as condições de carga e ativos por meio de sensores sem fio e enviar alertas específicos quando ocorrerem exceções de gerenciamento (atrasos, danos, roubos, etc.). Isso só é possível com a IoT e sua conectividade perfeita entre dispositivos. Sensores como GPS, Umidade e Temperatura enviam dados para a plataforma IoT e, em seguida, os dados são analisados e enviados aos usuários. Dessa forma, os usuários podem rastrear o status em tempo real dos veículos e tomar decisões apropriadas. Se combinado com o Machine Learning, também ajuda a reduzir os acidentes de trânsito, introduzindo alertas de sonolência para os motoristas e também fornecendo carros autônomos. também ajuda a reduzir acidentes de trânsito, introduzindo alertas de sonolência aos motoristas e fornecendo carros autônomos também. também ajuda a reduzir acidentes de trânsito, introduzindo alertas de sonolência aos motoristas e fornecendo carros autônomos também.

Comunicações V2X

Nos sistemas de comunicação veicular, a comunicação veículo para tudo (V2X)

consiste em três componentes principais: comunicação veículo a veículo (V2V), comunicação veículo a infraestrutura (V2I) e comunicação veículo a pedestre (V2P). O V2X é o primeiro passo para a condução autônoma e a infraestrutura viária conectada.

Construção e automação residencial

Os dispositivos IoT podem ser usados para monitorar e controlar os sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos usados em vários tipos de edifícios (por exemplo, públicos e privados, industriais, instituições ou residenciais) em sistemas de automação residencial e automação predial. Nesse contexto, três áreas principais estão sendo abordadas na literatura:

A integração da Internet com a construção de sistemas de gerenciamento de energia, a fim de criar "edifícios inteligentes" eficientes em termos energéticos e orientados pela IOT.

Os possíveis meios de monitoramento em tempo real para reduzir o consumo de energia e monitorar os comportamentos dos ocupantes.

A integração de dispositivos inteligentes no ambiente construído e como eles podem saber como ser usados em aplicativos futuros.

Aplicações industriais

Também conhecidos como IIoT, os dispositivos industriais de IoT adquirem e

analisam dados de equipamentos conectados, tecnologia operacional (OT), locais e pessoas. Combinado aos dispositivos de monitoramento de tecnologia operacional (OT), o IIOT ajuda a regular e monitorar os sistemas industriais.

Fabricação

A IoT pode realizar a integração perfeita de vários dispositivos de fabricação equipados com recursos de detecção, identificação, processamento, comunicação, atuação e rede. Com base em um espaço ciber-físico inteligente altamente integrado, ele abre as portas para criar novas oportunidades de negócios e mercado para a fabricação. O controle de rede e o gerenciamento de equipamentos de fabricação, gerenciamento de ativos e situações ou controle de processos de fabricação trazem a IoT para dentro do reino aplicações industriais e fabricação inteligente também. Os sistemas inteligentes da IoT permitem a fabricação rápida de novos produtos, resposta dinâmica às demandas do produto e otimização em tempo real das redes de produção e cadeia de suprimentos, conectando máquinas, sensores e sistemas de controle em rede.

Sistemas de controle digital para automatizar controles de processo, ferramentas do operador e sistemas de informações de serviço para otimizar a segurança e a segurança da planta estão dentro do alcance da IoT. Mas também se estende ao gerenciamento de ativos por meio de manutenção preditiva, avaliação estatística e medições para maximizar a confiabilidade. Os sistemas de gerenciamento industrial também podem ser integrados às redes inteligentes, permitindo a otimização de energia em tempo real. Medições, controles automatizados, otimização da planta, gerenciamento de saúde e segurança e outras funções são fornecidas por um grande número de sensores em rede.

A IoT industrial (IIoT) na fabricação pode gerar tanto valor comercial que acabará por levar à Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0. O potencial de crescimento da implementação da IIoT pode gerar US \$ 12 trilhões em PIB global até 2030.

A análise industrial de big data desempenhará um papel vital na manutenção preditiva de ativos de fabricação, embora essa não seja a única capacidade do big data industrial. Os sistemas ciber-físicos (CPS) são a tecnologia principal do big data industrial e serão uma interface entre o mundo humano e o cibernético. Os sistemas ciber-físicos podem ser projetados seguindo a arquitetura 5C (conexão, conversão, cyber, cognição, configuração) e transformarão os dados coletados em informações acionáveis e, eventualmente, interferirão nos ativos físicos para otimizar processos.

Um sistema inteligente habilitado para IoT desses casos foi proposto em 2001 e posteriormente demonstrado em 2014 pelo Centro de Pesquisa Colaborativa da Indústria / Universidade Nacional da Fundação Científica para Sistemas de Manutenção Inteligente (IMS) da Universidade de Cincinnati em uma máquina de serra de fita no IMTS 2014 em Chicago. As máquinas de serra de fita não são necessariamente caras, mas as despesas com a correia de serra são enormes, pois se degradam muito mais rapidamente. No entanto, sem sensoriamento e análise inteligente, isso só pode ser determinado pela experiência quando o cinto da serra de fita realmente quebrar. O sistema de prognóstico desenvolvido será capaz de reconhecer e monitorar a degradação das correias de serra de fita, mesmo que a condição esteja mudando, aconselhando os usuários quando é o melhor momento para substituir a correia. Isso melhorará significativamente a experiência do usuário e a segurança do operador, além de economizar em custos.

Agricultura

Existem inúmeras aplicações de IoT na agricultura, como a coleta de dados de temperatura, precipitação, umidade, velocidade do vento, infestação de pragas e conteúdo do solo. Esses dados podem ser usados para automatizar técnicas agrícolas, tomar decisões informadas para melhorar a qualidade e a quantidade, minimizar riscos e desperdícios e reduzir o esforço necessário para gerenciar as culturas. Por exemplo, os agricultores agora podem monitorar a temperatura e a

umidade do solo de longe e até aplicar os dados adquiridos da IoT a programas de fertilização de precisão.

Em agosto de 2018, o Toyota Tsusho iniciou uma parceria com a Microsoft para criar ferramentas de criação de peixes usando o pacote de aplicativos Microsoft Azure para tecnologias IoT relacionadas ao gerenciamento de água.

Desenvolvidos em parte por pesquisadores da Universidade de Kindai, os mecanismos das bombas de água usam inteligência artificial para contar o número de peixes em uma correia transportadora, analisar o número de peixes e deduzir a eficácia do fluxo de água a partir dos dados fornecidos pelos peixes. Os programas de computador específicos usados no processo se enquadram nas plataformas de aprendizado de máquina do Azure e do Hub IoT do Azure.

Aplicativos de infraestrutura

O monitoramento e o controle de operações de infra-estruturas urbanas e rurais sustentáveis, como pontes, trilhos de trem e parques eólicos on e offshore, é uma aplicação essencial da IoT. A infraestrutura da IoT pode ser usada para monitorar quaisquer eventos ou alterações nas condições estruturais que possam comprometer a segurança e aumentar o risco. A IoT pode beneficiar a indústria da construção por economia de custos, redução de tempo, jornada de trabalho de melhor qualidade, fluxo de trabalho sem papel e aumento da produtividade. Ele pode ajudar na tomada de decisões mais rápidas e economizar dinheiro com o Real-Time Data Analytics. Também pode ser usado para agendar atividades de reparo e manutenção de maneira eficiente, coordenando tarefas entre diferentes provedores de serviços e usuários dessas instalações. Os dispositivos IoT também podem ser usados para controlar a infraestrutura crítica, como pontes, para fornecer acesso aos navios. É provável que o uso de dispositivos IoT para monitorar e operar a infraestrutura melhore o gerenciamento de incidentes e a coordenação da resposta a emergências, bem como a qualidade do serviço, os tempos de atividade e reduza os custos operacionais em todas as áreas relacionadas à infraestrutura. Mesmo áreas como gerenciamento de resíduos podem se beneficiar da automação e otimização que poderiam ser trazidas pela

IoT.

Implantações em escala metropolitana

Existem várias implantações em larga escala planejadas ou em andamento da IoT, para permitir um melhor gerenciamento de cidades e sistemas. Por exemplo, Songdo, na Coreia do Sul, a primeira cidade inteligente totalmente equipada e com fio, está sendo construída gradualmente, com aproximadamente 70% da área comercial concluída em junho de 2018. Grande parte da cidade está planejada para ser instalada e automatizada, com pouca ou nenhuma intervenção humana.

Outra aplicação é um projeto em andamento no Santander, Espanha. Para esta implantação, duas abordagens foram adotadas. Esta cidade de 180.000 habitantes já viu 18.000 downloads de seu aplicativo para smartphone na cidade. O aplicativo está conectado a 10.000 sensores que permitem serviços como busca de estacionamento, monitoramento ambiental, agenda digital da cidade e muito mais. As informações de contexto da cidade são usadas nesta implantação, a fim de beneficiar os comerciantes por meio de um mecanismo de negociação de faíscas com base no comportamento da cidade que visa maximizar o impacto de cada notificação.

Outros exemplos de implantações em larga escala em andamento incluem a cidade de conhecimento Sino-Singapura Guangzhou; trabalhar na melhoria da qualidade do ar e da água, reduzir a poluição sonora e aumentar a eficiência do transporte em San Jose, Califórnia; e gerenciamento de tráfego inteligente no oeste de Cingapura. Usando sua tecnologia RPMA (Random Phase Multiple Access), a Ingenu, de San Diego, construiu uma rede pública nacional para transmissões de dados de baixa largura de banda usando o mesmo espectro de 2,4 gigahertz não licenciado que o Wi-Fi. A "Rede de Máquinas" da Ingenu cobre mais de um terço da população dos EUA em 35 grandes cidades, incluindo San Diego e Dallas. A empresa francesa Sigfox começou a construir uma rede de

dados sem fio Ultra Narrowband na área da baía de São Francisco em 2014,o primeiro negócio a conseguir essa implantação nos EUA. Posteriormente, anunciou que instalaria um total de 4000 estações-base para cobrir um total de 30 cidades nos EUA até o final de 2016, tornando-o o maior provedor de cobertura de rede IoT do país. país até agora. A Cisco também participa de projetos de cidades inteligentes. A Cisco começou a implantar tecnologias para Smart Wi-Fi, Smart Safety & Segurança, iluminação inteligente, estacionamento inteligente, transportes inteligentes, paradas de ônibus inteligentes, quiosques inteligentes, especialista remoto para serviços governamentais (REGS) e educação inteligente na área de cinco quilômetros da cidade de Vijaywada.A Cisco começou a implantar tecnologias para Smart Wi-Fi, Smart Safety & Segurança, iluminação inteligente, estacionamento inteligente, transportes inteligentes, paradas de ônibus inteligentes, quiosques inteligentes, especialista remoto para serviços governamentais (REGS) e educação inteligente na área de cinco quilômetros da cidade de Vijaywada.A Cisco começou a implantar tecnologias para Smart Wi-Fi, Smart Safety & Segurança, iluminação inteligente, estacionamento inteligente, transportes inteligentes, paradas de ônibus inteligentes, quiosques inteligentes, especialista remoto para serviços governamentais (REGS) e educação inteligente na área de cinco quilômetros da cidade de Vijaywada.

Outro exemplo de uma grande implantação é a concluída pela New York Waterways na cidade de Nova York para conectar todas as embarcações da cidade e monitorá-las em tempo real 24 horas por dia, 7 dias por semana. A rede foi projetada e projetada pela Fluidmesh Networks, uma empresa com sede em Chicago que desenvolve redes sem fio para aplicativos críticos. Atualmente, a rede NYWW fornece cobertura no rio Hudson, East River e Upper New York Bay. Com a rede sem fio instalada, a NY Waterway pode assumir o controle de sua frota e passageiros de uma maneira que não era possível anteriormente. Novas aplicações podem incluir segurança, gerenciamento de energia e frota, sinalização digital, Wi-Fi público, emissão de bilhetes sem papel e outros.

Gerenciamento de energia

Um número significativo de dispositivos que consomem energia (por exemplo, comutadores, tomadas, lâmpadas, televisores etc.) já integra a conectividade à Internet, o que pode permitir que eles se comuniquem com os serviços públicos para equilibrar a geração de energia e o uso de energia e otimizar o consumo de energia como um todo. Esses dispositivos permitem o controle remoto por usuários ou o gerenciamento central via interface baseada em nuvem, além de funções como agendamento (por exemplo, ligar ou desligar remotamente sistemas de aquecimento, controlar fornos, alterar as condições de iluminação etc.). A grade inteligente é um aplicativo de IoT do lado do utilitário; Os sistemas reúnem e atuam em informações relacionadas a energia e energia para melhorar a eficiência da produção e distribuição de eletricidade. Usando dispositivos conectados à Internet da AMI (Advanced Metering Infrastructure), as concessionárias de energia elétrica não apenas coletam dados dos usuários finais mas também gerencia dispositivos de automação de distribuição como transformadores.

Monitoramento ambiental

As aplicações de monitoramento ambiental da IoT geralmente usam sensores para auxiliar na proteção ambiental, monitorando a qualidade do ar ou da água, as condições atmosféricas ou do solo e podem até incluir áreas como o monitoramento dos movimentos da vida selvagem e de seus habitats. O desenvolvimento de dispositivos com recursos limitados conectados à Internet também significa que outros aplicativos, como sistemas de alerta precoce para terremotos ou tsunamis, também podem ser usados pelos serviços de emergência para fornecer ajuda mais eficaz. Os dispositivos de IoT neste aplicativo geralmente abrangem uma grande área geográfica e também podem ser móveis. Argumentou-se que a padronização que a IoT traz para o sensor sem fio revolucionará essa área.

Outro exemplo de integração da IoT é o Living Lab, que integra e combina o processo de pesquisa e inovação, estabelecendo uma parceria público-privada-pessoas. Atualmente, existem 320 Living Labs que usam a IoT para colaborar e compartilhar conhecimento entre as partes interessadas para co-criar produtos inovadores e tecnológicos. Para que as empresas implementem e desenvolvam serviços de IoT para cidades inteligentes, elas precisam ter incentivos. Os governos desempenham papéis-chave em projetos de cidades inteligentes, pois as mudanças nas políticas ajudarão as cidades a implementar a IoT, que fornece eficácia, eficiência e precisão dos recursos que estão sendo usados. Por exemplo, o governo fornece incentivos fiscais e aluguel barato, melhora o transporte público e oferece um ambiente em que empresas iniciantes, indústrias criativas e multinacionais podem co-criar, compartilhar infraestrutura e mercados de trabalho comuns e aproveitar as tecnologias localmente incorporadas, o processo de produção e os custos de transação. O relacionamento entre os desenvolvedores de tecnologia e os governos que gerenciam os ativos da cidade é fundamental para fornecer acesso aberto aos recursos de maneira eficiente.

Aplicações militares

A Internet das Coisas Militares (IoMT) é a aplicação de tecnologias da IoT no domínio militar para fins de reconhecimento, vigilância e outros objetivos relacionados ao combate. É fortemente influenciado pelas perspectivas futuras de guerra em um ambiente urbano e envolve o uso de sensores, munições, veículos, robôs, biometria vestível por humanos e outras tecnologias inteligentes relevantes no campo de batalha.

Internet das coisas do campo de batalha

A Internet das Coisas do Campo de Batalha (IoBT) é um projeto iniciado e executado pelo Laboratório de Pesquisa do Exército dos EUA (ARL), que se concentra na ciência básica relacionada à IoT que aprimora as capacidades dos soldados do Exército. Em 2017, a ARL lançou a Internet da Aliança de Pesquisa

Colaborativa Battlefield Things (IoBT-CRA), estabelecendo uma colaboração entre pesquisadores da indústria, universidade e do Exército para avançar os fundamentos teóricos das tecnologias da IoT e suas aplicações nas operações do Exército.

Oceano das Coisas

O projeto Ocean of Things é um programa liderado pela DARPA, criado para estabelecer uma Internet das Coisas em grandes áreas oceânicas com o objetivo de coletar, monitorar e analisar dados ambientais e de atividade de embarcações. O projeto envolve a implantação de cerca de 50.000 carros alegóricos que abrigam um conjunto de sensores passivos que detectam e rastreiam autonomamente embarcações militares e comerciais como parte de uma rede baseada em nuvem.

Tendências e características

A principal tendência significativa da IoT nos últimos anos é o crescimento explosivo de dispositivos conectados e controlados pela Internet. A ampla variedade de aplicativos para a tecnologia IoT significa que os detalhes podem ser muito diferentes de um dispositivo para o outro, mas existem características básicas compartilhadas pela maioria.

A IoT cria oportunidades para uma integração mais direta do mundo físico em sistemas baseados em computador, resultando em melhorias de eficiência, benefícios econômicos e esforços humanos reduzidos.

O número de dispositivos de IoT aumentou 31% ano a ano para 8,4 bilhões no

ano de 2017 e estima-se que haverá 30 bilhões de dispositivos até 2020. O valor global de mercado da IoT deverá atingir US \$ 7,1 trilhões em 2020.

Inteligência

A inteligência ambiental e o controle autônomo não fazem parte do conceito original da Internet das coisas. A inteligência ambiental e o controle autônomo também não exigem necessariamente estruturas da Internet. No entanto, há uma mudança na pesquisa (por empresas como a Intel) para integrar os conceitos de IoT e controle autônomo, com resultados iniciais nessa direção, considerando os objetos como a força motriz da IoT autônoma. Uma abordagem promissora nesse contexto é o aprendizado profundo por reforço, onde a maioria dos sistemas de IoT fornece um ambiente dinâmico e interativo. O treinamento de um agente (ou seja, dispositivo IoT) para se comportar de maneira inteligente em um ambiente assim não pode ser tratado por algoritmos convencionais de aprendizado de máquina, como o aprendizado supervisionado. Pela abordagem de aprendizado por reforço, um agente de aprendizado pode detectar o estado do ambiente (por exemplo, sensor de temperatura da casa), execute ações (por exemplo, ative ou desative o HVAC) e aprenda com as recompensas maximizadas acumuladas que recebe a longo prazo.

A inteligência de IoT pode ser oferecida em três níveis: dispositivos de IoT, nós Edge / Fog e computação em nuvem. A necessidade de controle e decisão inteligentes em cada nível depende da sensibilidade do tempo do aplicativo IoT. Por exemplo, a câmera de um veículo autônomo precisa fazer a detecção de obstáculos em tempo real para evitar um acidente. Essa tomada de decisão rápida não seria possível através da transferência de dados do veículo para instâncias da nuvem e retornaria as previsões ao veículo. Em vez disso, toda a operação deve ser realizada localmente no veículo. A integração de algoritmos avançados de aprendizado de máquina, incluindo aprendizado profundo em dispositivos IoT, é uma área de pesquisa ativa para tornar objetos inteligentes mais próximos da realidade. Além disso, é possível obter o máximo valor das implantações de IoT, analisando os dados da IoT, extraindo informações

ocultas, e prever decisões de controle. Uma grande variedade de técnicas de aprendizado de máquina tem sido usada no domínio da IoT, desde métodos tradicionais como regressão, máquina de vetores de suporte e floresta aleatória até avançados, como redes neurais convolucionais, LSTM e auto-codificador variacional.

No futuro, a Internet das Coisas pode ser uma rede não determinística e aberta, na qual entidades auto-organizadas ou inteligentes (serviços da Web, componentes SOA) e objetos virtuais (avatars) serão interoperáveis e capazes de agir de forma independente (perseguindo seus próprios interesses). objetivos ou compartilhados), dependendo do contexto, circunstâncias ou ambientes. O comportamento autônomo através da coleta e raciocínio das informações de contexto, bem como a capacidade do objeto de detectar mudanças no ambiente (falhas que afetam os sensores) e introduzir medidas de mitigação adequadas, constituem uma importante tendência de pesquisa, claramente necessária para fornecer credibilidade à tecnologia IoT. Os produtos e soluções modernas de IoT no mercado usam uma variedade de tecnologias diferentes para oferecer suporte a essa automação sensível ao contexto, mas formas mais sofisticadas de inteligência são solicitadas para permitir que unidades sensoras e sistemas ciber-físicos inteligentes sejam implantados em ambientes reais.

Arquitetura

A arquitetura do sistema de IoT, em sua visão simplista, consiste em três camadas: Camada 1: Dispositivos, Camada 2: o Gateway de Borda e Camada 3: a Nuvem. Os dispositivos incluem itens em rede, como sensores e atuadores encontrados em equipamentos IIoT, particularmente aqueles que usam protocolos como Modbus, Zigbee ou protocolos proprietários, para se conectar a um Gateway de Borda. O Edge Gateway consiste em sistemas de agregação de dados de sensores chamados Edge Gateways que fornecem funcionalidade, como pré-processamento dos dados, segurança da conectividade com a nuvem, uso de sistemas como WebSockets, hub de eventos e, em alguns casos, análise de borda ou computação em nevoeiro. A camada final inclui o aplicativo de

nuvem criado para IIoT usando a arquitetura de microsserviços, que geralmente são políglotas e de natureza inerentemente segura usando HTTPS / OAuth. Inclui vários sistemas de banco de dados que armazenam dados do sensor, como bancos de dados de séries temporais ou armazenamentos de ativos usando sistemas de armazenamento de dados de back-end (por exemplo, Cassandra, Postgres). A camada de nuvem na maioria dos sistemas de IoT baseados em nuvem apresenta um sistema de mensagens e fila de eventos que gerencia a comunicação que ocorre em todas as camadas. Alguns especialistas classificaram as três camadas no sistema IIoT como borda, plataforma e empresa e elas são conectadas por rede de proximidade, rede de acesso e rede de serviço, respectivamente. e enterprise e estes são conectados por rede de proximidade, rede de acesso e rede de serviço, respectivamente. e enterprise e estes são conectados por rede de proximidade, rede de acesso e rede de serviço, respectivamente.

Com base na Internet das coisas, a Web das Coisas é uma arquitetura para a camada de aplicativos da Internet, olhando para a convergência de dados de dispositivos IoT em aplicativos da Web para criar casos de uso inovadores. Para programar e controlar o fluxo de informações na Internet das coisas, uma direção arquitetônica prevista está sendo chamada de BPM Everywhere, que é uma mistura do gerenciamento de processos tradicional com mineração de processos e recursos especiais para automatizar o controle de um grande número de dispositivos coordenados.

Arquitetura de rede

A Internet das coisas requer enorme escalabilidade no espaço de rede para lidar com o aumento de dispositivos. O IETF 6LoWPAN seria usado para conectar dispositivos a redes IP. Com bilhões de dispositivos sendo adicionados ao espaço da Internet, o IPv6 terá um papel importante no tratamento da escalabilidade da camada de rede. O Protocolo de Aplicação Restrita da IETF, ZeroMQ e MQTT forneceriam transporte de dados leve.

A computação em nevoeiro é uma alternativa viável para impedir o fluxo de dados tão grande pela Internet. O poder computacional dos dispositivos de borda para analisar e processar dados é extremamente limitado. O poder de processamento limitado é um atributo-chave dos dispositivos de IoT, pois seu objetivo é fornecer dados sobre objetos físicos enquanto permanece autônomo. Os requisitos de processamento pesado usam mais energia da bateria, prejudicando a capacidade de operação da IoT. A escalabilidade é fácil porque os dispositivos IoT simplesmente fornecem dados pela Internet a um servidor com poder de processamento suficiente.

Complexidade

Em loops semi-abertos ou fechados (ou seja, cadeias de valor, sempre que uma finalidade global puder ser estabelecida), a IoT será frequentemente considerada e estudada como um sistema complexo devido ao grande número de vínculos diferentes, interações entre atores autônomos e sua capacidade de integrar novos atores. No estágio geral (loop aberto completo), provavelmente será visto como um ambiente caótico (já que os sistemas sempre têm finalidade). Como uma abordagem prática, nem todos os elementos na Internet das coisas são executados em um espaço público global. Os subsistemas são frequentemente implementados para mitigar os riscos de privacidade, controle e confiabilidade. Por exemplo, a robótica doméstica (domótica) em execução em uma casa inteligente pode compartilhar apenas dados e estar disponível em uma rede local. Gerenciando e controlando uma rede de coisas / dispositivos de IoT de alta dinâmica e ad hoc é uma tarefa difícil com a arquitetura de redes tradicional, o SDN (Software Defined Networking) fornece a solução dinâmica e ágil que pode lidar com os requisitos especiais da diversidade de aplicativos inovadores de IoT.

Considerações de tamanho

A Internet das coisas codificaria de 50 a 100 trilhões de objetos e seria capaz de

acompanhar o movimento desses objetos. Os seres humanos em ambientes urbanos pesquisados são cercados por 1000 a 5000 objetos rastreáveis. Em 2015, já havia 83 milhões de dispositivos inteligentes nas casas das pessoas. Esse número deve crescer para 193 milhões de dispositivos até 2020.

O número de dispositivos com capacidade on-line cresceu 31% de 2016 a 2017, atingindo 8,4 bilhões.

Considerações sobre espaço

Na Internet das coisas, a localização geográfica precisa de uma coisa - e também as dimensões geográficas precisas de uma coisa - serão críticas. Portanto, fatos sobre uma coisa, como sua localização no tempo e no espaço, têm sido menos críticos para rastrear, porque a pessoa que processa as informações pode decidir se essas informações são importantes ou não para a ação que está sendo executada e, em caso afirmativo, adicionar os dados ausentes. informações (ou decida não tomar a ação). (Observe que algumas coisas na Internet são sensores e a localização dos sensores geralmente é importante.) O GeoWeb e o Digital Earth são aplicativos promissores que se tornam possíveis quando as coisas podem ser organizadas e conectadas por local. No entanto, os desafios que permanecem incluem as restrições de escalas espaciais variáveis, a necessidade de lidar com grandes quantidades de dados, e uma indexação para pesquisa rápida e operações vizinhas. Na Internet das coisas, se as coisas puderem tomar ações por iniciativa própria, essa função de mediação centrada no ser humano será eliminada. Assim, o contexto de tempo-espaço que nós, como seres humanos consideramos certo, deve receber um papel central nesse ecossistema de informações. Assim como os padrões desempenham um papel fundamental na Internet e na Web, os padrões geoespaciais desempenharão um papel fundamental na Internet das coisas. os padrões geoespaciais desempenharão um papel fundamental na Internet das coisas. os padrões geoespaciais desempenharão um papel fundamental na Internet das coisas.

Uma solução para "cesta de controles remotos"

Muitos dispositivos de IoT têm potencial para ocupar parte desse mercado. Jean-Louis Gassée (equipe inicial de ex-alunos da Apple e co-fundador do BeOS) abordou esse tópico em um artigo na Monday Note, onde ele prevê que o problema mais provável será o que ele chama de problema da "cesta de controles remotos", onde terá centenas de aplicativos para interagir com centenas de dispositivos que não compartilham protocolos para falar um com o outro. Para melhorar a interação do usuário, alguns líderes de tecnologia estão unindo forças para criar padrões de comunicação entre dispositivos para resolver esse problema. Outros estão se voltando para o conceito de interação preditiva de dispositivos ", em que os dados coletados são usados para prever e acionar ações em dispositivos específicos" enquanto os fazem trabalhar juntos.

Ativando Tecnologias para IoT

Existem muitas tecnologias que permitem a IoT. Crucial para o campo é a rede usada para a comunicação entre dispositivos de uma instalação de IoT, uma função que várias tecnologias sem fio ou com fio podem cumprir:

Endereçabilidade

A idéia original do Auto-ID Center é baseada em etiquetas RFID e identificação distinta através do Código Eletrônico do Produto. Isso evoluiu para objetos com um endereço IP ou URI. Uma visão alternativa, do mundo da Web Semântica, concentra-se em tornar todas as coisas (não apenas aquelas eletrônicas, inteligentes ou habilitadas para RFID) endereçáveis pelos protocolos de nomes existentes, como o URI. Os objetos em si não conversam, mas agora podem ser referidos por outros agentes, como poderosos servidores centralizados agindo por seus proprietários humanos. A integração com a Internet implica que os

dispositivos usarão um endereço IP como um identificador distinto. Devido ao espaço de endereço limitado do IPv4 (que permite 4,3 bilhões de endereços diferentes), Os objetos na IoT precisarão usar a próxima geração do protocolo da Internet (IPv6) para escalar para o espaço de endereço extremamente grande necessário. reduz a sobrecarga de configuração nos hosts e a compactação do cabeçalho IETF 6LoWPAN. Em grande medida, o futuro da Internet das coisas não será possível sem o apoio do IPv6; e, conseqüentemente, a adoção global do IPv6 nos próximos anos será fundamental para o desenvolvimento bem-sucedido da IoT no futuro.o futuro da Internet das coisas não será possível sem o apoio do IPv6; e, conseqüentemente, a adoção global do IPv6 nos próximos anos será fundamental para o desenvolvimento bem-sucedido da IoT no futuro.o futuro da Internet das coisas não será possível sem o apoio do IPv6; e, conseqüentemente, a adoção global do IPv6 nos próximos anos será fundamental para o desenvolvimento bem-sucedido da IoT no futuro.

Wireless de curto alcance

Rede em malha Bluetooth - Especificação que fornece uma variante de rede em malha para Bluetooth de baixa energia (BLE) com maior número de nós e camada de aplicativo padronizada (modelos).

Fidelidade à luz (Li-Fi) - Tecnologia de comunicação sem fio semelhante ao padrão Wi-Fi, mas usando comunicação de luz visível para aumentar a largura de banda.

Comunicação de campo próximo (NFC) - Protocolos de comunicação que permitem que dois dispositivos eletrônicos se comuniquem dentro de um intervalo de 4 cm.

Identificação por radiofrequência (RFID) - Tecnologia que utiliza campos eletromagnéticos para ler dados armazenados em tags incorporadas em outros itens.

Wi-Fi - tecnologia para rede local baseada no padrão IEEE 802.11, em que os dispositivos podem se comunicar através de um ponto de acesso compartilhado ou diretamente entre dispositivos individuais.

ZigBee - Protocolos de comunicação para redes de área pessoal com base no padrão IEEE 802.15.4, proporcionando baixo consumo de energia, baixa taxa de dados, baixo custo e alto rendimento.

Z-Wave - Protocolo de comunicação sem fio usado principalmente para aplicativos de automação residencial e segurança

Wireless de médio alcance

LTE-Advanced - especificação de comunicação de alta velocidade para redes móveis. Fornece aprimoramentos ao padrão LTE com cobertura estendida, maior rendimento e menor latência.

Wireless de longo alcance

Rede de área ampla de baixa potência (LPWAN) - Redes sem fio projetadas para permitir comunicação de longo alcance a uma baixa taxa de dados, reduzindo a energia e os custos de transmissão. Tecnologias e protocolos LPWAN disponíveis: LoRaWan, Sigfox, NB-IoT, Weightless, RPMA.

Terminal de abertura muito pequena (VSAT) - Tecnologia de comunicação via satélite usando pequenas antenas parabólicas para dados de banda estreita e banda larga.

Com fio

Ethernet - Padrão de rede de uso geral usando par trançado e links de fibra óptica em conjunto com hubs ou switches.

Comunicação por linha de energia (PLC) - Tecnologia de comunicação usando fiação elétrica para transportar energia e dados. Especificações como HomePlug ou G.hn utilizam o PLC para dispositivos de IoT em rede.

Política e engajamento cívico

Alguns estudiosos e ativistas argumentam que a IoT pode ser usada para criar novos modelos de envolvimento cívico se as redes de dispositivos puderem ser abertas ao controle do usuário e a plataformas interoperáveis. Philip N. Howard, professor e autor, escreve que a vida política nas democracias e nos regimes autoritários será moldada pela maneira como a IoT será usada para o engajamento cívico. Para que isso aconteça, ele argumenta que qualquer dispositivo conectado deve poder divulgar uma lista dos "beneficiários finais" dos dados de seus sensores e que cidadãos individuais devem poder adicionar novas organizações à lista de beneficiários. Além disso, ele argumenta que os grupos da sociedade civil precisam começar a desenvolver sua estratégia de IoT para usar dados e se envolver com o público.

Regulamentação governamental sobre IoT

Um dos principais fatores da IoT são os dados. O sucesso da idéia de conectar dispositivos para torná-los mais eficientes depende do acesso e armazenamento & processamento de dados. Para esse fim, as empresas que trabalham na IoT coletam dados de várias fontes e os armazenam em sua rede na nuvem para processamento adicional. Isso deixa a porta aberta para perigos de privacidade e segurança e vulnerabilidade de ponto único de vários sistemas. Os outros problemas dizem respeito à escolha do consumidor e propriedade dos dados e como eles são usados. Embora ainda na infância, os regulamentos e a governança em relação a esses problemas de privacidade, segurança e propriedade de dados continuam em desenvolvimento. A regulamentação da IoT depende do país. Alguns exemplos de legislação relevante para a privacidade e a

coleta de dados são: a Lei de Privacidade dos EUA de 1974, Diretrizes da OCDE sobre a proteção da privacidade e fluxos transfronteiriços de dados pessoais de 1980 e a Diretiva da UE 95/46 / EC de 1995.

Ambiente regulatório atual:

Um relatório publicado pela Federal Trade Commission (FTC) em janeiro de 2015 fez as três recomendações a seguir:

Segurança de dados - No momento da criação da IoT, as empresas devem garantir que a coleta, armazenamento e processamento de dados estejam seguros o tempo todo. As empresas devem adotar uma abordagem de "defesa em profundidade" e criptografar dados em cada estágio.

Consentimento de dados - os usuários devem escolher quais dados eles compartilham com as empresas de IoT e devem ser informados se seus dados forem expostos.

Minimização de dados - as empresas de IoT devem coletar apenas os dados de que precisam e reter as informações coletadas apenas por um tempo limitado.

No entanto, o FTC parou apenas fazendo recomendações por enquanto. De acordo com uma análise da FTC, a estrutura existente, que consiste na Lei da FTC, na Lei de Relatório de Crédito Justo e na Lei de Proteção à Privacidade Online da Criança, juntamente com o desenvolvimento de educação para o consumidor e orientação comercial, participação em esforços com várias partes interessadas e advocacia a outras agências nos níveis federal, estadual e local, é suficiente para proteger os direitos do consumidor.

Uma resolução aprovada pelo Senado em março de 2015 já está sendo

considerada pelo Congresso. Esta resolução reconheceu a necessidade de formular uma Política Nacional sobre IoT e a questão da privacidade, segurança e espectro. Além disso, para impulsionar o ecossistema da Internet das Coisas, em março de 2016, um grupo bipartidário de quatro senadores propôs um projeto de lei, a Lei de Desenvolvimento da Inovação e Crescimento da Internet das Coisas (DIGIT), para orientar a Comissão Federal de Comunicações para avaliar a necessidade de mais espectro para conectar dispositivos IoT.

Aprovado em 28 de setembro de 2018, o Projeto de Lei do Senado nº 327 entra em vigor em 1º de janeiro de 2020. O projeto de lei exige que "um fabricante de um dispositivo conectado, conforme esses termos sejam definidos, para equipar o dispositivo com um recurso ou recursos de segurança razoáveis que sejam apropriados. à natureza e função do dispositivo, apropriadas às informações que ele pode coletar, conter ou transmitir e projetadas para proteger o dispositivo e qualquer informação nele contida contra acesso, destruição, uso, modificação ou divulgação não autorizada ",

Vários padrões para o setor de IoT estão realmente sendo estabelecidos em relação aos automóveis, porque a maioria das preocupações decorrentes do uso de carros conectados também se aplica a dispositivos de assistência médica. De fato, a National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) está preparando diretrizes de segurança cibernética e um banco de dados de boas práticas para tornar os sistemas de computadores automotivos mais seguros.

Um relatório recente do Banco Mundial examina os desafios e oportunidades na adoção de IoT pelo governo. Esses incluem -

Ainda nos primeiros dias da IoT no governo

Políticas e quadros regulatórios subdesenvolvidos

Modelos de negócios pouco claros, apesar da forte proposta de valor

Lacuna institucional e de capacidade clara no governo E no setor privado

Avaliação e gerenciamento de dados inconsistentes

Infraestrutura uma grande barreira

Governo como facilitador

Os pilotos mais bem-sucedidos compartilham características comuns (parceria público-privada, local, liderança)

Críticas, problemas e controvérsias

Fragmentação de plataforma

A IoT sofre com a fragmentação da plataforma e a falta de padrões técnicos; uma situação em que a variedade de dispositivos da IoT, em termos de variações de hardware e diferenças no software em execução, dificulta a tarefa de desenvolver aplicativos que funcionem consistentemente entre diferentes ecossistemas de tecnologia inconsistentes.. Por exemplo, a conectividade sem fio para dispositivos IoT pode ser feita usando Bluetooth, Zigbee, Z-Wave, LoRa, NB-IoT, Cat M1, bem como rádios proprietários totalmente personalizados - cada um com suas próprias vantagens e desvantagens; e ecossistema de suporte exclusivo.

A natureza da computação amorfa da IoT também é um problema de segurança, uma vez que os patches de bugs encontrados no sistema operacional principal geralmente não alcançam os usuários de dispositivos mais antigos e com preços mais baixos. Um conjunto de pesquisadores diz que a falha dos fornecedores em oferecer suporte a dispositivos mais antigos com patches e atualizações deixa mais de 87% dos dispositivos Android ativos vulneráveis.

Privacidade, autonomia e controle

Philip N. Howard, professor e autor, escreve que a Internet das coisas oferece imenso potencial para capacitar os cidadãos, tornar o governo transparente e ampliar o acesso às informações. Howard adverte, no entanto, que as ameaças à privacidade são enormes, assim como o potencial para controle social e manipulação política.

Preocupações com a privacidade levaram muitos a considerar a possibilidade de que as infraestruturas de big data, como a Internet das coisas e a mineração de dados, sejam inerentemente incompatíveis com a privacidade. Os principais desafios do aumento da digitalização no setor de água, transporte ou energia estão relacionados à privacidade e segurança cibernética, que exigem uma resposta adequada de pesquisadores e formuladores de políticas.

O escritor Adam Greenfield afirma que as tecnologias da IoT não são apenas uma invasão do espaço público, mas também estão sendo usadas para perpetuar o comportamento normativo, citando uma instância de outdoors com câmeras ocultas que rastreavam a demografia dos transeuntes que pararam para ler o anúncio.

O Conselho da Internet das Coisas comparou o aumento da prevalência da vigilância digital devido à Internet das coisas ao panóptico conceitual descrito por Jeremy Bentham no século XVIII. A afirmação foi defendida pelas obras dos filósofos franceses Michel Foucault e Gilles Deleuze. Em *Disciplina e Punição: O Nascimento da Prisão* Foucault afirma que o panóptico era um elemento central da disciplina que a sociedade desenvolveu durante a Era Industrial. Foucault também argumentou que os sistemas disciplinares estabelecidos nas fábricas e escolas refletiam a visão de panopticismo de Bentham. Em seu artigo de 1992, "Postscripts sobre as sociedades de controle", Deleuze escreveu que a sociedade disciplinar havia transitado para uma sociedade de controle, com o computador substituindo o panóptico como um instrumento de disciplina e

controle, mantendo as qualidades semelhantes às do panopticismo.

Peter-Paul Verbeek, professor de filosofia da tecnologia na Universidade de Twente, na Holanda, escreve que a tecnologia já influencia nossa tomada de decisão moral, que por sua vez afeta a agência humana, a privacidade e a autonomia. Ele adverte contra a visão da tecnologia apenas como uma ferramenta humana e, em vez disso, recomenda que ela seja considerada um agente ativo.

Justin Brookman, do Center for Democracy and Technology, expressou preocupação com o impacto da IoT na privacidade do consumidor, dizendo que "existem algumas pessoas no espaço comercial que dizem: 'Oh, big data - bem, vamos coletar tudo, manter para sempre, pagaremos para alguém pensar em segurança mais tarde. A questão é se queremos ter algum tipo de estrutura de políticas para limitar isso'".

Tim O'Reilly acredita que a maneira como as empresas vendem os dispositivos da IoT para os consumidores é equivocada, contestando a noção de que a IoT é sobre como ganhar eficiência ao colocar todos os tipos de dispositivos online e postular que a "IoT é realmente uma melhoria humana. Os aplicativos são profundamente diferente quando você tem sensores e dados que orientam a tomada de decisão".

Os editoriais da WIRED também expressaram preocupação, um afirmando: "O que você está prestes a perder é a sua privacidade. Na verdade, é pior do que isso. Você não está apenas perdendo a sua privacidade, mas também assistindo o conceito de privacidade seja reescrito sob o seu nariz".

A União Americana das Liberdades Cíveis (ACLU) expressou preocupação com a capacidade da IoT de corroer o controle das pessoas sobre suas próprias vidas. A

ACLU escreveu que "simplesmente não há como prever como esses imensos poderes - que se acumulam desproporcionalmente nas mãos de empresas que buscam vantagens financeiras e governos que desejam um controle cada vez maior - serão usados. As chances são de big data e a Internet das coisas dificultará ainda mais, para controlarmos nossas próprias vidas, à medida que nos tornamos cada vez mais transparentes para empresas poderosas e instituições governamentais que estão se tornando mais opacas para nós ".

Em resposta às preocupações crescentes sobre privacidade e tecnologia inteligente, em 2007 o governo britânico declarou que seguiria os princípios formais de Privacidade pela Design ao implementar seu programa de medição inteligente. O programa levaria à substituição de medidores de energia tradicionais por medidores de energia inteligentes, que poderiam rastrear e gerenciar o uso de energia com mais precisão. No entanto, a Sociedade Britânica de Computação duvida que esses princípios tenham sido realmente implementados. Em 2009, o Parlamento holandês rejeitou um programa similar de medição inteligente, baseando sua decisão em questões de privacidade. O programa holandês posteriormente revisado e aprovado em 2011.

Armazenamento de dados

Um desafio para os produtores de aplicativos de IoT é limpar, processar e interpretar a grande quantidade de dados coletados pelos sensores. Existe uma solução proposta para a análise das informações referidas como Redes de sensores sem fio. Essas redes compartilham dados entre os nós dos sensores que são enviados para um sistema distribuído para a análise dos dados sensoriais.

Outro desafio é o armazenamento desses dados em massa. Dependendo do aplicativo, pode haver altos requisitos de aquisição de dados, o que, por sua vez, leva a altos requisitos de armazenamento. Atualmente, a Internet já é responsável por 5% da energia total gerada e ainda existe um "desafio assustador para alimentar" os dispositivos IoT para coletar e até armazenar dados.

Segurança

A segurança é a maior preocupação na adoção da tecnologia Internet das Coisas, com a preocupação de que o desenvolvimento rápido esteja ocorrendo sem a devida consideração dos profundos desafios de segurança envolvidos e das mudanças regulatórias que possam ser necessárias.

A maioria das preocupações técnicas de segurança é semelhante à dos servidores convencionais, estações de trabalho e smartphones, e inclui autenticação fraca, esquecendo de alterar credenciais padrão, mensagens não criptografadas enviadas entre dispositivos, injeções de SQL e manipulação inadequada de atualizações de segurança. No entanto, muitos dispositivos de IoT têm severas limitações operacionais na potência computacional disponível para eles. Essas restrições geralmente os tornam incapazes de usar diretamente medidas básicas de segurança, como implementar firewalls ou usar sistemas de criptografia fortes para criptografar suas comunicações com outros dispositivos - e o baixo preço e foco no consumidor de muitos dispositivos tornam incomum um sistema robusto de aplicação de patches de segurança.

Os dispositivos da Internet das coisas também têm acesso a novas áreas de dados e geralmente podem controlar dispositivos físicos, de modo que, até 2014, era possível dizer que muitos dispositivos conectados à Internet já podiam "espionar pessoas em suas próprias casas", incluindo televisões, utensílios de cozinha, câmeras e termostatos. Demonstrou-se que dispositivos controlados por computador em automóveis, como freios, motores, travas, escapamentos de capô e porta-malas, buzina, calor e painel, são vulneráveis a atacantes que têm acesso à rede de bordo. Em alguns casos, os sistemas de computadores veiculares estão conectados à Internet, permitindo que sejam explorados remotamente. Em 2008, os pesquisadores de segurança haviam demonstrado a capacidade de controlar remotamente marcapassos sem autoridade. Os hackers posteriores demonstraram o controle remoto de bombas de insulina e desfibriladores cardioversores implantáveis.

Os dispositivos IoT acessíveis à Internet com segurança insuficiente também podem ser subvertidos para atacar outras pessoas. Em 2016, um ataque distribuído de negação de serviço alimentado pela Internet de dispositivos que executam o malware Mirai derrubou um provedor de DNS e os principais sites. O Mirai Botnet havia infectado aproximadamente 65.000 dispositivos IoT nas primeiras 20 horas. Eventualmente, as infecções aumentaram para cerca de 200.000 a 300.000 infecções. Brasil, Colômbia e Vietnã compuseram 41,5% das infecções. O Mirai Botnet destacou dispositivos IoT específicos que consistiam em DVRs, câmeras IP, roteadores e impressoras. Os principais fornecedores que continham os dispositivos mais infectados foram identificados como Dahua, Huawei, ZTE, Cisco, ZyXEL e MikroTik. Em maio de 2017, Junade Ali, um cientista da computação da Cloudflare observou que existem vulnerabilidades DDoS nativas em dispositivos de IoT devido a uma má implementação do padrão de publicação e assinatura. Esses tipos de ataques fizeram com que os especialistas em segurança vissem a IoT como uma ameaça real aos serviços da Internet.

O Conselho Nacional de Inteligência dos EUA, em um relatório não classificado, afirma que seria difícil negar "o acesso a redes de sensores e objetos controlados remotamente por inimigos dos Estados Unidos, criminosos e criadores de travessuras... Um mercado aberto para dados agregados de sensores poderia servir aos interesses do comércio e da segurança, além de ajudar criminosos e espões a identificar alvos vulneráveis. Assim, a fusão maciça de sensores paralelos pode minar a coesão social, se provar ser fundamentalmente incompatível com as garantias da Quarta Emenda contra pesquisas irracionais ". Em geral, a comunidade de inteligência vê a Internet das coisas como uma rica fonte de dados.

Em 31 de janeiro de 2019, o Washington Post escreveu um artigo sobre os desafios éticos e de segurança que podem ocorrer com campanhas e câmeras da IoT: "No mês passado, Ring foi pego permitindo que sua equipe na Ucrânia visse e anotasse determinados vídeos de usuários; a empresa diz que Apenas na semana passada, a câmera Nest da família da Califórnia permitiu que um hacker

assumissem e transmitissem avisos de áudio falsos sobre um ataque de míssil, para não mencionar os colegas quando usaram uma senha fraca "

Houve uma série de respostas a preocupações sobre segurança. A Internet of Things Security Foundation (IoTSF) foi lançada em 23 de setembro de 2015 com a missão de proteger a Internet das coisas, promovendo conhecimento e melhores práticas. Seu conselho fundador é formado por provedores de tecnologia e empresas de telecomunicações. Além disso, grandes empresas de TI estão desenvolvendo continuamente soluções inovadoras para garantir a segurança dos dispositivos IoT. Em 2017, a Mozilla lançou o Project Things, que permite rotear dispositivos de IoT através de um gateway seguro do Web of Things. De acordo com as estimativas da KBV Research, o mercado geral de segurança da IoT aumentaria a uma taxa de 27,9% entre 2016 e 2022, como resultado de preocupações crescentes de infraestrutura e uso diversificado da Internet das coisas.

Alguns consideram que a regulamentação governamental é necessária para proteger dispositivos IoT e para a Internet em geral - pois os incentivos do mercado para proteger dispositivos IoT são insuficientes.

Segurança

Os sistemas IoT são geralmente controlados por aplicativos inteligentes orientados a eventos que recebem como entrada dados detectados, entradas do usuário ou outros gatilhos externos (da Internet) e comandam um ou mais atuadores para fornecer diferentes formas de automação. Exemplos de sensores incluem detectores de fumaça, sensores de movimento e sensores de contato. Exemplos de atuadores incluem travas inteligentes, tomadas inteligentes e controles de porta. As plataformas de controle populares nas quais desenvolvedores de terceiros podem criar aplicativos inteligentes que interagem sem fio com esses sensores e atuadores incluem o SmartThings da Samsung, o HomeKit da Apple e o Alexa da Amazon, entre outros.

Um problema específico dos sistemas de IoT é que aplicativos com bugs, interações ruins imprevistas ou falhas de comunicação / dispositivo podem causar estados físicos inseguros e perigosos, por exemplo, "destranque a porta de entrada quando ninguém estiver em casa" ou "desligue o aquecedor quando a temperatura estiver abaixo de 0 graus Celsius e as pessoas estiverem dormindo à noite ". A detecção de falhas que levam a esses estados exige uma visão holística dos aplicativos instalados, dispositivos componentes, suas configurações e, mais importante, como eles interagem. Recentemente, pesquisadores da Universidade da Califórnia em Riverside propuseram o IotSan, um novo sistema prático que usa a verificação de modelos como um componente básico para revelar falhas no "nível de interação", identificando eventos que podem levar o sistema a estados inseguros. Eles avaliaram o IotSan na plataforma Samsung SmartThings. De 76 sistemas configurados manualmente, o IotSan detecta 147 vulnerabilidades (ou seja, violações de estados / propriedades físicas seguras).

Projeto

Dado o amplo reconhecimento da natureza evolutiva do design e gerenciamento da Internet das coisas, a implantação sustentável e segura de soluções de IoT deve ser projetada para "escalabilidade anárquica". A aplicação do conceito de escalabilidade anárquica pode ser estendida a sistemas físicos (ou seja, objetos controlados do mundo real), em virtude desses sistemas serem projetados para dar conta de futuros de gerenciamento incertos. Essa forte escalabilidade anárquica fornece, portanto, um caminho a seguir para a realização total do potencial das soluções da Internet das Coisas, restringindo seletivamente os sistemas físicos para permitir todos os regimes de gerenciamento sem arriscar falhas físicas.

O cientista da computação da Universidade Brown, Michael Littman, argumentou que a execução bem-sucedida da Internet das coisas requer consideração da usabilidade da interface e da própria tecnologia. Essas interfaces precisam ser não apenas mais amigáveis ao usuário, mas também melhor

integradas: "Se os usuários precisarem aprender interfaces diferentes para seus aspiradores, fechaduras, aspersores, luzes e cafeteiras, é difícil dizer que suas vidas foram facilitado ".

Impacto na sustentabilidade ambiental

Uma preocupação com as tecnologias de Internet das Coisas refere-se aos impactos ambientais da fabricação, uso e eventual descarte de todos esses dispositivos ricos em semicondutores. Os eletrônicos modernos estão repletos de uma grande variedade de metais pesados e metais de terras raras, além de produtos químicos sintéticos altamente tóxicos. Isso os torna extremamente difíceis de reciclar adequadamente. Os componentes eletrônicos são frequentemente incinerados ou colocados em aterros sanitários regulares. Além disso, o custo humano e ambiental da mineração de metais de terras raras que são parte integrante dos modernos componentes eletrônicos continua a crescer. Isso leva a questões sociais sobre os impactos ambientais dos dispositivos de IoT ao longo de sua vida útil.

Obsolescência intencional de dispositivos

A Electronic Frontier Foundation levantou preocupações de que as empresas possam usar as tecnologias necessárias para oferecer suporte a dispositivos conectados para desativar ou "bloquear" intencionalmente os dispositivos de seus clientes por meio de uma atualização remota de software ou desabilitar um serviço necessário à operação do dispositivo. Em um exemplo, os dispositivos de automação residencial vendidos com a promessa de uma "Assinatura vitalícia" tornaram-se inúteis depois que a Nest Labs adquiriu a Revolv e tomou a decisão de desligar os servidores centrais que os dispositivos da Revolv costumavam operar. Como a Nest é uma empresa de propriedade da Alphabet (empresa controladora do Google), a EFF argumenta que isso estabelece um "terrível precedente para uma empresa com ambições de vender carros autônomos, dispositivos médicos e outros aparelhos sofisticados que podem ser essenciais

para uma empresa". subsistência ou segurança física da pessoa ".

Os proprietários devem estar livres para apontar seus dispositivos para um servidor diferente ou colaborar com o software aprimorado. Porém, essa ação viola a seção 1201 da DMCA dos Estados Unidos, que apenas possui uma isenção para "uso local". Isso força os funileiros que desejam continuar usando seu próprio equipamento em uma área cinzenta legal. A EFF acredita que os compradores devem recusar produtos eletrônicos e software que priorizem os desejos do fabricante acima dos seus.

Exemplos de manipulações pós-venda incluem Google Nest Revolv, configurações de privacidade desabilitadas no Android, Sony desabilitando o Linux no PlayStation 3, EULA imposto no Wii U.

Terminologia confusa

Kevin Lonergan, da Information Age, uma revista de tecnologia comercial, se referiu aos termos que cercam a IoT como um "zoológico de terminologia". A falta de terminologia clara não é "útil do ponto de vista prático" e "fonte de confusão para o usuário final". Uma empresa que opera no espaço da IoT pode estar trabalhando em qualquer coisa relacionada à tecnologia de sensores, redes, sistemas embarcados ou análises. Segundo Lonergan, o termo IoT foi cunhado antes dos smartphones, tablets e dispositivos como os conhecemos hoje, e existe uma longa lista de termos com diferentes graus de sobreposição e convergência tecnológica: Internet das coisas, Internet de tudo (IoE), Internet de mercadorias (cadeia de suprimentos), Internet industrial, computação difundida, detecção difundida, computação onipresente, sistemas ciber-físicos (CPS), redes de sensores sem fio (WSN), objetos inteligentes, gêmeos digitais, objetos virtuais ou avatares, objetos de cooperação, máquina a máquina (M2M), inteligência ambiental (AmI), tecnologia operacional (OT) e tecnologia da informação (TI). Em relação à IIoT, um subcampo industrial da IoT, o Grupo de Tarefas do Vocabulário do Industrial Internet Consortium criou um "vocabulário comum e

reutilizável de termos" para garantir "terminologia consistente" nas publicações publicadas pelo Industrial Internet Consortium. A IoT One criou um banco de dados de termos da IoT, incluindo um alerta de novo termo para ser notificado quando um novo termo for publicado. Em março de 2017, esse banco de dados agrega 711 termos relacionados à IoT, mantendo o material "transparente e abrangente".

Barreiras à adoção da IoT

Falta de interoperabilidade e proposições de valor pouco claras

Apesar de uma crença compartilhada no potencial da IoT, os líderes da indústria e os consumidores estão enfrentando barreiras para adotar a tecnologia da IoT mais amplamente. Mike Farley argumentou na Forbes que, embora as soluções de IoT sejam atraentes para os adotantes iniciais, elas não têm interoperabilidade ou um caso de uso claro para os usuários finais. Um estudo da Ericsson sobre a adoção da IoT entre empresas dinamarquesas sugere que muitos lutam "para identificar exatamente onde o valor da IoT está para elas".

Preocupações com privacidade e segurança

Quanto à IoT, são coletadas informações sobre a rotina de um usuário para que as "coisas" ao redor do usuário possam cooperar para fornecer melhores serviços que atendam às preferências pessoais. Quando as informações coletadas que descrevem um usuário viajam em detalhes por vários saltos em uma rede, devido a uma integração diversificada de serviços, dispositivos e rede, as informações armazenadas em um dispositivo ficam vulneráveis à violação da privacidade, comprometendo os nós existentes em uma rede IoT.

Por exemplo, em 21 de outubro de 2016, um DDoS (ataque de negação de serviço distribuído múltiplo) ataca sistemas operados pelo provedor de sistema de nomes de domínio Dyn, o que causou a inacessibilidade de vários sites, como GitHub, Twitter e outros. Esse ataque é executado através de uma botnet que consiste em um grande número de dispositivos IoT, incluindo câmeras IP, gateways e até monitores de bebês.

Fundamentalmente, existem quatro objetivos de segurança que o sistema IOT exige: (1) confidencialidade dos dados: partes não autorizadas não podem ter acesso aos dados transmitidos e armazenados. (2) integridade dos dados: a corrupção intencional e não intencional dos dados transmitidos e armazenados deve ser detectada. 3) não repúdio: o remetente não pode negar ter enviado uma determinada mensagem. (4) disponibilidade de dados: os dados transmitidos e armazenados devem estar disponíveis para as partes autorizadas, mesmo com os ataques de negação de serviço (DOS).

Estruturas tradicionais de governança

Um estudo publicado pela Ericsson sobre a adoção da Internet das coisas entre empresas dinamarquesas identificou um "choque entre a IoT e as estruturas tradicionais de governança das empresas, pois a IoT ainda apresenta incertezas e falta de precedência histórica". Entre os entrevistados, 60% afirmaram que "não acreditam ter as capacidades organizacionais e três dos quatro não acreditam ter os processos necessários para capturar a oportunidade de IoT". Isso levou a uma necessidade de entender a cultura organizacional, a fim de facilitar os processos de design organizacional e testar novas práticas de gerenciamento de inovação. A falta de liderança digital na era da transformação digital também sufocou a inovação e a adoção da IoT a um nível que muitas empresas, diante da incerteza, "estavam esperando a dinâmica do mercado", ou outras ações em relação à IoT "estava pendente de mudanças na concorrência, atração de clientes ou requisitos regulatórios". Algumas dessas empresas correm o risco de serem "enganadas" - "a Kodak era líder de mercado até que a interrupção digital eclipsou a fotografia de filme com fotos digitais" - deixando de "ver as forças disruptivas que afetam

seu setor" e "de realmente abraçar os novos modelos de negócios, a mudança disruptiva" abre. " Scott Anthony escreveu na Harvard Business Review que a Kodak "criou uma câmera digital, investiu na tecnologia e até entendeu que as fotos seriam compartilhadas on-line", mas acabou não percebendo que "o compartilhamento on-line de fotos era o novo negócio, não apenas uma maneira para expandir o negócio de impressão ".

Planejamento e modelos de negócios

De acordo com o estudo de 2018, 70% a 75% das implantações de IoT ficaram presas no estágio piloto ou protótipo, incapazes de atingir a escala devido, em parte, à falta de planejamento de negócios.

Estudos sobre literatura e projetos de IoT mostram uma proeminência desproporcional da tecnologia nos projetos de IoT, que geralmente são conduzidos por intervenções tecnológicas e não por inovação do modelo de negócios.

Internet industrial das coisas

Visão geral

A IIoT é ativada por tecnologias como segurança cibernética, computação em nuvem, computação em borda, tecnologias móveis, máquina a máquina, impressão 3D, robótica avançada, big data, internet das coisas, internet das coisas, tecnologia RFID e computação cognitiva. Cinco dos mais importantes estão descritos abaixo:

Sistemas ciber-físicos (CPS): a plataforma tecnológica básica para IoT e IIoT e, portanto, o principal capacitador para conectar máquinas físicas que foram desconectadas anteriormente. O CPS integra a dinâmica do processo físico com a do software e da comunicação, fornecendo abstrações e técnicas de modelagem, design e análise.

Computação em nuvem: Com a computação em nuvem, os serviços e recursos de TI podem ser carregados e recuperados da Internet, em oposição à conexão direta a um servidor. Os arquivos podem ser mantidos em sistemas de armazenamento baseados em nuvem, e não em dispositivos de armazenamento local.

Edge computing: um paradigma de computação distribuído que aproxima o armazenamento de dados do computador do local onde é necessário. Ao contrário da computação em nuvem, a computação em borda refere-se ao processamento descentralizado de dados na borda da rede. A Internet industrial requer mais uma arquitetura de borda mais nuvem do que uma arquitetura puramente centralizada; para transformar produtividade, produtos e serviços no mundo industrial.

Análise de big data: a análise de big data é o processo de examinar conjuntos de

dados grandes e variados, ou big data.

Inteligência artificial e aprendizado de máquina: A inteligência artificial (IA) é um campo da ciência da computação em que são criadas máquinas inteligentes que funcionam e reagem como seres humanos. O aprendizado de máquina é uma parte essencial da IA, permitindo que o software preveja com mais precisão os resultados sem que seja explicitamente programado.

Arquitetura

Os sistemas IIoT são frequentemente concebidos como uma arquitetura modular em camadas da tecnologia digital. A camada do dispositivo refere-se aos componentes físicos: CPS, sensores ou máquinas. A camada de rede consiste em barramentos de rede físicos, protocolos de computação e comunicação em nuvem que agregam e transportam os dados para a camada de serviço, que consiste em aplicativos que manipulam e combinam dados em informações que podem ser exibidas no painel do driver. O estrato mais alto da pilha é a camada de conteúdo ou a interface do usuário.

Arquitetura modular em camadas II

Camada de conteúdo	Dispositivos de interface do usuário (por exemplo, telas, tablets, óculos inteligentes)
Camada de serviço	Aplicativos, software para analisar dados e transformá-los em informações
Camada de rede	Protocolo de comunicações, wifi, computação em nuvem
Camada de dispositivos	Hardware: CPS, máquinas, sensores

História

A história da IIoT começa com a invenção do controlador lógico programável (PLC) por Dick Morley em 1968, usado pela General Motors em sua divisão de fabricação de transmissão automática. Esses PLCs permitiram o controle preciso

de elementos individuais na cadeia de fabricação. Em 1975, Honeywell e Yokogawa introduziram os primeiros DCSs do mundo, o TDC 2000 e o sistema CENTUM, respectivamente. Esses DCSs foram o próximo passo para permitir o controle flexível do processo em toda a planta, com o benefício adicional de redundâncias de backup, distribuindo o controle por todo o sistema, eliminando um ponto singular de falha em uma sala de controle central.

Com a introdução da Ethernet em 1980, as pessoas começaram a explorar o conceito de rede de dispositivos inteligentes já em 1982, quando uma máquina de Coca-Cola modificada na Universidade Carnegie Mellon se tornou o primeiro dispositivo conectado à Internet, capaz de relatar seu inventário e se bebidas carregadas estavam frias. Já em 1994, grandes aplicações industriais foram previstas, como Reza Raji descreveu o conceito no IEEE Spectrum como "pequenos pacotes de dados para um grande conjunto de nós, de modo a integrar e automatizar tudo, de eletrodomésticos a fábricas inteiras".

O conceito de internet das coisas se tornou popular em 1999, por meio do Auto-ID Center do MIT e publicações relacionadas à análise de mercado. A identificação por radiofrequência (RFID) foi vista por Kevin Ashton (um dos fundadores do Auto-ID Center original) como um pré-requisito para a Internet das coisas naquele momento. Se todos os objetos e pessoas da vida cotidiana fossem equipados com identificadores, os computadores poderiam gerenciá-los e inventá-los. Além de usar RFID, a identificação das coisas pode ser alcançada por meio de tecnologias como comunicação de campo próximo, códigos de barras, códigos QR e marcas d'água digitais.

A concepção atual da IIoT surgiu após o surgimento da tecnologia em nuvem em 2002, que permite o armazenamento de dados para examinar tendências históricas e o desenvolvimento do protocolo OPC Unified Architecture em 2006, que permitiu comunicações remotas e seguras entre dispositivos, programas e fontes de dados sem a necessidade de intervenção ou interfaces humanas.

Uma das primeiras consequências da implementação da Internet industrial das coisas (equipando objetos com minúsculos dispositivos de identificação ou identificadores legíveis por máquina) seria criar um controle de inventário instantâneo e incessante. Outro benefício da implementação de um sistema IIoT é a capacidade de criar um gêmeo digital do sistema. A utilização desse gêmeo digital permite otimizar ainda mais o sistema, permitindo a experimentação de novos dados da nuvem sem interromper a produção ou sacrificar a segurança, pois os novos processos podem ser refinados virtualmente até que estejam prontos para serem implementados. Um gêmeo digital também pode servir como campo de treinamento para novos funcionários que não precisarão se preocupar com impactos reais no sistema ativo.

Padrões e estruturas

As estruturas de IoT ajudam a suportar a interação entre "coisas" e permitem estruturas mais complexas, como computação distribuída e o desenvolvimento de aplicativos distribuídos. Atualmente, algumas estruturas de IoT se concentram em soluções de registro de dados em tempo real, como Jasper Technologies, Inc. e Xively: oferecendo alguma base para trabalhar com muitas "coisas" e fazer com que elas interajam. Desenvolvimentos futuros podem levar a ambientes de desenvolvimento de software direcionados especificamente para a criação do software necessário para trabalhar com o hardware da IoT. As empresas estão desenvolvendo plataformas de tecnologia para fornecer esse tipo de funcionalidade para a Internet das coisas. Estão sendo desenvolvidas plataformas mais novas, que agregam mais inteligência.

A IBM anunciou a IoT cognitiva, que combina a IoT tradicional com inteligência e aprendizado de máquina, informações contextuais, modelos específicos do setor e processamento de linguagem natural.

A XMPP Standards Foundation (XSF) está criando uma estrutura chamada Chatty Things, que é um padrão totalmente aberto e independente de fornecedor que usa o XMPP para fornecer uma infraestrutura distribuída, escalável e segura.

O REST é uma arquitetura escalável que permite que as coisas se comuniquem pelo Hypertext Transfer Protocol e é facilmente adotada pelos aplicativos de IoT para fornecer comunicação de uma coisa para um servidor da web central.

MQTT é uma arquitetura de publicação-assinatura sobre TCP / IP que permite a comunicação bidirecional entre uma coisa e um broker MQTT.

Node-RED é um software de código aberto desenvolvido pela IBM para conectar APIs, hardware e serviços online.

O OPC é uma série de padrões projetados pela OPC Foundation para conectar sistemas de computadores a dispositivos automatizados.

A Arquitetura de Referência da Internet Industrial (IIRA) do Industrial Internet Consortium (IIC) e a Indústria Alemã 4.0 são esforços independentes para criar um padrão definido para instalações habilitadas para IIoT.

Aplicação e Indústrias

O termo internet industrial das coisas é frequentemente encontrado nas indústrias de manufatura, referindo-se ao subconjunto industrial da IoT. A internet industrial das coisas permitirá a criação de novos modelos de negócios, melhorando a produtividade, explorando análises para inovação e transformando a força de trabalho. Prevê-se que o potencial de crescimento com a implementação da IIoT gere US \$ 15 trilhões em PIB global até 2030.

Embora a conectividade e a aquisição de dados sejam imprescindíveis para a IIoT, elas não são as metas finais, mas a base e o caminho para algo maior. De todas as tecnologias, a manutenção preditiva é um aplicativo "mais fácil", pois é aplicável aos ativos e sistemas de gerenciamento existentes. Os sistemas de manutenção inteligente podem reduzir o tempo de inatividade inesperado e aumentar a produtividade, projetada para economizar até 12% em relação aos reparos programados, reduzir os custos gerais de manutenção em até 30% e eliminar falhas em até 70%, de acordo com alguns estudos. A análise industrial

de big data desempenha um papel vital na manutenção preditiva de ativos de fabricação, embora essa não seja a única capacidade do big data industrial. Os sistemas ciber-físicos (CPS) são a tecnologia principal do big data industrial e serão uma interface entre o mundo humano e o cibernético. Os sistemas ciber-físicos podem ser projetados seguindo a arquitetura 5C (conexão, conversão, cyber, cognição, configuração) e transformam os dados coletados em informações acionáveis e, eventualmente, interagem com os ativos físicos para otimizar processos.

Um sistema inteligente habilitado para IoT de tal capacidade foi demonstrado pelo Centro de Pesquisa Colaborativa da Indústria / Universidade NSF para Sistemas de Manutenção Inteligentes (IMS) da Universidade de Cincinnati em uma máquina de serra de fita no IMTS 2014 em Chicago. As máquinas de serra de fita não são necessariamente caras, mas as despesas com correias de serra de fita são enormes, pois se degradam muito mais rapidamente. No entanto, sem sensoramento e análises inteligentes, isso só pode ser determinado pela experiência quando o cinto da serra de fita realmente quebrar. O sistema de prognóstico desenvolvido é capaz de reconhecer e monitorar a degradação das correias de serra de fita, mesmo que a condição esteja mudando, para que os usuários possam saber em tempo quase real o tempo ideal para substituir a correia. Os algoritmos analíticos desenvolvidos foram realizados em um servidor em nuvem e disponibilizados via Internet e em dispositivos móveis.

A integração de sistemas de detecção e atuação conectados à Internet pode otimizar o consumo de energia como um todo. Espera-se que os dispositivos IoT sejam integrados a todas as formas de dispositivos que consomem energia (interruptores, tomadas, lâmpadas, televisores etc.) e possam se comunicar com a empresa fornecedora de serviços públicos, a fim de equilibrar efetivamente a geração de energia e o uso de energia. Além do gerenciamento de energia em casa, o IIoT é especialmente relevante para o Smart Grid, pois fornece sistemas para coletar e atuar sobre informações relacionadas a energia e energia de maneira automatizada, com o objetivo de melhorar a eficiência, confiabilidade, economia e sustentabilidade do sistema. produção e distribuição de eletricidade. Usando dispositivos de infraestrutura avançada de medição (AMI) conectados ao backbone da Internet, as concessionárias de energia elétrica podem não apenas

coletar dados das conexões do usuário final, mas também gerenciar outros dispositivos de automação de distribuição, como transformadores e religadores.

A partir de 2016, outras aplicações do mundo real incluem a incorporação de LEDs inteligentes para direcionar os compradores a vagas vazias ou destacar padrões de tráfego em movimento, uso de sensores em purificadores de água para alertar os gerentes via computador ou smartphone sobre a substituição de peças, anexando etiquetas RFID a equipamentos de segurança rastrear o pessoal e garantir sua segurança, incorporando computadores em ferramentas elétricas para registrar e rastrear o nível de torque de apertos individuais e coletar dados de vários sistemas para permitir a simulação de novos processos.

Indústria automobilística

O uso da IIoT na fabricação de automóveis implica a digitalização de todos os elementos da produção. Software, máquinas e humanos estão interconectados, permitindo que fornecedores e fabricantes respondam rapidamente às mudanças nos padrões. O IIoT permite uma produção eficiente e econômica, movendo dados dos clientes para os sistemas da empresa e, em seguida, para seções individuais do processo de produção. Com o IIoT, novas ferramentas e funcionalidades podem ser incluídas no processo de fabricação. Por exemplo, as impressoras 3D simplificam a forma de modelar as ferramentas de prensagem, imprimindo a forma diretamente a partir de granulado de aço. Essas ferramentas permitem novas possibilidades de design (com alta precisão). A personalização de veículos também é habilitada pelo IIoT devido à modularidade e conectividade dessa tecnologia. Enquanto no passado eles trabalhavam separadamente, a IIoT agora permite que humanos e robôs cooperem. Os robôs realizam atividades pesadas e repetitivas, de modo que os ciclos de fabricação são mais rápidos e o veículo chega ao mercado mais rapidamente. As fábricas podem identificar rapidamente possíveis problemas de manutenção antes que levem ao tempo de inatividade e muitas delas estão mudando para uma planta de produção de 24 horas, devido à maior segurança e eficiência. A maioria das empresas fabricantes de automóveis possui fábricas em diferentes países, onde

são construídos diferentes componentes do mesmo veículo. O IIoT possibilita conectar essas plantas de produção entre si, criando a possibilidade de movimentação dentro das instalações. O big data pode ser monitorado visualmente, permitindo que as empresas respondam mais rapidamente às flutuações na produção e na demanda.

Setor de petróleo e gás

Com o suporte à IIoT, grandes quantidades de dados brutos podem ser armazenadas e enviadas pelo equipamento de perfuração e pelas estações de pesquisa para armazenamento e análise na nuvem. Com as tecnologias IIoT, o setor de petróleo e gás tem a capacidade de conectar máquinas, dispositivos, sensores e pessoas por meio de interconectividade, o que pode ajudar as empresas a lidar melhor com as flutuações na demanda e nos preços, abordar a segurança cibernética e minimizar o impacto ambiental.

Em toda a cadeia de suprimentos, a IIoT pode melhorar o processo de manutenção, a segurança geral e a conectividade. Os drones podem ser usados para detectar possíveis vazamentos de óleo e gás em um estágio inicial e em locais difíceis de alcançar (por exemplo, no mar). Eles também podem ser usados para identificar pontos fracos em redes complexas de tubulações com sistemas de imagem térmica embutidos. O aumento da conectividade (integração e comunicação de dados) pode ajudar as empresas a ajustar os níveis de produção com base em dados em tempo real de estoque, armazenamento, ritmo de distribuição e demanda prevista. Por exemplo, um relatório da Deloitte afirma que, ao implementar uma solução IIoT que integra dados de várias fontes internas e externas (como sistema de gerenciamento de trabalho, centro de controle, atributos de pipeline, pontuações de risco, resultados de inspeções em linha, avaliações planejadas e histórico de vazamentos), milhares quilômetros de tubulações podem ser monitorados em tempo real. Isso permite o monitoramento de ameaças de dutos, melhorando o gerenciamento de riscos e fornecendo conhecimento da situação.

Os benefícios também se aplicam a processos específicos da indústria de petróleo e gás. O processo de exploração de petróleo e gás pode ser feito com mais precisão com modelos 4D construídos por imagens sísmicas. Esses modelos mapeiam as flutuações nas reservas de petróleo e nos níveis de gás, esforçam-se por apontar a quantidade exata de recursos necessários e prevêm a vida útil dos poços. A aplicação de sensores inteligentes e perfuradoras automáticas oferece às empresas a oportunidade de monitorar e produzir com mais eficiência. Além disso, o processo de armazenamento também pode ser aprimorado com a implementação da IIoT, coletando e analisando dados em tempo real para monitorar os níveis de estoque e o controle de temperatura. A IIoT pode aprimorar o processo de transporte de petróleo e gás, implementando sensores inteligentes e detectores térmicos para fornecer dados de geolocalização em tempo real e monitorar os produtos por razões de segurança. Esses sensores inteligentes podem monitorar os processos da refinaria e aumentar a segurança. A demanda por produtos pode ser prevista de forma mais precisa e automática e comunicada automaticamente às refinarias e plantas de produção para ajustar os níveis de produção.

Segurança

À medida que a IIoT se expande, surgem novas preocupações de segurança. Todo novo dispositivo ou componente que se conecta à IIoT pode se tornar um potencial passivo. O Gartner estima que, até 2020, mais de 25% dos ataques reconhecidos às empresas envolverão sistemas conectados à IoT, apesar de serem responsáveis por menos de 10% dos orçamentos de segurança de TI. As medidas de cibersegurança existentes são muito inferiores aos dispositivos conectados à Internet em comparação com os computadores tradicionais, o que pode permitir que sejam sequestrados por ataques baseados em DDoS por botnets como Mirai. Outra possibilidade é a infecção de controladores industriais conectados à Internet, como no caso do Stuxnet, sem a necessidade de acesso físico ao sistema para espalhar o worm.

Além disso, os dispositivos habilitados para IIoT podem permitir formas mais

"tradicionais" de cibercrime, como no caso da violação de dados do Target em 2013, onde as informações foram roubadas depois que os hackers obtiveram acesso às redes do Target por meio de credenciais roubadas de um fornecedor de HVAC de terceiros. A indústria de fabricação farmacêutica tem demorado a adotar os avanços na IIoT devido a preocupações de segurança como essas. Uma das dificuldades em fornecer soluções de segurança em aplicativos IIoT é a natureza fragmentada do hardware. Consequentemente, as arquiteturas de segurança estão se voltando para projetos baseados em software ou independentes de dispositivo.

Engenharia genética

A engenharia genética, também chamada de modificação genética ou manipulação genética, é a manipulação direta dos genes de um organismo usando a biotecnologia. É um conjunto de tecnologias usadas para alterar a composição genética das células, incluindo a transferência de genes dentro e através dos limites das espécies para produzir organismos melhorados ou novos. O novo DNA é obtido isolando e copiando o material genético de interesse usando métodos de DNA recombinante ou sintetizando artificialmente o DNA. Uma construção é geralmente criada e usada para inserir esse DNA no organismo hospedeiro. A primeira molécula de DNA recombinante foi produzida por Paul Berg em 1972, combinando o DNA do vírus macaco SV40 com o vírus lambda. Além de inserir genes, o processo pode ser usado para remover ou "nocautear" os genes. O novo DNA pode ser inserido aleatoriamente ou direcionado para uma parte específica do genoma.

Um organismo que é gerado por engenharia genética é considerado geneticamente modificado (GM) e a entidade resultante é um organismo geneticamente modificado (GMO). O primeiro OGM foi uma bactéria gerada por Herbert Boyer e Stanley Cohen em 1973. Rudolf Jaenisch criou o primeiro animal GM ao inserir DNA estranho em um mouse em 1974. A primeira empresa a se concentrar em engenharia genética, a Genentech, foi fundada em 1976 e iniciou a produção de proteínas humanas. A insulina humana geneticamente modificada foi produzida em 1978 e as bactérias produtoras de insulina foram comercializadas em 1982. Alimentos geneticamente modificados são vendidos desde 1994, com o lançamento do tomate Flavr Savr. O Flavr Savr foi projetado para ter uma vida útil mais longa, mas a maioria das culturas GM atuais são modificadas para aumentar a resistência a insetos e herbicidas. O GloFish, o primeiro OGM projetado como animal de estimação, foi vendido nos Estados Unidos em dezembro de 2003. Em 2016, o salmão modificado com um hormônio do crescimento foi vendido.

A engenharia genética tem sido aplicada em vários campos, incluindo pesquisa, medicina, biotecnologia industrial e agricultura. Na pesquisa, os OGMs são usados para estudar a função e expressão de genes através da perda de função, ganho de função, experimentos de rastreamento e expressão. Ao eliminar genes responsáveis por certas condições, é possível criar organismos modelo animal de doenças humanas. Além de produzir hormônios, vacinas e outros medicamentos, a engenharia genética tem o potencial de curar doenças genéticas por meio de terapia genética. As mesmas técnicas usadas para produzir medicamentos também podem ter aplicações industriais, como a produção de enzimas para detergente, queijos e outros produtos.

O aumento das culturas geneticamente modificadas comercializadas proporcionou benefícios econômicos aos agricultores em muitos países diferentes, mas também foi a fonte da maior parte da controvérsia em torno da tecnologia. Isso está presente desde seu uso inicial; os primeiros testes de campo foram destruídos por ativistas anti-GM. Embora exista um consenso científico de que os alimentos atualmente disponíveis derivados de culturas GM não representam um risco maior para a saúde humana do que os alimentos convencionais, a segurança alimentar GM é uma das principais preocupações dos críticos. O fluxo gênico, o impacto em organismos não-alvo, o controle do suprimento de alimentos e os direitos de propriedade intelectual também foram levantados como possíveis problemas. Essas preocupações levaram ao desenvolvimento de uma estrutura regulatória, iniciada em 1975. Levou a um tratado internacional, o Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, que foi adotado em 2000. Países individuais desenvolveram seus próprios sistemas reguladores de OGM, com diferenças mais acentuadas que ocorrem entre os EUA e a Europa.

Visão geral

A engenharia genética é um processo que altera a estrutura genética de um

organismo, removendo ou introduzindo o DNA. Diferentemente do melhoramento tradicional de animais e plantas, que envolve fazer vários cruzamentos e depois selecionar o organismo com o fenótipo desejado, a engenharia genética pega o gene diretamente de um organismo e o insere no outro. Isso é muito mais rápido, pode ser usado para inserir genes de qualquer organismo (mesmo de domínios diferentes) e impede que outros genes indesejáveis também sejam adicionados.

A engenharia genética poderia potencialmente corrigir distúrbios genéticos graves em humanos, substituindo o gene defeituoso por um gene funcional. É uma ferramenta importante na pesquisa que permite o estudo da função de genes específicos. Drogas, vacinas e outros produtos foram coletados de organismos projetados para produzi-los. Foram desenvolvidas culturas que auxiliam a segurança alimentar, aumentando o rendimento, o valor nutricional e a tolerância às tensões ambientais.

O DNA pode ser introduzido diretamente no organismo hospedeiro ou em uma célula que é então fundida ou hibridizada com o hospedeiro. Isso depende de técnicas de ácido nucleico recombinante para formar novas combinações de material genético herdável, seguido pela incorporação desse material indiretamente por meio de um sistema vetorial ou diretamente por micro-injeção, macro-injeção ou micro-encapsulamento.

A engenharia genética normalmente não inclui técnicas tradicionais de reprodução, fertilização in vitro, indução de poliploidia, mutagênese e fusão celular que não usam ácidos nucleicos recombinantes ou um organismo geneticamente modificado no processo. No entanto, algumas definições amplas de engenharia genética incluem criação seletiva. A pesquisa de clonagem e células-tronco, embora não seja considerada engenharia genética, está intimamente relacionada e a engenharia genética pode ser usada dentro deles. A biologia sintética é uma disciplina emergente que leva a engenharia genética um passo adiante ao introduzir material sintetizado artificialmente em um organismo. DNA sintético como o Sistema de Informação Genética

Artificialmente Expandido e o DNA Hachimoji são produzidos neste novo campo.

Plantas, animais ou microrganismos que foram alterados por engenharia genética são denominados organismos geneticamente modificados ou OGM. Se o material genético de outra espécie for adicionado ao hospedeiro, o organismo resultante será chamado de transgênico. Se for usado material genético da mesma espécie ou de uma espécie que possa se reproduzir naturalmente com o hospedeiro, o organismo resultante será chamado cisgênico. Se a engenharia genética for usada para remover material genético do organismo alvo, o organismo resultante será denominado organismo nocaute. Na Europa, modificação genética é sinônimo de engenharia genética, enquanto nos Estados Unidos da América e Canadá a modificação genética também pode ser usada para se referir a métodos de criação mais convencionais.

História

Os seres humanos alteraram o genoma das espécies por milhares de anos através de criação seletiva ou seleção artificial: em contraste com a seleção natural. Mais recentemente, a criação de mutações usou a exposição a produtos químicos ou radiação para produzir uma alta frequência de mutações aleatórias, para fins de criação seletiva. A engenharia genética como a manipulação direta de DNA por seres humanos fora da reprodução e mutações só existe desde a década de 1970. O termo "engenharia genética" foi cunhado por Jack Williamson em seu romance de ficção científica *Dragon's Island*, publicado em 1951 - um ano antes que o papel do DNA na hereditariedade fosse confirmado por Alfred Hershey e Martha Chase, e dois anos antes de James Watson e Francis Crick mostrarem que a molécula de DNA tem uma estrutura de dupla hélice - embora o conceito geral de manipulação genética direta tenha sido explorado de forma rudimentar na história de ficção científica de Stanley G. Weinbaum, em 1936, *Proteus Island*.

Em 1972, Paul Berg criou as primeiras moléculas de DNA recombinante combinando o DNA do vírus macaco SV40 com o do vírus lambda. Em 1973, Herbert Boyer e Stanley Cohen criaram o primeiro organismo transgênico inserindo genes de resistência a antibióticos no plasmídeo de uma bactéria *Escherichia coli*. Um ano depois, Rudolf Jaenisch criou um mouse transgênico introduzindo DNA estranho em seu embrião, tornando-o o primeiro animal transgênico do mundo. Essas conquistas levaram a preocupações da comunidade científica sobre os riscos potenciais da engenharia genética, que foram discutidos em profundidade na Conferência de Asilomar. em 1975. Uma das principais recomendações desta reunião foi que a supervisão governamental da pesquisa de DNA recombinante fosse estabelecida até que a tecnologia fosse considerada segura.

Em 1976, a Genentech, a primeira empresa de engenharia genética, foi fundada por Herbert Boyer e Robert Swanson e, um ano depois, a empresa produziu uma proteína humana (somatostatina) em *E.coli*. A Genentech anunciou a produção de insulina humana geneticamente modificada em 1978. Em 1980, a Suprema Corte dos EUA no caso *Diamond v. Chakrabarty* decidiu que a vida geneticamente modificada poderia ser patenteada. A insulina produzida por bactérias foi aprovada para liberação pela Food and Drug Administration (FDA) em 1982.

Em 1983, uma empresa de biotecnologia, a Advanced Genetic Sciences (AGS), solicitou autorização do governo dos EUA para realizar testes de campo com a cepa de gelo de *Pseudomonas syringae* para proteger as culturas do gelo, mas grupos e manifestantes ambientais atrasaram os testes de campo por quatro anos com desafios legais. Em 1987, a cepa de menos de gelo de *P. syringae* se tornou o primeiro organismo geneticamente modificado (OGM) a ser liberado no ambiente quando um campo de morango e um campo de batata na Califórnia foram pulverizados com ele. Ambos os campos de teste foram atacados por grupos ativistas na noite anterior aos testes: "O primeiro local de teste do mundo atraiu o primeiro trasher de campo do mundo".

Os primeiros testes de campo de plantas geneticamente modificadas ocorreram na França e nos EUA em 1986, plantas de tabaco foram projetadas para serem resistentes a herbicidas. A República Popular da China foi o primeiro país a comercializar plantas transgênicas, introduzindo um tabaco resistente a vírus em 1992. Em 1994, a Calgene obteve aprovação para liberar comercialmente o primeiro alimento geneticamente modificado, o Flavr Savr, um tomate projetado para ter uma vida útil mais longa. Em 1994, a União Européia aprovou o tabaco projetado para ser resistente ao herbicida bromoxinil, tornando-o a primeira colheita geneticamente modificada comercializada na Europa. Em 1995, a Bt Potato foi aprovada com segurança pela Agência de Proteção Ambiental, depois de ter sido aprovada pela FDA, tornando-a a primeira safra produtora de pesticidas a ser aprovada nos EUA. Em 2009, 11 culturas transgênicas foram cultivadas comercialmente em 25 países, sendo as maiores por área cultivada os EUA, Brasil, Argentina, Índia, Canadá, China, Paraguai e África do Sul.

Em 2010, cientistas do J. Craig Venter Institute criaram o primeiro genoma sintético e o inseriram em uma célula bacteriana vazia. A bactéria resultante, chamada Mycoplasma laboratorium, pode se replicar e produzir proteínas. Quatro anos depois, isso foi dado um passo adiante quando uma bactéria foi desenvolvida que replicou um plasmídeo contendo um par de bases único, criando o primeiro organismo projetado para usar um alfabeto genético expandido. Em 2012, Jennifer Doudna e Emmanuelle Charpentier colaboraram para desenvolver o sistema CRISPR / Cas9, uma técnica que pode ser usada para alterar fácil e especificamente o genoma de quase qualquer organismo.

Processo

Criar um OGM é um processo de várias etapas. Os engenheiros genéticos devem primeiro escolher o gene que desejam inserir no organismo. Isso é motivado pelo objetivo do organismo resultante e é construído com base em pesquisas anteriores. Os testes genéticos podem ser realizados para determinar genes em potencial e outros testes, então usados para identificar os melhores candidatos. O desenvolvimento de microarranjos, transcriptômica e seqüenciamento de

genoma tornou muito mais fácil encontrar genes adequados. A sorte também desempenha seu papel; o gene round-up ready foi descoberto depois que os cientistas notaram uma bactéria prosperando na presença do herbicida.

Isolamento e clonagem de genes

O próximo passo é isolar o gene candidato. A célula que contém o gene é aberta e o DNA é purificado. O gene é separado usando enzimas de restrição para cortar o DNA em fragmentos ou reação em cadeia da polimerase (PCR) para amplificar o segmento gênico. Esses segmentos podem ser extraídos por eletroforese em gel. Se o gene escolhido ou o genoma do organismo doador tiver sido bem estudado, ele poderá já estar acessível a partir de uma biblioteca genética. Se a sequência de DNA for conhecida, mas nenhuma cópia do gene estiver disponível, ela também poderá ser sintetizada artificialmente. Uma vez isolado, o gene é ligado a um plasmídeo que é inserido na bactéria. O plasmídeo é replicado quando as bactérias se dividem, garantindo cópias ilimitadas do gene disponíveis.

Antes de o gene ser inserido no organismo-alvo, ele deve ser combinado com outros elementos genéticos. Isso inclui uma região promotora e terminadora, que inicia e termina a transcrição. Um gene marcador selecionável é adicionado, o que na maioria dos casos confere resistência a antibióticos, para que os pesquisadores possam determinar facilmente quais células foram transformadas com sucesso. O gene também pode ser modificado nesta fase para melhor expressão ou eficácia. Essas manipulações são realizadas utilizando técnicas de DNA recombinante, como digestões de restrição, ligações e clonagem molecular.

Inserindo DNA no genoma do hospedeiro

Existem várias técnicas usadas para inserir material genético no genoma do

hospedeiro. Algumas bactérias podem absorver naturalmente DNA estranho. Essa capacidade pode ser induzida em outras bactérias via estresse (por exemplo, choque térmico ou elétrico), o que aumenta a permeabilidade da membrana celular ao DNA; O DNA absorvido pode integrar-se ao genoma ou existir como DNA extracromossômico. O DNA é geralmente inserido nas células animais usando microinjeção, onde pode ser injetado através do envelope nuclear da célula diretamente no núcleo ou através do uso de vetores virais.

Nas plantas, o DNA é frequentemente inserido usando a recombinação mediada por *Agrobacterium*, aproveitando a sequência T-DNA de *Agrobacterium* que permite a inserção natural de material genético nas células vegetais. Outros métodos incluem a biolística, onde partículas de ouro ou tungstênio são revestidas com DNA e depois lançadas em células vegetais jovens, e a eletroporação, que envolve o uso de um choque elétrico para tornar a membrana celular permeável ao DNA plasmídico.

Como apenas uma única célula é transformada com material genético, o organismo deve ser regenerado a partir dessa célula única. Nas plantas, isso é realizado através do uso de cultura de tecidos. Nos animais, é necessário garantir que o DNA inserido esteja presente nas células-tronco embrionárias. As bactérias consistem em uma única célula e se reproduzem clonalmente, de modo que a regeneração não é necessária. Marcadores selecionáveis são usados para diferenciar facilmente células transformadas de não transformadas. Esses marcadores geralmente estão presentes no organismo transgênico, embora várias estratégias tenham sido desenvolvidas para remover o marcador selecionável da planta transgênica madura.

Testes adicionais usando PCR, hibridação Southern e sequenciamento de DNA são conduzidos para confirmar que um organismo contém o novo gene. Esses testes também podem confirmar a localização cromossômica e o número de cópias do gene inserido. A presença do gene não garante que ele seja expresso em níveis apropriados no tecido alvo, portanto, métodos que procuram e medem os produtos gênicos (RNA e proteína) também são utilizados. Estes incluem

hibridação northern, RT-PCR quantitativa, Western blot, imunofluorescência, ELISA e análise fenotípica.

O novo material genético pode ser inserido aleatoriamente no genoma do hospedeiro ou direcionado para um local específico. A técnica de direcionamento gênico utiliza recombinação homóloga para fazer as alterações desejadas em um gene endógeno específico. Isso tende a ocorrer com uma frequência relativamente baixa em plantas e animais e geralmente requer o uso de marcadores selecionáveis. A frequência do direcionamento gênico pode ser bastante aprimorada através da edição do genoma. A edição do genoma usa nucleases artificialmente projetadas que criam quebras de fita dupla específicas nos locais desejados no genoma e usam os mecanismos endógenos da célula para reparar a quebra induzida pelos processos naturais de recombinação homóloga e junção de extremidade não-homóloga. Existem quatro famílias de nucleases manipuladas: meganucleases, nucleases de dedos de zinco, nucleases efetoras do tipo ativador de transcrição (TALENs) e o sistema Cas9-guideRNA (adaptado do CRISPR). TALEN e CRISPR são os dois mais usados e cada um tem suas próprias vantagens. Os TALENs têm maior especificidade de alvo, enquanto o CRISPR é mais fácil de projetar e mais eficiente. Além de melhorar o direcionamento gênico, as nucleases manipuladas podem ser usadas para introduzir mutações em genes endógenos que geram um nocaute genético.

Formulários

A engenharia genética tem aplicações na medicina, pesquisa, indústria e agricultura e pode ser usada em uma ampla variedade de plantas, animais e microrganismos. As bactérias, os primeiros organismos a serem geneticamente modificados, podem ter DNA plasmídico inserido contendo novos genes que codificam medicamentos ou enzimas que processam alimentos e outros substratos. As plantas foram modificadas para proteção de insetos, resistência a herbicidas, resistência a vírus, nutrição aprimorada, tolerância a pressões ambientais e produção de vacinas comestíveis. A maioria dos OGMs comercializados são plantas resistentes a insetos ou tolerantes a herbicidas.

Animais geneticamente modificados têm sido utilizados para pesquisa, modelos de animais e produção de produtos agrícolas ou farmacêuticos. Os animais geneticamente modificados incluem animais com genes eliminados, maior suscetibilidade a doenças, hormônios para o crescimento extra e a capacidade de expressar proteínas no leite.

Remédio

A engenharia genética tem muitas aplicações na medicina, que incluem a fabricação de medicamentos, a criação de modelos de animais que imitam as condições humanas e a terapia genética. Um dos primeiros usos da engenharia genética foi produzir em massa insulina humana em bactérias. Esta aplicação já foi aplicada a hormônios de crescimento humano, hormônios folículos estimulantes (para o tratamento da infertilidade), albumina humana, anticorpos monoclonais, fatores anti-hemofílicos, vacinas e muitos outros medicamentos. Os hibridomas de camundongo, células fundidas entre si para criar anticorpos monoclonais, foram adaptados por engenharia genética para criar anticorpos monoclonais humanos. Em 2017, a engenharia genética de receptores de antígeno quiméricos nas células T de um paciente foi aprovada pelo FDA dos EUA como um tratamento para a leucemia linfoblástica aguda do câncer. Estão sendo desenvolvidos vírus geneticamente modificados que ainda podem conferir imunidade, mas não possuem sequências infecciosas.

A engenharia genética também é usada para criar modelos animais de doenças humanas. Camundongos geneticamente modificados são o modelo animal de engenharia genética mais comum. Eles foram usados para estudar e modelar câncer (oncomouse), obesidade, doenças cardíacas, diabetes, artrite, abuso de substâncias, ansiedade, envelhecimento e doença de Parkinson. Curas em potencial podem ser testadas contra esses modelos de mouse. Porcos geneticamente modificados também foram criados com o objetivo de aumentar o sucesso do porco no transplante de órgãos humanos.

A terapia gênica é a engenharia genética dos seres humanos, geralmente substituindo genes defeituosos por genes efetivos. Pesquisas clínicas utilizando terapia genética somática foram realizadas com várias doenças, incluindo SCID ligada ao X, leucemia linfocítica crônica (LLC) e doença de Parkinson. Em 2012, o Alipogene tiparvovec se tornou o primeiro tratamento de terapia genética a ser aprovado para uso clínico. Em 2015, um vírus foi usado para inserir um gene saudável nas células da pele de um garoto que sofria de uma doença cutânea rara, a epidermólise bolhosa, a fim de crescer e enxertar uma pele saudável em 80% do corpo do garoto afetado pela doença. doença.

A terapia genética da linha germinativa resultaria em qualquer mudança herdável, o que suscitou preocupações na comunidade científica. Em 2015, o CRISPR foi usado para editar o DNA de embriões humanos não viáveis, levando os cientistas das principais academias do mundo a pedir uma moratória nas edições herdáveis do genoma humano. Há também preocupações de que a tecnologia possa ser usada não apenas para tratamento, mas para aprimoramento, modificação ou alteração da aparência, adaptabilidade, inteligência, caráter ou comportamento de um ser humano. A distinção entre cura e aprimoramento também pode ser difícil de estabelecer. Em novembro de 2018, He Jiankui anunciou que havia editado os genomas de dois embriões humanos, para tentar desativar o gene CCR5, que codifica um receptor que o HIV usa para entrar nas células. Ele disse que as meninas gêmeas, Lulu e Nana, nasceram algumas semanas antes. Ele disse que as meninas ainda carregavam cópias funcionais do CCR5 junto com o CCR5 com deficiência (mosaicismo) e ainda eram vulneráveis ao HIV. O trabalho foi amplamente condenado como antiético, perigoso e prematuro.

Pesquisadores estão alterando o genoma dos porcos para induzir o crescimento de órgãos humanos a serem usados em transplantes. Os cientistas estão criando "unidades de genes", alterando os genomas dos mosquitos para torná-los imunes à malária e, em seguida, procurando espalhar os mosquitos geneticamente modificados por toda a população, na esperança de eliminar a doença.

Pesquisa

A engenharia genética é uma ferramenta importante para os cientistas naturais, com a criação de organismos transgênicos uma das ferramentas mais importantes para análise da função dos genes. Genes e outras informações genéticas de uma ampla gama de organismos podem ser inseridos nas bactérias para armazenamento e modificação, criando bactérias geneticamente modificadas no processo. As bactérias são baratas, fáceis de cultivar, clonais, multiplicam-se rapidamente, relativamente fáceis de transformar e podem ser armazenadas a -80 ° C quase indefinidamente. Uma vez que um gene é isolado, ele pode ser armazenado dentro da bactéria, fornecendo um suprimento ilimitado para pesquisas. Os organismos são geneticamente modificados para descobrir as funções de certos genes. Este poderia ser o efeito no fenótipo do organismo, onde o gene é expresso ou com que outros genes ele interage. Esses experimentos geralmente envolvem perda de função, ganho de função, rastreamento e expressão.

Experimentos de perda de função, como em um experimento de nocaute genético, no qual um organismo é projetado para não ter a atividade de um ou mais genes. Em um nocaute simples, uma cópia do gene desejado foi alterada para torná-lo não funcional. As células-tronco embrionárias incorporam o gene alterado, que substitui a cópia funcional já presente. Essas células-tronco são injetadas em blastocistos, que são implantados em mães de aluguel. Isso permite que o pesquisador analise os defeitos causados por essa mutação e, assim, determine o papel de genes específicos. É usado especialmente com frequência na biologia do desenvolvimento. Quando isso é feito através da criação de uma biblioteca de genes com mutações pontuais em todas as posições na área de interesse, ou mesmo em todas as posições em todo o gene, isso é chamado de "mutagênese da varredura". O método mais simples, e a primeira a ser usada, é a "varredura de alanina", onde todas as posições, por sua vez, sofrem mutação no aminoácido não reativo alanina.

Ganho de experimentos funcionais, o equivalente lógico dos nocautes. Às vezes, eles são realizados em conjunto com experimentos de nocaute para estabelecer com mais precisão a função do gene desejado. O processo é praticamente o

mesmo da engenharia de nocaute, exceto que o construto é projetado para aumentar a função do gene, geralmente fornecendo cópias extras do gene ou induzindo a síntese da proteína com mais frequência. O ganho de função é usado para dizer se uma proteína é suficiente para uma função, mas nem sempre significa que é necessária, especialmente quando se lida com redundância genética ou funcional.

Experimentos de rastreamento, que buscam obter informações sobre a localização e interação da proteína desejada. Uma maneira de fazer isso é substituir o gene do tipo selvagem por um gene de 'fusão', que é uma justaposição do gene do tipo selvagem por um elemento de relatório como a proteína verde fluorescente (GFP) que permitirá a visualização fácil dos produtos da modificação genética. Embora essa seja uma técnica útil, a manipulação pode destruir a função do gene, criando efeitos secundários e possivelmente questionando os resultados do experimento. Estão agora em desenvolvimento técnicas mais sofisticadas que podem rastrear produtos proteicos sem atenuar sua função, como a adição de pequenas seqüências que servirão como motivos de ligação a anticorpos monoclonais.

Os estudos de expressão visam descobrir onde e quando proteínas específicas são produzidas. Nessas experiências, a sequência de DNA antes do DNA que codifica uma proteína, conhecida como promotora de um gene, é reintroduzida em um organismo com a região de codificação da proteína substituída por um gene repórter como GFP ou uma enzima que catalisa a produção de um corante.. Assim, a hora e o local onde uma proteína específica é produzida pode ser observada. Os estudos de expressão podem ser levados um passo adiante, alterando o promotor para descobrir quais partes são cruciais para a expressão adequada do gene e estão realmente ligadas pelas proteínas do fator de transcrição; esse processo é conhecido como golpe do promotor.

Industrial

Os organismos podem transformar suas células com um gene que codifica uma proteína útil, como uma enzima, para que superexpressem a proteína desejada. Quantidades de massa da proteína podem então ser fabricadas através do

crescimento do organismo transformado em equipamento de biorreator usando fermentação industrial e depois purificando a proteína. Alguns genes não funcionam bem em bactérias, portanto, leveduras, células de insetos ou células de mamíferos também podem ser usadas. Essas técnicas são usadas para produzir medicamentos como insulina, hormônio do crescimento humano e vacinas, suplementos como triptofano, auxiliar na produção de alimentos (quimosina na fabricação de queijos) e combustíveis. Outras aplicações com bactérias geneticamente modificadas podem envolver a execução de tarefas fora do ciclo natural, como a produção de biocombustíveis, a limpeza de derramamentos de óleo, carbono e outros resíduos tóxicos e detecção de arsênico na água potável. Certos micróbios geneticamente modificados também podem ser usados em biomineração e biorremediação, devido à sua capacidade de extrair metais pesados de seu ambiente e incorporá-los em compostos que são mais facilmente recuperáveis.

Na ciência dos materiais, um vírus geneticamente modificado tem sido usado em um laboratório de pesquisa como andaime para montar uma bateria de íons de lítio mais ecológica. As bactérias também foram projetadas para funcionar como sensores, expressando uma proteína fluorescente sob certas condições ambientais.

Agricultura

Uma das aplicações mais conhecidas e controversas da engenharia genética é a criação e o uso de culturas geneticamente modificadas ou animais geneticamente modificados para produzir alimentos geneticamente modificados. As culturas foram desenvolvidas para aumentar a produção, aumentar a tolerância ao estresse abiótico, alterar a composição dos alimentos ou produzir novos produtos.

As primeiras culturas a serem lançadas comercialmente em larga escala forneceram proteção contra pragas de insetos ou tolerância a herbicidas. Culturas

resistentes a fungos e vírus também foram desenvolvidas ou estão em desenvolvimento. Isso facilita o manejo de insetos e ervas daninhas das culturas e pode indiretamente aumentar o rendimento das culturas. As culturas GM que melhoram diretamente o rendimento, acelerando o crescimento ou tornando a planta mais resistente (melhorando a tolerância ao sal, ao frio ou à seca) também estão em desenvolvimento. Em 2016, o salmão foi geneticamente modificado com hormônios do crescimento para atingir o tamanho normal de um adulto muito mais rapidamente.

Os OGMs foram desenvolvidos para modificar a qualidade dos produtos, aumentando o valor nutricional ou fornecendo mais qualidades ou quantidades industrialmente úteis. A batata Amflora produz uma mistura de amidos industrialmente mais úteis. A soja e a canola foram geneticamente modificadas para produzir óleos mais saudáveis. O primeiro alimento GM comercializado foi um tomate que atrasou o amadurecimento, aumentando sua vida útil.

Plantas e animais foram projetados para produzir materiais que normalmente não são produzidos. A indústria farmacêutica usa culturas e animais como biorreatores para produzir vacinas, intermediários de medicamentos ou os próprios medicamentos; o produto útil é purificado da colheita e depois usado no processo de produção farmacêutica padrão. Vacas e cabras foram projetadas para expressar drogas e outras proteínas em seu leite, e em 2009 a FDA aprovou uma droga produzida no leite de cabra.

Outras aplicações

A engenharia genética tem aplicações potenciais em conservação e gerenciamento de áreas naturais. A transferência de genes através de vetores virais tem sido proposta como um meio de controlar espécies invasoras, além de vacinar a fauna ameaçada por doenças. Árvores transgênicas têm sido sugeridas como uma maneira de conferir resistência a patógenos em populações selvagens. Com os riscos crescentes de desadaptação nos organismos como resultado das

mudanças climáticas e outras perturbações, a adaptação facilitada através de ajustes de genes pode ser uma solução para reduzir os riscos de extinção. Até agora, as aplicações da engenharia genética na conservação são principalmente teóricas e ainda precisam ser colocadas em prática.

A engenharia genética também está sendo usada para criar arte microbiana. Algumas bactérias foram geneticamente modificadas para criar fotografias em preto e branco. Novos itens, como cravos cor de lavanda, rosas azuis e peixes brilhantes também foram produzidos através da engenharia genética.

Regulamento

A regulamentação da engenharia genética diz respeito às abordagens adotadas pelos governos para avaliar e gerenciar os riscos associados ao desenvolvimento e liberação de OGM. O desenvolvimento de uma estrutura regulatória começou em 1975, em Asilomar, Califórnia. A reunião de Asilomar recomendou um conjunto de diretrizes voluntárias sobre o uso da tecnologia recombinante. À medida que a tecnologia melhorava, os EUA estabeleceram um comitê no Escritório de Ciência e Tecnologia, que atribuiu a aprovação regulatória de alimentos GM ao USDA, FDA e EPA. O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, um tratado internacional que rege a transferência, manuseio e uso de OGM, foi adotado em 29 de janeiro de 2000. Cento e cinquenta e sete países são membros do Protocolo e muitos o utilizam como ponto de referência para seus regulamentos próprios.

O status legal e regulatório dos alimentos geneticamente modificados varia de acordo com o país, com alguns países proibindo ou restringindo-os, e outros permitindo-os com graus de regulamentação amplamente diferentes. Alguns países permitem a importação de alimentos geneticamente modificados com autorização, mas ou não permitem o seu cultivo (Rússia, Noruega, Israel) ou têm disposições para o cultivo, mesmo que ainda não sejam produzidos produtos GM

(Japão, Coréia do Sul). A maioria dos países que não permitem o cultivo de OGM permite pesquisas. Algumas das diferenças mais marcantes que ocorrem entre os EUA e a Europa. A política dos EUA concentra-se no produto (não no processo), apenas analisa riscos científicos verificáveis e usa o conceito de equivalência substancial. A União Europeia, por outro lado, possui possivelmente os regulamentos mais rigorosos sobre OGM do mundo. Todos os OGM, juntamente com alimentos irradiados, são considerados "novos alimentos" e sujeitos a uma avaliação abrangente dos alimentos, baseada em ciências, pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos. Os critérios para autorização se enquadram em quatro grandes categorias: "segurança", "liberdade de escolha", "rotulagem", e "rastreabilidade". O nível de regulamentação em outros países que cultivam OGM fica entre a Europa e os Estados Unidos.

Região Reguladores

NOS	USDA, FDA e EPA
Europa	Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos
Canadá	Health Canada e a Agência Canadense de Inspeção de Alimentos
África	Mercado Comum da África Oriental e Austral
China	Escritório de Administração de Biossegurança em Engenharia Genética
Índia	Comitê Institucional de Biossegurança, Comitê de Revisão sobre Mani
Argentina	Comitê Consultivo Nacional de Biotecnologia Agrícola (impacto ambi
Brasil	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (segurança ambiental e :
Austrália	Escritório do Regulador de Tecnologia Genética (supervisiona todos os

Uma das principais questões relacionadas aos reguladores é se os produtos GM devem ser rotulados. A Comissão Europeia afirma que a rotulagem e a rastreabilidade obrigatórias são necessárias para permitir a escolha informada, evitar possíveis falsas propagandas e facilitar a retirada de produtos se forem descobertos efeitos adversos à saúde ou ao meio ambiente. A Associação Médica Americana e a Associação Americana para o Avanço da Ciência dizem que as evidências científicas ausentes de danos, mesmo a rotulagem voluntária, são enganosas e alertam falsamente os consumidores. A rotulagem de produtos OGM no mercado é necessária em 64 países. A rotulagem pode ser obrigatória até um nível limite de conteúdo GM (que varia entre os países) ou voluntária. No Canadá e nos EUA, a rotulagem de alimentos GM é voluntária, enquanto na Europa todos os alimentos (incluindo alimentos processados) ou alimentos que contenham mais de 0,9% dos OGM aprovados devem ser rotulados.

Controvérsia

Os críticos se opuseram ao uso da engenharia genética por várias razões, incluindo preocupações éticas, ecológicas e econômicas. Muitas dessas preocupações envolvem culturas GM e se os alimentos produzidos a partir deles são seguros e qual o impacto que eles terão sobre o meio ambiente. Essas controvérsias levaram a litígios, disputas comerciais internacionais e protestos, e a regulamentação restritiva de produtos comerciais em alguns países.

As acusações de que os cientistas estão "brincando de Deus" e outras questões religiosas foram atribuídas à tecnologia desde o início. Outras questões éticas levantadas incluem o patenteamento da vida, o uso dos direitos de propriedade intelectual, o nível de rotulagem dos produtos, o controle do suprimento de alimentos e a objetividade do processo regulatório. Embora tenham sido levantadas dúvidas, economicamente a maioria dos estudos descobriu que o cultivo de transgênicos é benéfico para os agricultores.

O fluxo de genes entre as culturas GM e as plantas compatíveis, juntamente com o aumento do uso de herbicidas seletivos, pode aumentar o risco de desenvolvimento de "super-ervas daninhas". Outras preocupações ambientais envolvem impactos potenciais em organismos não-alvo, incluindo micróbios do solo, e um aumento de pragas de insetos secundárias e resistentes. Muitos dos impactos ambientais relativos às culturas GM podem levar muitos anos para serem compreendidos e também são evidentes nas práticas agrícolas convencionais. Com a comercialização de peixes geneticamente modificados, há preocupações sobre quais serão as consequências ambientais se elas escaparem.

Existem três preocupações principais sobre a segurança dos alimentos geneticamente modificados: se eles podem provocar uma reação alérgica; se os genes poderiam transferir do alimento para as células humanas; e se os genes não aprovados para consumo humano poderiam cruzar para outras culturas. Existe um consenso científico de que os alimentos atualmente disponíveis derivados de culturas GM não representam um risco maior para a saúde humana do que os alimentos convencionais, mas que cada alimento GM precisa ser testado caso a caso antes da introdução. No entanto, os membros do público são menos propensos do que os cientistas a perceber alimentos GM como seguros.

Em 2015, Mark Spitznagel e Nassim Nicholas Taleb publicaram um artigo no New York Times, argumentando que organismos geneticamente modificados representam um risco para a sobrevivência do ecossistema global. Eles concluíram o artigo com o seguinte aviso: "O experimento de OGM, realizado em tempo real e com todo o nosso sistema alimentar e ecológico como laboratório, é talvez o maior caso de arrogância humana de todos os tempos. Cria outro sistema sistêmico", grande demais demais falham "empresa - mas para a qual nenhum resgate será possível quando falhar".

Na cultura popular

Recursos de engenharia genética em muitas histórias de ficção científica. O romance de Frank Herbert, *A Peste Branca*, descreveu o uso deliberado da engenharia genética para criar um patógeno que matou especificamente mulheres. Outra das criações de Herbert, a série de romances *Dune*, usa a engenharia genética para criar o poderoso, mas desprezado Tleilaxu. Filmes como *The Island* e *Blade Runner* trazem a criatura projetada para confrontar a pessoa que a criou ou o ser de que foi clonada. Poucos filmes informaram o público sobre engenharia genética, com exceção do *The Boys* do Brasil de 1978 e do *Jurassic Park* de 1993, os quais fizeram uso de uma lição, uma demonstração e um clipe de filme científico. Os métodos de engenharia genética são fracamente representados no filme; Michael Clark, escrevendo para o Wellcome Trust, chama o retrato da engenharia genética e da biotecnologia "seriamente distorcido" em filmes como *O sexto dia*. Na visão de Clark, a biotecnologia é tipicamente "dada formas fantásticas, mas visualmente impressionantes", enquanto a ciência é relegada ao segundo plano ou ficcionalizada para se adequar a um público jovem.

Engenharia biológica

Engenharia biológica, ou bioengenharia / bioengenharia, é a aplicação dos princípios da biologia e das ferramentas da engenharia para criar produtos utilizáveis, tangíveis e economicamente viáveis. A engenharia biológica emprega conhecimento e experiência de várias ciências puras e aplicadas, como transferência de massa e calor, cinética, biocatalisadores, biomecânica, bioinformática, processos de separação e purificação, design de biorreator, ciência de superfície, mecânica de fluidos, termodinâmica e ciência de polímeros. É usado no design de dispositivos médicos, equipamentos de diagnóstico, materiais biocompatíveis, bioenergia renovável, engenharia ecológica, engenharia agrícola e outras áreas que melhoram os padrões de vida das sociedades. Exemplos de pesquisa em bioengenharia incluem bactérias projetadas para produzir produtos químicos, nova tecnologia de imagens médicas, dispositivos portáteis e de diagnóstico rápido de doenças, próteses, produtos biofarmacêuticos e órgãos de engenharia de tecidos. A bioengenharia se sobrepõe substancialmente à biotecnologia e às ciências biomédicas, de maneira análoga à forma como várias outras formas de engenharia e tecnologia se relacionam com várias outras ciências (por exemplo, engenharia aeroespacial e outras tecnologias espaciais à cinética e astrofísica).

Em geral, engenheiros biológicos (ou engenheiros biomédicos) tentam imitar sistemas biológicos para criar produtos ou modificar e controlar sistemas biológicos para que possam substituir, aumentar, sustentar ou prever processos químicos e mecânicos. Os bioengenheiros podem aplicar seus conhecimentos a outras aplicações de engenharia e biotecnologia, incluindo modificação genética de plantas e microorganismos, engenharia de bioprocessos e biocatálise. Trabalhando com médicos, clínicos e pesquisadores, os bioengenheiros usam princípios e técnicas tradicionais de engenharia e os aplicam a problemas médicos e biológicos do mundo real.

História

A engenharia biológica é uma disciplina baseada na ciência, fundada nas ciências biológicas, da mesma forma que a engenharia química, a engenharia elétrica e a engenharia mecânica podem se basear na química, eletricidade e magnetismo e mecânica clássica, respectivamente.

Antes da Segunda Guerra Mundial, a engenharia biológica havia começado a ser reconhecida como um ramo da engenharia e era um conceito muito novo para as pessoas. Após a Segunda Guerra Mundial, começou a crescer mais rapidamente, em parte devido ao termo "bioengenharia" cunhado pelo cientista e radialista britânico Heinz Wolff em 1954 no Instituto Nacional de Pesquisa Médica. Wolff se formou no mesmo ano e tornou-se diretor da Divisão de Engenharia Biológica da universidade. Foi a primeira vez que a Bioengenharia foi reconhecida como seu próprio ramo em uma universidade. A engenharia elétrica é considerada pioneira neste setor de engenharia devido ao seu trabalho com dispositivos e máquinas médicas durante esse período. Quando engenheiros e cientistas da vida começaram a trabalhar juntos, eles reconheceram o problema que os engenheiros não conheciam. não sei o suficiente sobre a biologia real por trás de seu trabalho. Para resolver esse problema, os engenheiros que desejavam entrar na engenharia biológica dedicaram mais tempo e estudos aos detalhes e processos que entram em áreas como biologia, psicologia e medicina. O termo engenharia biológica também pode ser aplicado a modificações ambientais como como proteção do solo de superfície, estabilização de taludes, proteção de cursos de água e linhas de costa, quebra-ventos, barreiras de vegetação, incluindo barreiras acústicas e telas visuais, e o aprimoramento ecológico de uma área. Como outras disciplinas de engenharia também tratam de organismos vivos, o termo engenharia biológica pode ser aplicado de maneira mais ampla para incluir a engenharia agrícola. Os engenheiros que desejavam ingressar na engenharia biológica dedicaram mais de seu tempo e estudos aos detalhes e processos que entram em campos como biologia, psicologia e medicina. O termo engenharia biológica também pode ser aplicado a modificações ambientais, como a proteção do solo da superfície, estabilização de taludes, proteção de cursos de água e linhas de costa, quebra-ventos, barreiras de vegetação, incluindo barreiras acústicas e telas visuais, e o aprimoramento ecológico de uma área. Como outras disciplinas de engenharia

também tratam de organismos vivos, o termo engenharia biológica pode ser aplicado de maneira mais ampla para incluir a engenharia agrícola. Os engenheiros que desejavam ingressar na engenharia biológica dedicaram mais de seu tempo e estudos aos detalhes e processos que entram em campos como biologia, psicologia e medicina. O termo engenharia biológica também pode ser aplicado a modificações ambientais, como a proteção do solo da superfície, estabilização de taludes, proteção de cursos de água e linhas de costa, quebra-ventos, barreiras de vegetação, incluindo barreiras acústicas e telas visuais, e o aprimoramento ecológico de uma área. Como outras disciplinas de engenharia também tratam de organismos vivos, o termo engenharia biológica pode ser aplicado de maneira mais ampla para incluir a engenharia agrícola. estabilização de taludes, proteção de cursos de água e linhas de costa, quebra-ventos, barreiras de vegetação, incluindo barreiras acústicas e telas visuais, e o aprimoramento ecológico de uma área. Como outras disciplinas de engenharia também tratam de organismos vivos, o termo engenharia biológica pode ser aplicado de maneira mais ampla para incluir a engenharia agrícola. estabilização de taludes, proteção de cursos de água e linhas de costa, quebra-ventos, barreiras de vegetação, incluindo barreiras acústicas e telas visuais, e o aprimoramento ecológico de uma área. Como outras disciplinas de engenharia também tratam de organismos vivos, o termo engenharia biológica pode ser aplicado de maneira mais ampla para incluir a engenharia agrícola.

O primeiro programa de engenharia biológica foi criado na Universidade da Califórnia, San Diego, em 1966, tornando-o o primeiro currículo de engenharia biológica nos Estados Unidos. Programas mais recentes foram lançados no MIT e na Universidade Estadual de Utah. Muitos departamentos antigos de engenharia agrícola de universidades de todo o mundo renomearam a si mesmos como engenharia agrícola e biológica ou engenharia agrícola e de biossistemas, devido à engenharia biológica como um todo, sendo um campo em rápido desenvolvimento com categorização fluida. Segundo o professor Doug Lauffenburger, do MIT, a engenharia biológica possui uma ampla base que aplica os princípios de engenharia a uma enorme variedade de tamanhos e complexidades de sistemas. Esses sistemas variam desde o nível molecular (biologia molecular, bioquímica, microbiologia, farmacologia, química de proteínas, citologia, imunologia, neurobiologia e neurociência) a sistemas celulares e baseados em tecidos (incluindo dispositivos e sensores), a organismos macroscópicos inteiros (plantas, animais) e podem até atingir ecossistemas

inteiros.

Educação

A duração média do estudo é de três a cinco anos, e o grau concluído é indicado como bacharel em engenharia (bacharelado em engenharia). Os cursos fundamentais incluem termodinâmica, biomecânica, biologia, engenharia genética, dinâmica de fluidos e mecânica, cinética, eletrônica e propriedades de materiais.

Subdisciplinas

Dependendo da instituição e dos limites de definição específicos empregados, alguns dos principais ramos da bioengenharia podem ser categorizados como (observe que eles podem se sobrepor):

Engenharia biomédica: aplicação de princípios de engenharia e conceitos de design à medicina e biologia para fins de saúde

Engenharia de tecidos

Engenharia genética

Engenharia neural

Engenharia farmacêutica

Engenharia clínica

Bioinformática

Biomecânica

Engenharia bioquímica: engenharia de fermentação, aplicação de princípios de engenharia a sistemas biológicos microscópicos usados para criar novos produtos por síntese, incluindo a produção de proteínas a partir de matérias-primas adequadas

Engenharia de sistemas biológicos: aplicação de princípios de engenharia e conceitos de design à agricultura, ciências alimentares e ecossistemas.

Engenharia de bioprocessos: desenvolve tecnologia para monitorar as condições em que o processo de fabricação de produtos farmacêuticos ocorre (Ex: projeto de bioprocessos, biocatálise, biosseparação, bioinformática, bioenergia)

Engenharia de saúde ambiental: aplicação de princípios de engenharia ao controle do meio ambiente para a saúde, conforto e segurança dos seres humanos. Inclui o campo de sistemas de suporte à vida para a exploração do espaço exterior e do oceano

Engenharia de fatores humanos: aplicação de engenharia, fisiologia e psicologia à otimização da relação homem-máquina

Biotechnologia: o uso de sistemas e organismos vivos para desenvolver ou fabricar produtos. (Ex: produtos farmacêuticos)

Biomimética: a imitação de modelos, sistemas e elementos da natureza com o objetivo de resolver problemas humanos complexos. (Ex: velcro, projetado depois que George de Mestral percebeu a facilidade com que as brocas grudavam no cabelo de um cachorro) \

Engenharia bioelétrica:

Engenharia biomecânica:

Biônica: uma integração da Biomédica, focada mais na robótica e nas tecnologias assistidas. (Ex: próteses)

Bioprinting: utilizando biomateriais para imprimir órgãos e novos tecidos

Biorrobótica: (Ex: próteses)

Biologia de sistemas: O estudo de sistemas biológicos.

Organizações

O Conselho de Credenciamento de Engenharia e Tecnologia (ABET), o conselho de credenciamento dos EUA para programas de BS de engenharia, faz uma distinção entre engenharia biomédica e engenharia biológica, embora haja muita sobreposição (veja acima).

O Instituto Americano de Engenharia Médica e Biológica (AIMBE) é composto por 1.500 membros. Seu principal objetivo é educar o público sobre o valor que a engenharia biológica tem em nosso mundo, além de investir em pesquisas e outros programas para avançar no campo. Eles dão prêmios àqueles dedicados à inovação em campo e prêmios por conquistas em campo. (Eles não têm uma contribuição direta à engenharia biológica, mais reconhecem aqueles que o fazem e incentivam o público a continuar esse movimento adiante).

O Instituto de Engenharia Biológica (IBE) é uma organização sem fins lucrativos, com apenas doações. Eles visam incentivar o público a aprender e continuar os avanços na engenharia biológica. (Como o AIMBE, eles não fazem pesquisas diretamente, no entanto, oferecem bolsas de estudos para estudantes que mostram promessas no campo).

A Sociedade de Engenharia Biológica (SBE) é uma comunidade tecnológica associada ao Instituto Americano de Engenheiros Químicos (AIChE). O SBE organiza conferências internacionais e é uma organização global dos principais

engenheiros e cientistas dedicados ao avanço da integração da biologia com a engenharia.

Tecnologias emergentes

Tecnologias emergentes são tecnologias cujo desenvolvimento, aplicações práticas ou ambas ainda não foram realizadas, de modo que figuram emergindo figurativamente em destaque de um cenário de inexistência ou obscuridade. Essas tecnologias são novas, como várias aplicações da biotecnologia, incluindo terapia genética (que data de cerca de 1990, mas ainda hoje têm um grande potencial não desenvolvido). As tecnologias emergentes são frequentemente percebidas como capazes de mudar o status quo.

As tecnologias emergentes são caracterizadas por novidade radical (em aplicações mesmo que não sejam de origem), crescimento relativamente rápido, coerência, impacto proeminente e incerteza e ambiguidade. Em outras palavras, uma tecnologia emergente pode ser definida como "uma tecnologia radicalmente nova e de crescimento relativamente rápido, caracterizada por um certo grau de coerência persistente ao longo do tempo e com o potencial de exercer um impacto considerável no (s) domínio (s) socioeconômico (s). observado em termos da composição de atores, instituições e padrões de interação entre eles, juntamente com os processos de produção de conhecimento associados. Seu impacto mais proeminente, porém, reside no futuro e, portanto, na fase de emergência ainda é um tanto incerto e ambíguo ".

As tecnologias emergentes incluem uma variedade de tecnologias, como tecnologia educacional, tecnologia da informação, nanotecnologia, biotecnologia, ciência cognitiva, psicotecnologia, robótica e inteligência artificial.

Novos campos tecnológicos podem resultar da convergência tecnológica de diferentes sistemas, evoluindo para objetivos semelhantes. O Convergence reúne

tecnologias anteriormente separadas, como voz (e recursos de telefonia), dados (e aplicativos de produtividade) e vídeo, para que eles compartilhem recursos e interajam, criando novas eficiências.

Tecnologias emergentes são aquelas inovações técnicas que representam desenvolvimentos progressivos dentro de um campo para obter vantagens competitivas; as tecnologias convergentes representam campos anteriormente distintos que, de alguma forma, estão se movendo em direção a interconexões mais fortes e objetivos semelhantes. No entanto, a opinião sobre o grau de impacto, status e viabilidade econômica de várias tecnologias emergentes e convergentes varia.

Na história da tecnologia, as tecnologias emergentes são avanços e inovações contemporâneos em vários campos da tecnologia.

Ao longo dos séculos, métodos inovadores e novas tecnologias são desenvolvidas e abertas. Algumas dessas tecnologias são decorrentes de pesquisas teóricas e outras de pesquisa e desenvolvimento comercial.

Technological growth includes incremental developments and disruptive technologies. An example of the former was the gradual roll-out of DVD (digital video disc) as a development intended to follow on from the previous optical technology compact disc. By contrast, disruptive technologies are those where a new method replaces the previous technology and makes it redundant, for example, the replacement of horse-drawn carriages by automobiles and other vehicles.

Emerging technology debates

Muitos escritores, incluindo o cientista da computação Bill Joy, identificaram grupos de tecnologias que consideram críticas para o futuro da humanidade. Joy adverte que a tecnologia pode ser usada pelas elites para o bem ou para o mal. Eles poderiam usá-lo como "bons pastores" para o resto da humanidade ou decidir que todo mundo é supérfluo e pressionar pela extinção em massa daqueles que são desnecessários pela tecnologia.

Os defensores dos benefícios da mudança tecnológica normalmente veem as tecnologias emergentes e convergentes como oferecendo esperança para a melhoria da condição humana. Os ciber-filósofos Alexander Bard e Jan Söderqvist argumentam na *The Futurica Trilogy* que, embora o próprio homem seja basicamente constante ao longo da história da humanidade (os genes mudam muito lentamente), toda mudança relevante é um resultado direto ou indireto da inovação tecnológica (os memes mudam muito rápido), pois novas idéias sempre emanam do uso da tecnologia e não o contrário. Consequentemente, o homem deve ser considerado a principal constante da história e a tecnologia como sua principal variável. No entanto, críticos dos riscos de mudanças tecnológicas, e até alguns defensores como o filósofo transhumanista Nick Bostrom, alertam que algumas dessas tecnologias podem representar perigos, talvez até contribua para a extinção da própria humanidade; ou seja, alguns deles podem envolver riscos existenciais.

Muitos debates éticos se concentram em questões de justiça distributiva na alocação de acesso a formas benéficas de tecnologia. Alguns pensadores, incluindo o especialista em ética ambiental Bill McKibben, se opõem ao desenvolvimento contínuo de tecnologia avançada, em parte por medo de que seus benefícios sejam distribuídos de maneira desigual de maneiras que possam piorar a situação dos pobres. Por outro lado, o inventor Ray Kurzweil está entre os tecno-utópicos que acreditam que as tecnologias emergentes e convergentes podem e irão eliminar a pobreza e abolir o sofrimento.

Alguns analistas como Martin Ford, autor de *As luzes no túnel: automação, acelerando a tecnologia e a economia do futuro*, argumentam que, à medida que

a tecnologia da informação avança, robôs e outras formas de automação resultarão em um desemprego significativo à medida que as máquinas e o software começarem a igualar e exceder a capacidade dos trabalhadores de realizar a maioria dos trabalhos de rotina.

À medida que a robótica e a inteligência artificial se desenvolvem ainda mais, muitos empregos qualificados podem ser ameaçados. Tecnologias como o aprendizado de máquina podem, em última análise, permitir que os computadores realizem muitos trabalhos baseados no conhecimento que exigem educação significativa. Isso pode resultar em desemprego substancial em todos os níveis de habilidade, salários estagnados ou decrescentes para a maioria dos trabalhadores e aumento da concentração de renda e riqueza, à medida que os proprietários do capital capturam uma fração cada vez maior da economia. Por sua vez, isso pode levar a gastos deprimidos do consumidor e crescimento econômico, já que a maior parte da população carece de renda discrecional suficiente para comprar os produtos e serviços produzidos pela economia.

Exemplos

Inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) é a sub-inteligência exibida por máquinas ou software e o ramo da ciência da computação que desenvolve máquinas e software com inteligência semelhante a animal. Os principais pesquisadores e manuais de inteligência artificial definem o campo como "o estudo e o design de agentes inteligentes", onde um agente inteligente é um sistema que percebe seu ambiente e executa ações que maximizam suas chances de sucesso. John McCarthy, que cunhou o termo em 1942, o define como "o estudo de fabricação de máquinas inteligentes".

As funções centrais (ou objetivos) da pesquisa em IA incluem raciocínio, conhecimento, planejamento, aprendizado, processamento de linguagem natural (comunicação), percepção e a capacidade de mover e manipular objetos. A inteligência geral (ou "IA forte) ainda está entre os objetivos de longo prazo do campo. Atualmente, as abordagens populares incluem aprendizado profundo, métodos estatísticos, inteligência computacional e IA simbólica tradicional. Existe um número enorme de ferramentas usadas na IA, incluindo versões de pesquisa e otimização matemática, lógica, métodos baseados em probabilidade e economia, e muitos outros.

Impressao 3D

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, foi posta por Jeremy Rifkin e outros como parte da terceira revolução industrial.

Combinada com a tecnologia da Internet, a impressão 3D permitiria que plantas digitais de praticamente qualquer produto material fossem enviadas instantaneamente a outra pessoa para serem produzidas no local, tornando a compra de um produto on-line quase instantânea.

Embora essa tecnologia ainda seja bruta demais para produzir a maioria dos produtos, ela está se desenvolvendo rapidamente e criou uma controvérsia em 2013 em torno da questão das armas impressas em 3D.

Terapia de genes

A terapia gênica foi demonstrada com sucesso no final de 1990 / início de 1991 para a deficiência de adenosina desaminase, embora o tratamento fosse somático

- isto é, não afetou a linha germinativa do paciente e, portanto, não era herdável. Isso abriu caminho para tratamentos para outras doenças genéticas e aumentou o interesse na terapia gênica de linha germinativa - terapia que afeta os gametas e descendentes de pacientes.

Entre setembro de 1990 e janeiro de 2014, houve cerca de 2.000 ensaios de terapia genética conduzidos ou aprovados.

Vacinas contra o câncer

Uma vacina contra o câncer é uma vacina que trata o câncer existente ou impede o desenvolvimento do câncer em certos indivíduos de alto risco. As vacinas que tratam o câncer existente são conhecidas como vacinas terapêuticas contra o câncer. Atualmente, não existem vacinas capazes de prevenir o câncer em geral.

Em 14 de abril de 2009, a The Dendreon Corporation anunciou que seu teste clínico de fase III do Provenge, uma vacina contra o câncer projetada para tratar o câncer de próstata, demonstrou um aumento na sobrevida. Recebeu a aprovação da FDA (Food and Drug Administration) dos EUA para uso no tratamento de pacientes com câncer de próstata avançado em 29 de abril de 2010. A aprovação do Provenge estimulou o interesse nesse tipo de terapia.

Carne in vitro

A carne in vitro, também denominada carne cultivada, carne limpa, carne livre de crueldade, shmeat e carne de tubo de ensaio, é um produto de carne de animal que nunca fez parte de um animal vivo, com exceção do soro fetal de bezerro retirado de um animal. vaca abatida. No século XXI, vários projetos de pesquisa

trabalharam carne in vitro em laboratório. O primeiro hambúrguer de carne in vitro, criado por uma equipe holandesa, foi comido em uma demonstração para a imprensa em Londres em agosto de 2013. Ainda há dificuldades a serem superadas antes que a carne in vitro se torne comercialmente disponível. A carne cultivada é proibitivamente cara, mas espera-se que o custo possa ser reduzido para competir com o da carne obtida convencionalmente à medida que a tecnologia melhorar. A carne in vitro também é uma questão ética. Alguns argumentam que é menos censurável do que a carne obtida tradicionalmente porque não envolve matar e reduz o risco de crueldade animal, enquanto outros discordam de comer carne que não se desenvolveu naturalmente.

Nanotecnologia

Nanotecnologia (às vezes reduzida para nanotecnologia) é a manipulação da matéria em escala atômica, molecular e supramolecular. A descrição mais antiga e difundida da nanotecnologia se referia ao objetivo tecnológico específico de manipular com precisão átomos e moléculas para a fabricação de produtos em macroescala, também agora denominada nanotecnologia molecular. Uma descrição mais generalizada da nanotecnologia foi posteriormente estabelecida pela National Nanotechnology Initiative, que define a nanotecnologia como a manipulação da matéria com pelo menos uma dimensão dimensionada de 1 a 100 nanômetros. Essa definição reflete o fato de que os efeitos da mecânica quântica são importantes nessa escala do reino quântico, e assim a definição mudou de um objetivo tecnológico específico para uma categoria de pesquisa, incluindo todos os tipos de pesquisa e tecnologias que lidam com as propriedades especiais da matéria que ocorrem abaixo do limite de tamanho especificado.

Robótica

A robótica é o ramo da tecnologia que lida com o design, construção, operação e aplicação de robôs, bem como sistemas de computador para controle, feedback

sensorial e processamento de informações. Essas tecnologias lidam com máquinas automatizadas que podem substituir o homem em ambientes perigosos ou processos de fabricação, ou que se assemelham a aparência, comportamento e / ou cognição. Um bom exemplo de robô que se assemelha a humanos é Sophia, um robô humanóide social desenvolvido pela empresa Hanson Robotics, com sede em Hong Kong, que foi ativada em 19 de abril de 2015. Muitos dos robôs de hoje são inspirados pela natureza, contribuindo para o campo da bio-inspiração. robótica.

Terapia com células-tronco

A terapia com células-tronco é uma estratégia de intervenção que introduz novas células-tronco adultas em tecidos danificados, a fim de tratar doenças ou lesões. Muitos pesquisadores médicos acreditam que os tratamentos com células-tronco têm o potencial de mudar a face da doença humana e aliviar o sofrimento. A capacidade das células-tronco se auto-renovarem e darem origem a gerações subsequentes com graus variáveis de capacidade de diferenciação oferece um potencial significativo para a geração de tecidos que podem potencialmente substituir áreas doentes e danificadas no corpo, com risco mínimo de rejeição e efeitos colaterais.

Tecnologia de contabilidade distribuída

A tecnologia de contabilidade ou blockchain distribuída fornece uma lista transparente e imutável de transações. Uma ampla variedade de usos foi proposta para onde um banco de dados aberto e descentralizado é necessário, variando de cadeias de suprimentos a criptomoedas.

Contratos inteligentes são transações de execução automática que ocorrem quando condições pré-definidas são atendidas. O objetivo é fornecer segurança

superior ao direito contratual tradicional e reduzir custos de transação e atrasos. A ideia original foi concebida por Nick Szabo em 1994, mas permaneceu não realizada até o desenvolvimento de blockchains.

Avanços no campo da medicina

Com a tecnologia sendo mais rápida na entrega de dados com a computação em nuvem, a área médica está aproveitando isso criando registros digitais de saúde. Como os médicos criaram recentemente registros digitais de saúde, isso pode melhorar muito a eficiência, o hospital pode ter com os pacientes. Os hospitais melhorarão a saúde pública ao compartilhar informações valiosas sobre uma doença, tornar o fluxo de trabalho mais suave pelos médicos, com facilidade, para registrar registros de um paciente com facilidade e reduzir ainda mais os custos de saúde ao não usar tanto papel (Banova). Com o avanço da computação em nuvem, as informações podem ser entregues mais rapidamente para os médicos ajudarem o campo médico a crescer.

Desenvolvimento de tecnologias emergentes

À medida que a inovação impulsiona o crescimento econômico e as grandes recompensas econômicas advêm de novas invenções, uma grande quantidade de recursos (financiamento e esforço) é destinada ao desenvolvimento de tecnologias emergentes. Algumas das fontes desses recursos estão descritas abaixo...

Pesquisa e desenvolvimento

Pesquisa e desenvolvimento são direcionados ao avanço da tecnologia em geral

e, portanto, incluem o desenvolvimento de tecnologias emergentes. Veja também Lista de países por gastos com pesquisa e desenvolvimento.

A pesquisa aplicada é uma forma de investigação sistemática envolvendo a aplicação prática da ciência. Ele acessa e usa alguma parte das teorias, conhecimentos, métodos e técnicas acumulados pelas comunidades de pesquisa (da academia), para um objetivo específico, geralmente estatal, comercial ou orientado ao cliente.

Política científica é a área de política pública que se preocupa com as políticas que afetam a conduta da empresa de ciência e pesquisa, incluindo o financiamento da ciência, geralmente em busca de outros objetivos políticos nacionais, como inovação tecnológica para promover o desenvolvimento de produtos comerciais, armas. desenvolvimento, saúde e monitoramento ambiental.

DARPA

A Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA) é uma agência do Departamento de Defesa dos EUA responsável pelo desenvolvimento de tecnologias emergentes para uso militar.

A DARPA foi criada em 1958 como Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPA) pelo presidente Dwight D. Eisenhower. Seu objetivo era formular e executar projetos de pesquisa e desenvolvimento para expandir as fronteiras da tecnologia e da ciência, com o objetivo de ir além das exigências militares imediatas.

Os projetos financiados pela DARPA forneceram tecnologias significativas que influenciaram muitos campos não militares, como a Internet e a tecnologia do Sistema de Posicionamento Global.

Concursos e prêmios de tecnologia

Existem prêmios que incentivam o aumento dos limites da tecnologia (geralmente sinônimo de tecnologias emergentes). Observe que, enquanto alguns desses prêmios recompensam a conquista após o fato por meio da análise dos méritos das inovações tecnológicas, outros fornecem incentivos por meio de concursos para prêmios oferecidos por metas ainda a serem alcançadas.

O prêmio Orteig foi um prêmio de US \$ 25.000 oferecido em 1919 pelo hotelheiro francês Raymond Orteig pelo primeiro voo sem escalas entre Nova York e Paris. Em 1927, o oprimido Charles Lindbergh ganhou o prêmio em uma aeronave modificada Ryan, chamada Spirit of St. Louis. No total, nove equipes gastaram US \$ 400.000 em busca do Prêmio Orteig.

A série de prêmios XPRIZE, concursos públicos projetados e gerenciados pela organização sem fins lucrativos denominada X Prize Foundation, visam incentivar o desenvolvimento tecnológico que possa beneficiar a humanidade. O XPRIZE mais conhecido até o momento foi o XPRIZE de US \$ 10.000.000 referente ao desenvolvimento de naves espaciais, que foi premiado em 2004 pelo desenvolvimento do SpaceShipOne.

O Prêmio Turing é um prêmio anual concedido pela Association for Computing Machinery (ACM) a "um indivíduo selecionado por contribuições de natureza técnica feitas à comunidade de computação". Estipula-se que as contribuições sejam de grande importância técnica duradoura e importante para o campo da informática. O Prêmio Turing é geralmente reconhecido como a maior distinção

em ciência da computação e em 2014 cresceu para US \$ 1 000 000.

O Prêmio de Tecnologia do Milênio é concedido a cada dois anos pela Academia de Tecnologia da Finlândia, um fundo independente estabelecido pela indústria finlandesa e pelo estado finlandês em parceria. O primeiro destinatário foi Tim Berners-Lee, inventor da World Wide Web.

Em 2003, David Gobel financiou o Prêmio Methuselah Mouse (Mprize) para incentivar o desenvolvimento de novas terapias de extensão de vida em camundongos, geneticamente similares aos humanos. Até agora, três prêmios Mouse foram concedidos: um por quebrar recordes de longevidade ao Dr. Andrzej Bartke, da Southern Illinois University; um para estratégias de rejuvenescimento de início tardio para o Dr. Stephen Spindler, da Universidade da Califórnia; e um ao Dr. Z. Dave Sharp, por seu trabalho com a rapamicina farmacêutica.

Papel da ficção científica

A ficção científica freqüentemente afetou a inovação e as novas tecnologias - por exemplo, muitos pioneiros do foguete foram inspirados pela ficção científica - e o documentário Como William Shatner Mudou o Mundo fornece vários exemplos de tecnologias imaginadas sendo atualizadas.

Referências:

Artificial general intelligence

*John R. Searle, "What Your Computer Can't Know" (review of Luciano Floridi, *The Fourth Revolution: How the Infosphere Is Reshaping Human Reality*, Oxford University Press, 2014; and Nick Bostrom, *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*, Oxford University Press, 2014), *The New York Review of Books*, vol. LXI, no. 15 (October 9, 2014), pp. 52–55.*

Yudkowsky, E. (2011, August). Complex value systems in friendly AI. In International Conference on Artificial General Intelligence (pp. 388-393). Springer, Berlin, Heidelberg.

"Facebook Quietly Enters StarCraft War for AI Bots, and Loses". WIRED. 2017. Retrieved 7 May 2018.

"Elon Musk says AI could doom human civilization. Zuckerberg disagrees. Who's right?". USA TODAY. 2 January 2018. Retrieved 8 January 2018.

Bostrom, Nick (2012). "Superintelligent Will" (PDF). Nick Bostrom. Nick Bostrom. Retrieved 29 October 2015.

Scaruffi, Piero, *"Intelligence is not Artificial"* (2016) for a critique of the singularity movement and its similarities to religious cults.

Simon, H. A.; Newell, Allen (1958), *"Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research"*, *Operations Research*, 6: 1, doi:10.1287/opre.6.1.1.

"Why We Should Think About the Threat of Artificial Intelligence". *The New Yorker*. 4 October 2013. Retrieved 7 February 2016. "Of course, one could try to ban super-intelligent computers altogether. But 'the competitive advantage—economic, military, even artistic—of every advance in automation is so compelling,' Vernor Vinge, the mathematician and science-fiction author, wrote, 'that passing laws, or having customs, that forbid such things merely assures that someone else will.'"

Bowling, M.; Burch, N.; Johanson, M.; Tammelin, O. (2015). *"Heads-up limit hold'em poker is solved"*. *Science*. 347 (6218): 145–9. Bibcode:2015Sci...347..145B. CiteSeerX 10.1.1.697.72. doi:10.1126/science.1259433. PMID 25574016.

"Over a third of people think AI poses a threat to humanity". *Business Insider*. 11 March 2016. Retrieved 16 May 2016.

Wakefield, Jane (15 September 2015). *"Why is Facebook investing in AI?"*. *BBC News*. Retrieved 27 November 2017.

Brogan, Jacob (6 May 2016). *"What Slate Readers Think About Killer A.I."* *Slate*. Retrieved 15 May 2016.

Lighthill, Professor Sir James (1973), "Artificial Intelligence: A General Survey", Artificial Intelligence: a paper symposium, Science Research Council

"IKEA furniture and the limits of AI". The Economist. 2018. Retrieved 24 April 2018.

Hurst, Nathan. "Why Funny, Falling, Soccer-Playing Robots Matter". Smithsonian. Retrieved 28 December 2017.

"Robots with legs are getting ready to walk among us". The Verge. Retrieved 28 December 2017.

Madrigal, Alexis C. (2017). "How Checkers Was Solved". The Atlantic. Retrieved 6 May 2018.

Yudkowsky, Eliezer. "Complex value systems in friendly AI." In Artificial general intelligence, pp. 388-393. Springer Berlin Heidelberg, 2011.

"The Business of Artificial Intelligence". Harvard Business Review. 18 July 2017. Retrieved 28 December 2017.

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2003), Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2.

Tierney, John (25 August 2008). "Vernor Vinge's View of the Future - Is Technology That Outthinks Us a Partner or a Master ?". *The New York Times*. Retrieved 31 January 2018.

Butler, Samuel (13 June 1863), "Darwin Among the Machines", *The Press*, Christchurch, New Zealand, retrieved 10 October 2008.

Kurzweil, Ray (2005). *The Singularity is Near*. New York, NY: Penguin Group. ISBN 9780715635612.

Waser, Mark. "Rational Universal Benevolence: Simpler, Safer, and Wiser Than 'Friendly AI'." *Artificial General Intelligence*. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 153-162. "Terminal-goaled intelligences are short-lived but mono-maniacally dangerous and a correct basis for concern if anyone is smart enough to program high-intelligence and unwise enough to want a paperclip-maximizer."

Searle, John (1980), "Minds, Brains and Programs", *Behavioral and Brain Sciences*, 3 (3): 417–457, doi:10.1017/S0140525X00005756, retrieved 13 May 2009.

Jump up to: a b "The Mystery of Go, the Ancient Game That Computers Still Can't Win". *WIRED*. 2014. Retrieved 31 January 2018.

Hewitt, Carl; Bishop, Peter; Steiger, Richard (1973), *A Universal Modular Actor Formalism for Artificial Intelligence (PDF)*, *IJCAI*, archived from the original (PDF) on 29 December 2009

Newell, Allen; Simon, H. A. (1976). "Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search". *Communications of the ACM*. 19 (3): 113–126. doi:10.1145/360018.360022.

John McGinnis (Summer 2010). "Accelerating AI". *Northwestern University Law Review*. 104 (3): 1253–1270. Retrieved 16 July 2014.

McCorduck, Pamela (2004), *Machines Who Think* (2nd ed.), Natick, MA: A. K. Peters, Ltd., ISBN 1-56881-205-1

"AlphaStar: Mastering the Real-Time Strategy Game StarCraft II".

CNN (26 July 2006), *AI set to exceed human brain power*, CNN.com, retrieved 16 October 2007.

"Tech Luminaries Address Singularity". *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*. 2008. Retrieved 31 January 2018.

Artificial Intelligence Alarmists Win ITIF's Annual Luddite Award, ITIF Website, 19 January 2016

Gibney, Elizabeth (28 January 2016). "Google AI algorithm masters ancient game of Go". *Nature*. pp. 445–446. Bibcode:2016Natur.529..445G. doi:10.1038/529445a. Retrieved 31 January 2018.

Maker, Meg Houston (2006), AI@50: AI Past, Present, Future, Dartmouth College, archived from the original on 8 October 2008, retrieved 16 October 2008

Gubrud, Mark (November 1997), "Nanotechnology and International Security", Fifth Foresight Conference on Molecular Nanotechnology, retrieved 7 May 2011

Olsen, Stefanie (10 May 2004), Newsmaker: Google's man behind the curtain, CNET, retrieved 17 October 2008.

Hanson, Robin (1998), Some Skepticism, Robin Hanson, archived from the original on 2009-08-28, retrieved 2009-06-19

Colby, Kenneth M.; Watt, James B.; Gilbert, John P. (1966), "A Computer Method of Psychotherapy: Preliminary Communication", The Journal of Nervous and Mental Disease, vol. 142 no. 2, pp. 148–152, doi:10.1097/00005053-196602000-00005, retrieved 17 June 2018.

Kaku, Michio (2011). Physics of the future: how science will shape human destiny and our daily lives by the year 2100. New York: Doubleday. ISBN 978-0-385-53080-4. "I personally believe that the most likely path is that we will build robots to be benevolent and friendly"

Kaj Sotala; Roman Yampolskiy (19 December 2014). "Responses to catastrophic AGI risk: a survey". Physica Scripta. 90 (1). "In general, most writers reject proposals for broad relinquishment... Relinquishment proposals suffer from

many of the same problems as regulation proposals, but to a greater extent. There is no historical precedent of general, multi-use technology similar to AGI being successfully relinquished for good, nor do there seem to be any theoretical reasons for believing that relinquishment proposals would work in the future. Therefore we do not consider them to be a viable class of proposals."

"Kramnik vs Deep Fritz: Computer wins match by 4:2". Chess News. 2006-12-05. Retrieved 2018-07-15.

Müller, V. C., & Bostrom, N. (2016). Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion. In Fundamental issues of artificial intelligence (pp. 555-572). Springer, Cham.

Dadich, Scott. "Barack Obama Talks AI, Robo Cars, and the Future of the World". WIRED. Retrieved 27 November 2017.

"Real-Life Decepticons: Robots Learn to Cheat". Wired. 18 August 2009. Retrieved 7 February 2016.

Weizenbaum, Joseph (1976), Computer Power and Human Reason, W.H. Freeman & Company, ISBN 978-0-14-022535-8, OCLC 10952283.

Johnson, Mark (1987), The body in the mind, Chicago, ISBN 978-0-226-40317-5

Kaplan, Andreas; Haenlein, Michael (2019). "Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of

*artificial intelligence". Business Horizons. 62: 15–25.
doi:10.1016/j.bushor.2018.08.004.*

Sheppard, B. (2002). "World-championship-caliber Scrabble". Artificial Intelligence. 134 (1–2): 241–275. doi:10.1016/S0004-3702(01)00166-7.

Nilsson, Nils (1998), Artificial Intelligence: A New Synthesis, Morgan Kaufmann Publishers, ISBN 978-1-55860-467-4

Brown, Noam; Sandholm, Tuomas (26 January 2018). "Superhuman AI for heads-up no-limit poker: Libratus beats top professionals". Science. pp. 418–424. doi:10.1126/science.aao1733. Retrieved 7 May 2018.

"The Week in Chess 771". theweekinchess.com. Retrieved 2018-07-15.

Searle, John (1980), "Minds, Brains and Programs", Behavioral and Brain Sciences, 3 (3): 417–457, doi:10.1017/S0140525X00005756, archived from the original on 18 January 2010

de Vega, Manuel; Glenberg, Arthur; Graesser, Arthur, eds. (2008), Symbols and Embodiment: Debates on meaning and cognition, Oxford University Press, ISBN 978-0-19-921727-4

Tesauro, Gerald (January 2002). "Programming backgammon using self-teaching neural nets". Artificial Intelligence. 134 (1–2): 181–199. doi:10.1016/S0004-3702(01)00110-2. "...at least two other neural net programs

also appear to be capable of superhuman play"

Jump up to: a b Kharpal, Arjun (7 November 2017). "A.I. is in its 'infancy' and it's too early to regulate it, Intel CEO Brian Krzanich says". CNBC. Retrieved 27 November 2017.

Berglas, Anthony (2008), Artificial Intelligence will Kill our Grandchildren, retrieved 2008-06-13

Jackson, Joab. "IBM Watson Vanquishes Human Jeopardy Foes". PC World. IDG News. Retrieved 2011-02-17.

Yampolskiy, Roman V. (8 April 2014). "Utility function security in artificially intelligent agents". Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 26 (3): 373–389. doi:10.1080/0952813X.2014.895114.

"Facebook Quietly Enters StarCraft War for AI Bots, and Loses". WIRED. 2017. Retrieved 6 May 2018.

Johnson, George (29 July 1997). "To Test a Powerful Computer, Play an Ancient Game". The New York Times. Retrieved 31 January 2018.

Hendry, Erica R. (21 January 2014). "What Happens When Artificial Intelligence Turns On Us?". Smithsonian. Retrieved 26 October 2015.

"AI bots trained for 180 years a day to beat humans at Dota 2". The Verge. 25 June 2018. Retrieved 17 July 2018.

Yudkowsky, Eliezer (2008), "Artificial Intelligence as a Positive and Negative Factor in Global Risk", Global Catastrophic Risks, Bibcode:2008gcr..book..303Y.

Kurzweil, Ray (2005), The Singularity is Near, Viking Press

Lenat, Douglas (1982). "Eurisko: A Program That Learns New Heuristics and Domain Concepts The Nature of Heuristics III: Program Design and Results". Artificial Intelligence (Print). 21 (1–2): 61–98. doi:10.1016/s0004-3702(83)80005-8.

"4 Crazy Predictions About the Future of Art". Inc.com. 2017. Retrieved 31 January 2018.

Turing, Alan (1936–37), "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem", Proceedings of the London Mathematical Society, 2 (42): 230–265, doi:10.1112/plms/s2-42.1.230, retrieved 8 October 2008.

Approximate year AI started beating top human experts

Martin Ford (2015). "Chapter 9: Super-intelligence and the Singularity". Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future. ISBN 9780465059997.

"Should humans fear the rise of the machine?". The Telegraph (UK). 1 September 2015. Retrieved 7 February 2016.

Newquist, HP (1994), The Brain Makers: Genius, Ego, And Greed In The Quest For Machines That Think, New York: Macmillan/SAMS, ISBN 978-0-9885937-1-8

Berglas, Anthony (2008), Artificial Intelligence will Kill our Grandchildren, retrieved 13 June 2008

Poole, David; Mackworth, Alan; Goebel, Randy (1998), Computational Intelligence: A Logical Approach, New York: Oxford University Press

Feigenbaum, Edward A.; McCorduck, Pamela (1983), The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World, Michael Joseph, ISBN 978-0-7181-2401-4

Koch, Christof (2016). "How the Computer Beat the Go Master". Scientific American. Retrieved 31 January 2018.

"Cracking GO". IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. 2007. Retrieved 31 January 2018.

Moravec, Hans (1988), Mind Children, Harvard University Press

Nagel (1974), "What Is it Like to Be a Bat" (PDF), *Philosophical Review*, 83 (4): 435–50, doi:10.2307/2183914, JSTOR 2183914.

Johnson, George (4 April 2016). "To Beat Go Champion, Google's Program Needed a Human Army". *The New York Times*. Retrieved 31 January 2018.

Goertzel, Ben (December 2007), "Human-level artificial general intelligence and the possibility of a technological singularity: a reaction to Ray Kurzweil's *The Singularity Is Near*, and McDermott's critique of Kurzweil", *Artificial Intelligence*, 171 (18, Special Review Issue): 1161–1173, doi:10.1016/j.artint.2007.10.011, retrieved 1 April 2009.

Moyer, Christopher (2016). "How Google's AlphaGo Beat a Go World Champion". *The Atlantic*. Retrieved 31 January 2018.

Khatchadourian, Raffi (16 November 2015). "The Doomsday Invention". *The New Yorker*. Retrieved 31 January 2018.

Hofstadter, Douglas (1999), *Gödel, Escher, Bach: an Eternal Golden Braid*, Basic Books, ISBN 978-0-465-02656-2, OCLC 225590743.

Dina Bass; Jack Clark (5 February 2015). "Is Elon Musk Right About AI? Researchers Don't Think So: To quell fears of artificial intelligence running amok, supporters want to give the field an image makeover". *Bloomberg News*. Retrieved 7 February 2016.

Bethe, P. M. (2009). *The state of automated bridge play*.

Olsen, Stefanie (18 August 2006), *Spying an intelligent search engine*, CNET, retrieved 17 October 2008.

Buchanan, Bruce G. (Winter 2005), "A (Very) Brief History of Artificial Intelligence" (PDF), *AI Magazine*, pp. 53–60, archived from the original (PDF) on 26 December 2007, retrieved 30 August 2007.

Meyer, Robinson (2015). "How Worried Should We Be About Facial Recognition?". *The Atlantic*. Retrieved 2 March 2018.

Darrach, Brad (20 November 1970), "Meet Shakey, the First Electronic Person", *Life Magazine*, pp. 58–68.

McCarthy, John (October 2007), "From here to human-level AI", *Artificial Intelligence*, 171 (18): 1174–1182, doi:10.1016/j.artint.2007.10.009.

Kolata, G. (1982), "How can computers get common sense?", *Science*, 217 (4566): 1237–1238, Bibcode:1982Sci...217.1237K, doi:10.1126/science.217.4566.1237, PMID 17837639.

Goertzel, Ben; Pennachin, Cassio, eds. (2006), *Artificial General Intelligence* (PDF), Springer, ISBN 978-3-540-23733-4, archived from the original (PDF) on 20 March 2013

Lighthill, Professor Sir James (1973), "Artificial Intelligence: A General Survey", Artificial Intelligence: a paper symposium, Science Research Council

Haidt, Jonathan; Kesebir, Selin (2010) "Chapter 22: Morality" In Handbook of Social Psychology, Fifth Edition, Hoboken NJ, Wiley, 2010, pp. 797-832.

Poole, David; Mackworth, Alan; Goebel, Randy (1998), Computational Intelligence: A Logical Approach, Oxford University Press., ISBN 978-0-19-510270-3.

Jump up to: a b Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B., & Evans, O. (2017). When will AI exceed human performance? Evidence from AI experts. arXiv preprint arXiv:1705.08807.

"Elon Musk and Stephen Hawking warn of artificial intelligence arms race". Newsweek. 31 January 2017. Retrieved 11 December 2017.

Garner, Rochelle. "Elon Musk, Stephen Hawking win Luddite award as AI 'alarmists'". CNET. Retrieved 7 February 2016.

McCarthy, John; Hayes, P. J. (1969), "Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence", in Meltzer, B. J.; Mitchie, Donald (eds.), Machine Intelligence 4, Edinburgh University Press, pp. 463–502, retrieved 16 October 2008

Minsky, Marvin (2001), It's 2001. Where Is HAL?, Dr. Dobb's Technetcast, retrieved 8 August 2009

McCarthy, John; Minsky, Marvin; Rochester, Nathan; Shannon, Claude (31 August 1955), A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, retrieved 16 October 2008

Aleksander, Igor (1996), Impossible Minds, World Scientific Publishing Company, ISBN 978-1-86094-036-1

Cordeschi, Roberto (2002), The Discovery of the Artificial, Dordrecht: Kluwer..

Dreyfus, Hubert (1972), What Computers Can't Do, New York: MIT Press, ISBN 978-0-06-090613-9, OCLC 5056816.

Dreyfus, Hubert (1965), Alchemy and AI, RAND Corporation Memo.

Moravec, Hans (1976), The Role of Raw Power in Intelligence, archived from the original on 3 March 2016, retrieved 29 September 2007

Crevier, Daniel (1993), AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence, New York, NY: BasicBooks, ISBN 0-465-02997-3

Kurzweil, Ray (2005), The Singularity is Near, Viking Press, ISBN 978-0-14-303788-0, OCLC 71826177.

"Will your job still exist in 10 years when the robots arrive?". South China Morning Post. 2017. Retrieved 7 May 2018.

Newell, Allen; Simon, H. A. (1963), "GPS: A Program that Simulates Human Thought", in Feigenbaum, E.A.; Feldman, J. (eds.), Computers and Thought, New York: McGraw-Hill

Kircher, Madison Malone. "Obama on the Risks of AI: 'You Just Gotta Have Somebody Close to the Power Cord'". Select All. Retrieved 27 November 2017.

McClain, Dylan Loeb (11 September 2010). "Bent Larsen, Chess Grandmaster, Dies at 75". The New York Times. Retrieved 31 January 2018.

John McGinnis (Summer 2010). "Accelerating AI". Northwestern University Law Review. 104 (3): 1253–1270. Retrieved 16 July 2014. "For all these reasons, verifying a global relinquishment treaty, or even one limited to AI-related weapons development, is a nonstarter... (For different reasons from ours, the Machine Intelligence Research Institute) considers (AGI) relinquishment infeasible..."

Gelernter, David (2010), Dream-logic, the Internet and Artificial Thought, retrieved 25 July 2010

Feigenbaum, Edward A.; McCorduck, Pamela (1983), The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World, Michael Joseph, ISBN 978-0-7181-2401-4.

*Nick, Martin (2005), Al Jazari: The Ingenious 13th Century Muslim Mechanic, Al Shindagah, retrieved 16 October 2008.**

Minsky, Marvin; Papert, Seymour (1969), Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry, The MIT Press, ISBN 978-0-262-63111-2, OCLC 16924756

Hebb, D.O. (1949), The Organization of Behavior, New York: Wiley, ISBN 978-0-8058-4300-2, OCLC 48871099.

"The Arimaa Challenge". arimaa.com. Retrieved 2018-07-15.

"AI Principles". Future of Life Institute. Retrieved 11 December 2017.

"Microsoft researchers say their newest deep learning system beats humans -- and Google - VentureBeat - Big Data - by Jordan Novet". VentureBeat. 2015-02-10.

Goertzel, Ben; Wang, Pei (2006), Introduction: Aspects of Artificial General Intelligence (PDF)

Omohundro, Steve (2008), The Nature of Self-Improving Artificial Intelligence, presented and distributed at the 2007 Singularity Summit, San Francisco, CA.

Bostrom, Nick (2002), "Existential Risks", *Journal of Evolution and Technology*, 9, retrieved 2007-08-07

Feigenbaum, Edward A. (2003). "Some challenges and grand challenges for computational intelligence". *Journal of the ACM*. 50 (1): 32–40. doi:10.1145/602382.602400.

Jump up to: a b van den Herik, H.Jaap; Uiterwijk, Jos W.H.M.; van Rijswijk, Jack (January 2002). "Games solved: Now and in the future". *Artificial Intelligence*. 134 (1–2): 277–311. doi:10.1016/S0004-3702(01)00152-7.

Jump up to: a b Shermer, Michael (1 March 2017). "Apocalypse AI". *Scientific American*. p. 77. Bibcode:2017SciAm.316c..77S. doi:10.1038/scientificamerican0317-77. Retrieved 27 November 2017.

Brynjolfsson, Erik; Mitchell, Tom (22 December 2017). "What can machine learning do? Workforce implications". *Science*. pp. 1530–1534. Bibcode:2017Sci...358.1530B. doi:10.1126/science.aap8062. Retrieved 7 May 2018.

AI set to exceed human brain power CNN.com (July 26, 2006)

McCullough, W. S.; Pitts, W. (1943), "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5 (4): 115–127, doi:10.1007/BF02478259

The Economist (7 June 2007), "Are You Talking to Me?", *The Economist*, retrieved 16 October 2008.

Coughlan, Sean (24 April 2013). "How are humans going to become extinct?". *BBC News*. Retrieved 29 March 2014.

Brynjolfsson, E., & Mitchell, T. (2017). What can machine learning do? Workforce implications. *Science*, 358(6370), 1530-1534.

Russell, Stuart J.; Norvig, Peter (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2

Luger, George; Stubblefield, William (2004), *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving* (5th ed.), The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., p. 720, ISBN 978-0-8053-4780-7

Minsky, Marvin (1967), *Computation: Finite and Infinite Machines*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall

Lenat, Douglas; Guha, R. V. (1989), *Building Large Knowledge-Based Systems*, Addison-Wesley, ISBN 978-0-201-51752-1, OCLC 19981533.

Moravec, Hans (1988), *Mind Children*, Harvard University Press, ISBN 978-0-674-57618-6, OCLC 245755104

Müller, V. C., & Bostrom, N. (2016). *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*. In *Fundamental issues of artificial intelligence* (pp. 555-572). Springer, Cham.

Hawkins, Jeff; Blakeslee, Sandra (2004), *On Intelligence*, New York, NY: Owl Books, ISBN 978-0-8050-7853-4, OCLC 61273290.

Azevedo FA, Carvalho LR, Grinberg LT, et al. (April 2009), "Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain", *The Journal of Comparative Neurology*, 513 (5): 532–41, doi:10.1002/cne.21974, PMID 19226510, retrieved 4 September 2013

Moravec, Hans (1976), *The Role of Raw Power in Intelligence*, retrieved 16 October 2008

Hibbard, Bill (5 November 2014). "Ethical Artificial Intelligence". *arXiv:1411.1373*.

Jump up to: a b Raffi Khatchadourian (23 November 2015). "The Doomsday Invention: Will artificial intelligence bring us utopia or destruction?". *The New Yorker*. Retrieved 7 February 2016.

Borowiec, Tracey Lien, Steven (2016). "AlphaGo beats human Go champ in milestone for artificial intelligence". *latimes.com*. Retrieved 7 May 2018.

Bostrom, Nick (2016). "New Epilogue to the Paperback Edition".

Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies (Paperback ed.).

"In Major AI Breakthrough, Google System Secretly Beats Top Player at the Ancient Game of Go". WIRED. Retrieved 28 December 2017.

Jump up to: a b Armstrong, Stuart. "General purpose intelligence: arguing the orthogonality thesis." Analysis and Metaphysics 12 (2013).

Lucas, John (1961), "Minds, Machines and Gödel", Philosophy, 36 (XXXVI): 112–127, doi:10.1017/S0031819100057983, retrieved 15 October 2008

Grace, Katja; Salvatier, John; Dafoe, Allan; Zhang, Baobao; Evans, Owain (24 May 2017). "When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts". arXiv:1705.08807.

Yudkowsky, Eliezer (2006), Goertzel, Ben; Pennachin, Cassio (eds.), "Artificial General Intelligence" (PDF), Annual Review of Psychology, Springer, 49: 585–612, doi:10.1146/annurev.psych.49.1.585, ISBN 978-3-540-23733-4, PMID 9496632, archived from the original (PDF) on 11 April 2009

Waser, Mark (2015). "Designing, Implementing and Enforcing a Coherent System of Laws, Ethics and Morals for Intelligent Machines (Including Humans)". Procedia Computer Science (Print). 71: 106–111. doi:10.1016/j.procs.2015.12.213.

Turing, Alan (October 1950), "Computing Machinery and Intelligence", Mind,

LIX (236): 433–460, doi:10.1093/mind/LIX.236.433, ISSN 0026-4423

Samuel, Arthur L. (July 1959), "Some studies in machine learning using the game of checkers", IBM Journal of Research and Development, 3 (3): 210–219, CiteSeerX 10.1.1.368.2254, doi:10.1147/rd.33.0210, retrieved 20 August 2007.

Chalmers, David (1996), The Conscious Mind, Oxford University Press.

Holte, RC; Choueiry, BY (2003), "Abstraction and reformulation in artificial intelligence", Philosophical Transactions of the Royal Society B, 358 (1435): 1197–1204, doi:10.1098/rstb.2003.1317, PMC 1693218, PMID 12903653.

"'Artificial intelligence alarmists' like Elon Musk and Stephen Hawking win 'Luddite of the Year' award". The Independent (UK). 19 January 2016. Retrieved 7 February 2016.

Jump up to: a b Kurtzweil 2005, p. 264

Markoff, John (14 October 2005), "Behind Artificial Intelligence, a Squadron of Bright Real People", The New York Times, retrieved 16 October 2008

Doyle, J. (1983), "What is rational psychology? Toward a modern mental philosophy", AI Magazine, vol. 4 no. 3, pp. 50–53.

Crevier, Daniel (1993), AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence,

New York, NY: BasicBooks, ISBN 0-465-02997-3

Molloy, Mark (17 March 2017). "Expert predicts date when 'sexier and funnier' humans will merge with AI machines". *The Telegraph*. Retrieved 31 January 2018.

Clocksion, William (August 2003), "Artificial intelligence and the future", *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 361 (1809): 1721–1748, Bibcode:2003RSPTA.361.1721C, doi:10.1098/rsta.2003.1232, PMID 12952683.

Minsky, Marvin (1986), *The Society of Mind*, Simon and Schuster, ISBN 978-0-671-65713-0, OCLC 223353010

Sutherland, J.G. (1990), "Holographic Model of Memory, Learning, and Expression", *International Journal of Neural Systems*, 1–3: 256–267.

NRC (1999), "Developments in Artificial Intelligence", *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academy Press

National Research Council (1999), "Developments in Artificial Intelligence", *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academy Press, ISBN 978-0-309-06278-7, OCLC 246584055 under "Artificial Intelligence in the 90s"

Jump up to: a b Bostrom, Nick (2013). *Superintelligence*. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0199678112.

Jump up to: a b Gray, Richard (2018). "How long will it take for your job to be automated?". BBC. Retrieved 31 January 2018.

Harvnb|Simon|1965|p=96 quoted in Harvnb|Crevier|1993|p=109

Minsky, Marvin (1974), A Framework for Representing Knowledge, retrieved 16 October 2008

Ontanon, Santiago; Synnaeve, Gabriel; Uriarte, Alberto; Richoux, Florian; Churchill, David; Preuss, Mike (December 2013). "A Survey of Real-Time Strategy Game AI Research and Competition in StarCraft". IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games. 5 (4): 293–311. CiteSeerX 10.1.1.406.2524. doi:10.1109/TCIAIG.2013.2286295.

Simon, H. A. (1965), The Shape of Automation for Men and Management, New York: Harper & Row

Santoro, Adam; Bartunov, Sergey; Botvinick, Matthew; Wierstra, Daan; Lillicrap, Timothy (19 May 2016). "One-shot Learning with Memory-Augmented Neural Networks". p. 5, Table 1. arXiv:1605.06065. "4.2. Omniglot Classification: "The network exhibited high classification accuracy on just the second presentation of a sample from a class within an episode (82.8%), reaching up to 94.9% accuracy by the fifth instance and 98.1% accuracy by the tenth."

"The Business of Artificial Intelligence". Harvard Business Review. 18 July

2017. Retrieved 31 January 2018.

Chorost, Michael (18 April 2016). "Let Artificial Intelligence Evolve". *Slate*. Retrieved 27 November 2017.

Lakoff, George (1987), *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*, University of Chicago Press., ISBN 978-0-226-46804-4.

Technology Correspondent, Mark Bridge (10 June 2017). "Making robots less confident could prevent them taking over". *The Times*. Retrieved 21 March 2018.

Copeland, Jack (2000), *Micro-World AI*, retrieved 8 October 2008.

Gibbs, Samuel (17 July 2017). "Elon Musk: regulate AI to combat 'existential threat' before it's too late". *The Guardian*. Retrieved 27 November 2017.

Jump up to: a b "Shogi prodigy breathes new life into the game | The Japan Times". *The Japan Times*. Retrieved 2018-07-15.

Richard Posner (2006). *Catastrophe: risk and response*. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-530647-7.

Brad Allenby (11 April 2016). "The Wrong Cognitive Measuring Stick". *Slate*. Retrieved 15 May 2016. "It is fantasy to suggest that the accelerating development and deployment of technologies that taken together are considered

to be A.I. will be stopped or limited, either by regulation or even by national legislation."

Brooks, Rodney (1990), "Elephants Don't Play Chess" (PDF), Robotics and Autonomous Systems, 6 (1–2): 3–15, CiteSeerX 10.1.1.588.7539, doi:10.1016/S0921-8890(05)80025-9, retrieved 30 August 2007.

Halal, William E. "TechCast Article Series: The Automation of Thought" (PDF). Archived from the original (PDF) on 6 June 2013.

Clinton, Hillary (2017). What Happened. p. 241. ISBN 978-1-5011-7556-5. via

Darrach, Brad (20 November 1970), "Meet Shaky, the First Electronic Person", Life Magazine, pp. 58–68.

Zucker, Jean-Daniel (July 2003), "A grounded theory of abstraction in artificial intelligence", Philosophical Transactions of the Royal Society B, 358 (1435): 1293–1309, doi:10.1098/rstb.2003.1308, PMC 1693211, PMID 12903672.

Jump up to: a b Webley, Kayla (15 February 2011). "Top 10 Man-vs.-Machine Moments". Time. Retrieved 28 December 2017.

Jump up to: a b "AI will be able to beat us at everything by 2060, say experts". New Scientist. 2018. Retrieved 31 January 2018.

William D. Nordhaus, "Why Growth Will Fall" (a review of Robert J. Gordon, *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living Since the Civil War*, Princeton University Press, 2016, ISBN 978-0691147727, 762 pp., \$39.95), *The New York Review of Books*, vol. LXIII, no. 13 (August 18, 2016), pp. 64, 66, 68.

NRC (1999), "Developments in Artificial Intelligence", *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academy Press, ISBN 978-0-309-06278-7, OCLC 246584055

Tascarella, Patty (14 August 2006), "Robotics firms find fundraising struggle, with venture capital shy", *Pittsburgh Business Times*, retrieved 15 March 2016.

Gray, Jim (2003). "What Next? A Dozen Information-Technology Research Goals". *Journal of the ACM*. 50 (1): 41–57. [arXiv:cs/9911005](https://arxiv.org/abs/cs/9911005).
Bibcode:1999cs.....11005G. doi:10.1145/602382.602401.

"Superhumanism". *WIRED*. 1995. Retrieved 31 January 2018.

Simon, H. A. (1965), *The Shape of Automation for Men and Management*, New York: Harper & Row.

"AlphaGo beats Ke Jie again to wrap up three-part match". *The Verge*. Retrieved 2018-07-15.

O'Connor, Kathleen Malone (1994), *The alchemical creation of life (takwin) and*

other concepts of Genesis in medieval Islam, University of Pennsylvania, pp. 1–435, retrieved 10 January 2007

McCorduck, Pamela (2004), Machines Who Think (2nd ed.), Natick, MA: A. K. Peters, Ltd., ISBN 978-1-56881-205-2, OCLC 52197627.

Good, I. J. (1965), Franz L. Alt; Morris Rubinoff (eds.), Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine, Advances in Computers, 6, Academic Press, pp. 31–88, doi:10.1016/S0065-2458(08)60418-0, ISBN 9780120121069, archived from the original on 2001-05-27, retrieved 2007-08-07

"Artificial Intelligence Index 2017 Annual Report" (PDF). Stanford 100 Year Study on AI. Retrieved 28 December 2017.

Bostrom, Nick (2014). Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press. p. 116. ISBN 978-0-19-967811-2.

Hobbes, Thomas (1651), Leviathan.

Drachman, D (2005), "Do we have brain to spare?", Neurology, 64 (12): 2004–5, doi:10.1212/01.WNL.0000166914.38327.BB, PMID 15985565.

Pearl, J. (1988), Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference, San Mateo, California: Morgan Kaufmann, ISBN 978-1-55860-479-7, OCLC 249625842.

Sandberg, Anders; Boström, Nick (2008), *Whole Brain Emulation: A Roadmap (PDF)*, Technical Report #2008-3, Future of Humanity Institute, Oxford University, retrieved 5 April 2009

Winfield, Alan. "Artificial intelligence will not turn into a Frankenstein's monster". *The Guardian*. Retrieved 17 September 2014.

Nickel, Arno (May 2017). "Zor Winner in an Exciting Photo Finish". *www.infinitychess.com*. Innovative Solutions. Retrieved 2018-07-17. "... on third place the best centaur..."

Howe, J. (November 1994), *Artificial Intelligence at Edinburgh University: a Perspective*, retrieved 30 August 2007.

Wernick, Adam (24 Sep 2014). "'Dr. Fill' vies for crossword solving supremacy, but still comes up short". *Public Radio International*. Retrieved Dec 27, 2017. "The first year, Dr. Fill came in 141st out of about 600 competitors. It did a little better the second-year; last year it was 65th"

Antol, Stanislaw, et al. "Vqa: Visual question answering." *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*. 2015.

Proverb: *The probabilistic cruciverbalist*. By Greg A. Keim, Noam Shazeer, Michael L. Littman, Sushant Agarwal, Catherine M. Cheves, Joseph Fitzgerald, Jason Grosland, Fan Jiang, Shannon Pollard, and Karl Weinmeister. 1999. In *Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence*, 710-

717. Menlo Park, Calif.: AAAI Press.

"Elon Musk Warns Governors: Artificial Intelligence Poses 'Existential Risk'". NPR.org. Retrieved 27 November 2017.

Jump up to: a b Brown, Noam; Sandholm, Tuomas (2017). "Superhuman AI for heads-up no-limit poker: Libratus beats top professionals". *Science*. 359 (6374): 418–424. Bibcode:2018Sci...359..418B. doi:10.1126/science.aao1733. PMID 29249696.

Koebler, Jason (2 February 2016). "Will Superintelligent AI Ignore Humans Instead of Destroying Us?". *Vice Magazine*. Retrieved 3 February 2016. "This artificial intelligence is not a basically nice creature that has a strong drive for paperclips, which, so long as it's satisfied by being able to make lots of paperclips somewhere else, is then able to interact with you in a relaxed and carefree fashion where it can be nice with you," Yudkowsky said. "Imagine a time machine that sends backward in time information about which choice always leads to the maximum number of paperclips in the future, and this choice is then output—that's what a paperclip maximizer is."

Russell, Stuart (2014). "Of Myths and Moonshine". *Edge*. Retrieved 23 October 2015.

Kaplan, Andreas; Haenlein, Michael (2018), "Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence", *Business Horizons*, 62: 15–25, doi:10.1016/j.bushor.2018.08.004.

Jump up to: a b "www.othello-club.de". berg.earthlingz.de. Retrieved 2018-07-15.

Williams RW, Herrup K (1988), "The control of neuron number", Annual Review of Neuroscience, 11: 423–53, doi:10.1146/annurev.ne.11.030188.002231, PMID 3284447.

Turing, Alan (October 1950), "Computing Machinery and Intelligence", Mind, LIX (236): 433–460, doi:10.1093/mind/LIX.236.433, ISSN 0026-4423.

Skillings, Jonathan (2006), Newsmaker: Getting machines to think like us, CNET, retrieved 8 October 2008.

Jump up to: a b Kaplan, Andreas; Haenlein, Michael (2019). "Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence". Business Horizons. 62: 15–25. doi:10.1016/j.bushor.2018.08.004.

*Watson beats Jeopardy grand-champions.
<https://www.nytimes.com/2011/02/17/science/17jeopardy-watson.html>*

Tesauro, Gerald (March 1995). "Temporal difference learning and TD-Gammon". Communications of the ACM. 38 (3): 58–68. Bibcode:1985CACM...28...22S. doi:10.1145/203330.203343.

Menabrea, Luigi Federico; Lovelace, Ada (1843), "Sketch of the Analytical

Engine Invented by Charles Babbage", Scientific Memoirs, 3, retrieved 29 August 2008 With notes upon the Memoir by the Translator

Levitt, Gerald M. (2000), The Turk, Chess Automaton, Jefferson, N.C.: McFarland, ISBN 978-0-7864-0778-1.

Colby, Kenneth M. (September 1974), Ten Criticisms of Parry (PDF), Stanford Artificial Intelligence Laboratory, REPORT NO. STAN-CS-74-457, retrieved 17 June 2018.

Roeder, Oliver (10 July 2017). "The Bots Beat Us. Now What?". FiveThirtyEight. Retrieved 28 December 2017.

Cohen, Paul R., and Edward A. Feigenbaum, eds. The handbook of artificial intelligence. Vol. 3. Butterworth-Heinemann, 2014.

Murray Shanahan (3 November 2015). "Machines may seem intelligent, but it'll be a while before they actually are". The Washington Post. Retrieved 15 May 2016.

Elkus, Adam (31 October 2014). "Don't Fear Artificial Intelligence". Slate. Retrieved 15 May 2016.

"Anticipating artificial intelligence". Nature. 532 (7600): 413. 26 April 2016. Bibcode:2016Natur.532Q.413.. doi:10.1038/532413a. PMID 27121801.

Muehlhauser, L., & Salamon, A. (2012). *Intelligence explosion: Evidence and import*. In *Singularity Hypotheses* (pp. 15-42). Springer, Berlin, Heidelberg.

Schaeffer, J.; Burch, N.; Bjornsson, Y.; Kishimoto, A.; Muller, M.; Lake, R.; Lu, P.; Sutphen, S. (2007). "Checkers is solved". *Science*. 317 (5844): 1518–1522. Bibcode:2007Sci...317.1518S. CiteSeerX 10.1.1.95.5393. doi:10.1126/science.1144079. PMID 17641166.

Sample, Ian (18 October 2017). "'It's able to create knowledge itself': Google unveils AI that learns on its own". *the Guardian*. Retrieved 7 May 2018.

Mark Piesing (17 May 2012). "AI uprising: humans will be outsourced, not obliterated". *Wired*. Retrieved 12 December 2015.

Newell, Allen; Simon, H. A. (1963), "GPS: A Program that Simulates Human Thought", in Feigenbaum, E.A.; Feldman, J. (eds.), *Computers and Thought*, New York: McGraw-Hill, ISBN 978-0-262-56092-4, OCLC 246968117

da Silva, Wilson, "Tipping Point?" (2009) for an essay on the singularity movement and its scientific validity.

Howe, J. (November 1994), *Artificial Intelligence at Edinburgh University: a Perspective*, retrieved 30 August 2007

"'I'm in shock!' How an AI beat the world's best human at Go". *New Scientist*. 2016. Retrieved 31 January 2018.

"The AI revolution in science". Science | AAAS. 5 July 2017. Retrieved 7 May 2018.

Robotics

Oakes, Elizabeth H. (2004). American writers. New York: Facts on File. p. 24. ISBN 978-0-8160-5158-8. Archived from the original on 5 December 2016. Retrieved 4 August 2011.

Strong 2007, p. 143.

AAAI Presidential Panel on Long-Term AI Futures 2008–2009 Study Archived 2009-08-28 at the Wayback Machine, Association for the Advancement of Artificial Intelligence. Retrieved July 26, 2009.

"Taranis: The m Fighter Jet Of The Future". Ministry of Defence. 2010-07-12. Archived from the original on 2010-07-15. Retrieved 2010-07-13.

"BHP Billiton hits go on autonomous drills". Archived from the original on 2016-08-22. Retrieved 2016-07-27.

Robotic age poses ethical dilemma Archived 2009-02-15 at the Wayback Machine; BBC News; 2007-03-07. Retrieved 2007-01-02;

Research and Development for Next-generation Service Robots in Japan, United Kingdom Foreign Ministry report, by Yumiko Moyon, Science and Innovation Section, British Embassy, Tokyo, Japan, January 2009.

"Dante II, list of published papers". The Robotics Institute of Carnegie Mellon University. Archived from the original on 15 May 2008. Retrieved 2007-09-16.

Currie, Adam (1999). "The History of Robotics". Archived from the original on 18 July 2006. Retrieved 2007-09-10.

Gutkind, L. (2006). Almost Human: Making Robots Think. New York: W. W. Norton & Company, Inc.

Robot three-way portends autonomous future Archived 2012-11-07 at the Wayback Machine, By David Axe wired.com, August 13, 2009.

"Swarm". iRobot Corporation. Archived from the original on 2007-09-27. Retrieved 2007-10-28.

Howard R. Turner (1997), Science in Medieval Islam: An Illustrated Introduction, p. 81, University of Texas Press, ISBN 0-292-78149-0

"America's Robot Army". Popularmechnics.com. 2009-12-18. Archived from the original on 2010-02-05. Retrieved 2014-02-08.

"Company History". Fuji Yusoki Kogyo Co. Archived from the original on 4 February 2013. Retrieved 2008-09-12.

Waurzyniak, Patrick (July 2006). "Masters of Manufacturing: Joseph F. Engelberger". Society of Manufacturing Engineers. 137 (1). Archived from the original on 9 November 2011. Retrieved 2008-09-25.

Shachtman, Noah (2009-07-17). "Danger Room What's Next in National Security Company Denies its Robots Feed on the Dead". Wired. Archived from the original on 2009-07-29. Retrieved 2009-07-31.

Dahiya, Ravinder S.; Metta, Giorgio; Cannata, Giorgio; Valle, Maurizio (2011). "Guest Editorial Special Issue on Robotic Sense of Touch". IEEE Transactions on Robotics. 27 (3): 385–388. doi:10.1109/TRO.2011.2155830.

"History of Industrial Robots". robots.com. Archived from the original on 8 July 2015. Retrieved 24 August 2015.

Jane Marie Law, Puppets of Nostalgia – The Life, Death and Rebirth of the Japanese Awaji Ningyo Tradition, 1997, Princeton University Press, ISBN 978-0-691-02894-1

Other Slavic languages also use this stem in similar meaning, eg. Eastern Slavic Belarusian & Russian рабыня (rabynya), Ukrainian раб (rab) & Southern Slavic Bosnian, Bulgarian, Croatian, Macedonian, Serbian Роб (rob). Czech is a Western Slavic language, as is Slovak. Robota, in Slovak, is used to just mean

work.

"Cute robot politely shows self-awareness". Archived from the original on 2015-08-22. Retrieved 2015-08-19.

Knapp, Louise (2000-12-21). "Look, Up in the Sky: Robofly". Wired. Archived from the original on 2012-06-26. Retrieved 2008-09-25.

Noct. Att. L. 10

Moubarak, Paul M.; Ben-Tzvi, Pinhas (2011). "Adaptive manipulation of a Hybrid Mechanism Mobile Robot". 2011 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE). pp. 113–118. doi:10.1109/ROSE.2011.6058520. ISBN 978-1-4577-0819-0.

Australian mining giant Rio Tinto is using these huge self-driving trucks to transport iron ore Archived 2016-05-09 at the Wayback Machine, Charles Clark, Oct. 19, 2015.

"Merriam-Webster Dictionary: robot". Archived from the original on 2017-03-07. Retrieved 2017-03-06. "Origin: Czech, from robota, compulsory labor"

"Best robot 2009". gadgetrivia.com. Archived from the original on 11 May 2012.

Rédaction (December 25, 2011). "Le consortium franco-québécois Mix dévoile

son projet de voiture volante". aerobuzz.fr/ (in French). aerobuzz.fr. Archived from the original on October 6, 2012. Retrieved September 7, 2012.

Benjamin Franklin Miessner, Radiodynamics: The Wireless Control of Torpedoes and Other Mechanisms, D. Van Nostrand Company, 1916, page 83

Scanlan, Steve, Robotics Design Inc., Montreal. "Modularity in robotics provides automation for all". Digital.ept.ca. Retrieved September 7, 2012.

Cheney, Margaret (1981). Tesla, Man Out of Time. Dorset Press. New York. ISBN 0-88029-419-1

US 613809

Jump up to: a b Karel Capek – Who did actually invent the word "robot" and what does it mean? at capek.misto.cz – archive

Rosheim, Mark E. (1994), Robot Evolution: The Development of Anthrobotics, Wiley-IEEE, p. 9, ISBN 0-471-02622-0

Pearce, Jeremy. "George C. Devol, Inventor of Robot Arm, Dies at 99" Archived 2016-12-25 at the Wayback Machine, The New York Times, August 15, 2011. Retrieved February 7, 2012. "In 1961, General Motors put the first Unimate arm on an assembly line at the company's plant in Ewing Township, N.J., a suburb of Trenton. The device was used to lift and stack die-cast metal parts taken hot from their molds."

"About us". Archived from the original on 2014-01-09.

Harris, Tom (2002-04-16). "How Robots Work". How Stuff Works. Archived from the original on 2007-08-26. Retrieved 2007-09-10.

"Education: Marvel of the Bronx". Time. April 1974. Archived from the original on 2019-05-24. Retrieved 2019-05-19.

Polk, Igor (2005-11-16). "RoboNexus 2005 robot exhibition virtual tour". Robonexus Exhibition 2005. Archived from the original on 2007-08-12. Retrieved 2007-09-10.

"Leonardo da Vinci's Robots". Leonardo3.net. Archived from the original on 2008-09-24. Retrieved 2008-09-25.

Call for debate on killer robots Archived 2009-08-07 at the Wayback Machine, Jason Palmer. BBC News, August 3, 2009.

Justin Wm. Moyer (15 September 2015). "Having sex with robots is really, really bad, Campaign Against Sex Robots says". Washington Post. Archived from the original on 8 September 2016. Retrieved 10 September 2017.

"Atlas Copco – RCS". Atlascopco.com. Archived from the original on 2014-02-07. Retrieved 2014-02-08.

(Robert Fitch, Zack Butler and Daniela Rus) Reconfiguration Planning for Heterogeneous Self-Reconfiguring Robots Archived 2007-06-19 at the Wayback Machine

Jump up to: a b "The programmable robot of ancient Greece". New Scientist: 32–35. July 6, 2007.

John Schwartz (2007-03-27). "In the Lab: Robots That Slink and Squirm". The New York Times. Archived from the original on 2015-04-03. Retrieved 2008-09-22.

Robots Today and Tomorrow: IFR Presents the 2007 World Robotics Statistics Survey Archived 2008-02-05 at the Wayback Machine; World Robotics; 2007-10-29. Retrieved 2007-12-14

"Rio Tinto Media Center – Rio Tinto boosts driverless truck fleet to 150 under Mine of the Future™ programme". Riotinto.com. Archived from the original on 2013-04-24. Retrieved 2014-02-08.

*"Indo-European root *orbh-". 2008-05-12. Archived from the original on January 24, 2009. Retrieved 2014-02-08.*

Shachtman, Noah (2013-03-28). "WIRED: First Armed Robots on Patrol in Iraq". Blog.wired.com. Archived from the original on 2009-04-03. Retrieved 2014-02-08.

Jump up to: a b "Robot assisted surgery: da Vinci Surgical System". Brown University Division of Biology and Medicine. Archived from the original on 2007-09-16. Retrieved 2007-09-19.

R. Clarke. "Asimov's Laws of Robotics – Implications for Information Technology". Australian National University/IEEE. Archived from the original on 2008-07-22. Retrieved 2008-09-25.

"Four-legged Robot, 'Cheetah,' Sets New Speed Record". Reuters. 2012-03-06. Archived from the original on 2013-10-22. Retrieved 2013-10-05.

"Archived copy". Archived from the original on 2015-10-07. Retrieved 2015-10-06.

Jump up to: a b Ho, C. C.; MacDorman, K. F.; Pramono, Z. A. D. (2008). "Human emotion and the uncanny valley: A GLM, MDS, and ISOMAP analysis of robot video ratings" (PDF). 2008 3rd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI). Archived (PDF) from the original on 2008-09-11. Retrieved 2008-09-24.

"Eskorta robot". Fennec Fox Technologies. Archived from the original on 2011-12-06. Retrieved 2011-11-25.

"The Changing Nature of Work". Archived from the original on 30 September 2018. Retrieved 8 October 2018.

"Book sources", Wikipedia, retrieved 2019-06-15

"Nanotechnology pioneer slays 'grey goo' myths". Institute of Physics Electronics Journals. 2004-06-07. Retrieved 2007-10-28.

"ADAM robot". RMT Robotics. Archived from the original on 2006-05-17. Retrieved 2008-09-25.

"Robotics in practice: Future capabilities" by Joseph F. Engelberger. in "Electronic Servicing & Technology" magazine 1982 August.

Freedman, ed. by Carl (2005). Conversations with Isaac Asimov (1. ed.). Jackson: Univ. Press of Mississippi. p. vii. ISBN 978-1-57806-738-1. Archived from the original on 5 December 2016. Retrieved 4 August 2011. "... quite possibly the most prolific"

Varadpande, Manohar Laxman (1987). History of Indian Theatre, Volume 1. p. 68. ISBN 9788170172215.

"History of Industrial Robots" (PDF). Archived from the original (PDF) on 2012-12-24. Retrieved 2012-10-27.

robot page Archived 2018-05-04 at the Wayback Machine, Engadget.

Adrian (2011-09-06). "AIMEX blog – Autonomous mining equipment". Adrianboeing.blogspot.com. Archived from the original on 2013-12-18. Retrieved 2014-02-08.

Yan (30 July 2011). "Foxconn to replace workers with 1 million robots in 3 years". Xinhua News Agency. Archived from the original on 8 October 2011. Retrieved 4 August 2011.

"The softer side of robotics". May 2019. Archived from the original on 2019-05-17. Retrieved 2019-05-17.

Owen Holland. "The Grey Walter Online Archive". Archived from the original on 2008-10-09. Retrieved 2008-09-25.

"Nanobots Play Football". Techbirbal. Archived from the original on 2013-04-03. Retrieved 2014-02-08.

Needham, Joseph (1965). Science and Civilisation in China: Volume 4, Physics and Physical Technology Part 2, Mechanical Engineering. p. 164. ISBN 9780521058032.

Shachtman, Noah (November 2005). "The Baghdad Bomb Squad". Wired. Archived from the original on 2008-04-22. Retrieved 2007-09-14.

Gebhart, Fred (2019-07-04). "The Future of Pharmacy Automation". Drug Topics. Retrieved 2019-11-20.

Review: Space Probes Archived 2012-08-31 at the Wayback Machine, by Jeff Foust, Monday, January 16, 2012. Review of Space Probes: 50 Years of Exploration from Luna 1 to New Horizons, by Philippe Séguéla Firefly, 2011.

"Robotics-related Standards Sites". European Robotics Research Network. Archived from the original on 2006-06-17. Retrieved 2008-07-15.

Navy report warns of robot uprising, suggests a strong moral compass Archived 2011-06-04 at the Wayback Machine, by Joseph L. Flatley engadget.com, February 18, 2009.

Manuel de Landa, War in the Age of Intelligent Machines, New York: Zone Books, 1991, 280 pages, Hardcover, ISBN 0-942299-76-0; Paperback, ISBN 0-942299-75-2.

Craig, J.J. (2005). Introduction to Robotics, Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ.

Reporting by Watanabe, Hiroaki; Writing and additional reporting by Negishi, Mayumi; Editing by Norton, Jerry; Japan's robots slug it out to be world champ Archived 2007-12-13 at the Wayback Machine; Reuters; 2007-12-02. Retrieved 2007-01-01

Sotheby's New York. The Tin Toy Robot Collection of Matt Wyse (1996)

Jump up to: a b Zunt, Dominik. "Who did actually invent the word "robot" and what does it mean?". The Karel Čapek website. Archived from the original on 2012-02-04. Retrieved 2007-09-11.

He wrote "over 460 books as well as thousands of articles and reviews", and was the "third most prolific writer of all time one of the founding fathers of modern science fiction". White, Michael (2005). Isaac Asimov: a life of the grand master of science fiction. Carroll & Graf. pp. 1–2. ISBN 978-0-7867-1518-3. Archived from the original on 2016-12-05. Retrieved 2016-09-25.

"Robot Hall of Fame – Unimate". Carnegie Mellon University. Archived from the original on 26 September 2011. Retrieved 2008-08-28.

Graham, Stephen (2006-06-12). "America's robot army". New Statesman. Archived from the original on 17 February 2012. Retrieved 2007-09-24.

Asimov's First Law: Japan Sets Rules for Robots Archived 2008-10-13 at the Wayback Machine, By Bill Christensen, livescience.com, May 26, 2006.

"You Are Pronouncing the Word "Robot" Wrong". Daily Kos. Retrieved 2019-11-20.

*Ivan Margolius, 'The Robot of Prague', Newsletter, The Friends of Czech Heritage no. 17, Autumn 2017, pp. 3 - 6.
<https://czechfriends.net/images/RobotsMargoliusJul2017.pdf> Archived 2017-09-11 at the Wayback Machine*

Jump up to: a b "Intelligent machines: Call for a ban on robots designed as sex toys". BBC News. 2015-09-15. Archived from the original on 2018-06-30. Retrieved 2018-06-21.

Emery, Daniel (2010-07-12). "MoD lifts lid on unmanned combat plane prototype". BBC News. Archived from the original on 2010-07-12. Retrieved 2010-07-12.

Robots Almost Conquering Walking, Reading, Dancing Archived 2011-07-21 at the Wayback Machine, by Matthew Weigand, Korea Itimes, Monday, August 17, 2009.

Marc Seifer Life and Times of Nikola Tesla, page 1893 google books Archived 2016-12-05 at the Wayback Machine

"Universal Robots collaborate outside enclosures | Control Engineering". Controleng.com. February 2013. Archived from the original on 2013-05-18. Retrieved 2013-06-04.

The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era Archived 2007-01-01 at the Wayback Machine, by Vernor Vinge, Department of Mathematical Sciences, San Diego State University, (c) 1993 by Vernor Vinge.

Ancient Discoveries Islamic Science Part1, retrieved 2019-06-15

"Statistical Handbook of Japan: Chapter 2 Population". Statistics Bureau &

Statistical Research and Training Institute. Archived from the original on 2013-09-06. Retrieved 2007-09-26.

Toward the human-Robot Coexistence Society: on Safety intelligence for next Generation Robots Archived 2009-09-26 at the Wayback Machine, report by Yueh-Hsuan Weng, China Ministry of the Interior, International Journal of Social Robotics Archived 2017-04-29 at the Wayback Machine, April 7, 2009.

Plug & Pray Archived 2016-02-12 at the Wayback Machine, documentary film by Jens Schanze about the possibilities of AI and robotics.

"Telecom glossary "bot"". Alliance for Telecommunications Solutions. 2001-02-28. Archived from the original on 2007-02-02. Retrieved 2007-09-05.

"KUKA Industrial Robot FAMULUS". Archived from the original on June 10, 2013. Retrieved 2008-01-10.

"Campaign launched against 'harmful' sex robots". CNBC. 2015-09-15. Archived from the original on 2017-09-13. Retrieved 2017-09-10.

"Tesla – Master of Lightning". PBS.org. Archived from the original on 2008-09-28. Retrieved 2008-09-24.

Jump up to: a b Needham, Volume 2, 54.

"SpeciMinder". CSS Robotics. Archived from the original on 2009-07-01. Retrieved 2008-09-25.

Ranger, Steve. "Robots of death, robots of love: The reality of android soldiers and why laws for robots are doomed to failure". TechRepublic. Archived from the original on 27 January 2017. Retrieved 21 January 2017.

Hagerty, James (18 September 2012). "Baxter Robot Heads to Work". Wall Street Journal. New York: Dow Jones & Company. Archived from the original on 10 April 2015. Retrieved 29 May 2014.

"Online Etymology Dictionary". Archived from the original on 2013-12-14. Retrieved 2012-06-10.

Daddy, What Was a Truck Driver? Over the Next Two Decades, the Machines Themselves Will Take Over the Driving Archived 2017-03-04 at the Wayback Machine, By DENNIS K. BERMAN, July 23, 2013, wsj.com.

Seiler, Edward; Jenkins, John H. (2008-06-27). "Isaac Asimov FAQ". Isaac Asimov Home Page. Archived from the original on 2012-07-16. Retrieved 2008-09-24.

"Science Diction: The Origin Of The Word 'Robot'". Archived from the original on 2018-04-17. Retrieved 2018-04-05.

"Mars Pathfinder Mission: Rover Sojourner". NASA. 1997-07-08. Archived from

the original on 2017-02-01. Retrieved 2007-09-19.

Moran, M. E. (December 2006). "The da Vinci robot". J. Endourol. 20 (12): 986–90. doi:10.1089/end.2006.20.986. PMID 17206888. "... the date of the design and possible construction of this robot was 1495... Beginning in the 1950s, investigators at the University of California began to ponder the significance of some of da Vinci's markings on what appeared to be technical drawings... It is now known that da Vinci's robot would have had the outer appearance of a Germanic knight."

Jump up to: a b Kurfess, Thomas R. (1 January 2005). Robotics and Automation Handbook. Taylor & Francis. ISBN 9780849318047. Archived from the original on 4 December 2016. Retrieved 5 July 2016 – via Google Books.

"Open-source micro-robotic project". Archived from the original on 2007-11-11. Retrieved 2007-10-28.

"Definition of a robot" (PDF). Dansk Robot Forening. Archived from the original (PDF) on 2007-06-28. Retrieved 2007-09-10.

New role for robot warriors Archived 2015-09-24 at the Wayback Machine Drones are just part of a bid to automate combat. Can virtual ethics make machines decisionmakers?, by Gregory M. Lamb, The Christian Science Monitor, February 17, 2010.

Barnard, Jeff (January 29, 1985). "Robots In School: Games Or Learning?". Observer-Reporter. Washington. Archived from the original on September 22, 2015. Retrieved March 7, 2012.

Scott Schaut (2006). Robots of Westinghouse: 1924-Today. Mansfield Memorial Museum. ISBN 978-0-9785844-1-2.

Wujastyk, Dominik (2003). The Roots of Ayurveda: Selections from Sanskrit Medical Writings. p. 222. ISBN 9780140448245.

*"Judgment day – employment law and robots in the workplace".
futureofworkhub. Archived from the original on 2015-04-03. Retrieved 2015-01-07.*

*Report compiled by the Japanese government's Robot Industry Policy Committee
-Building a Safe and Secure Social System Incorporating the Coexistence of
Humans and Robots Archived 2011-09-27 at the Wayback Machine, Official
Japan government press release, Ministry of Economy, Trade and Industry,
March 2009.*

*Self-Driving Trucks to Revolutionize Logistics, DHL Says Archived 2016-07-22
at the Wayback Machine, Richard Weiss, December 9, 2014.*

*"SMT pick-and-place equipment". Assembleon. Archived from the original on
2008-08-03. Retrieved 2008-09-21.*

*Robots to get their own operating system, by Mehret Tesfaye Ethiopian Review,
August 13, 2009.*

Needham, Joseph (1986). Science and Civilization in China: Volume 2. Taipei: Caves Books Ltd.

"Can Do". Aethon. Archived from the original on 2008-08-03. Retrieved 2008-09-25.

"Hank Green's First Novel Is An Absolutely Remarkable Thing". Indianapolis Monthly. 2018-10-01. Retrieved 2019-11-20.

Evolving Robots Learn To Lie To Each Other Archived 2013-05-18 at the Wayback Machine, Popular Science, August 19, 2009.

"Robots then and now Archived 2010-12-20 at the Wayback Machine". BBC.

AAAI compilation of articles on robot rights (Archived), sources compiled up to 2006.

"Biomass-Eating Military Robot Is a Vegetarian, Company Says". Fox News Channel. 2009-07-16. Archived from the original on 2009-08-03. Retrieved 2009-07-31.

Mitgang, Lee (October 25, 1983). "'Nova's' 'Talking Turtle' Profiles High Priest of School Computer Movement". Gainesville Sun.

"The Cutting Edge of Haptics". MIT Technology review. Retrieved 2008-09-25.

"Celebrities set to reach for Atwood's LongPen". Canadian Broadcasting Corporation. 2007-08-15. Archived from the original on 22 May 2009. Retrieved 2008-09-21.

Press release, RTI Inc. (2009 July 16). Cyclone Power Technologies Responds to Rumors about "Flesh Eating" Military Robot Archived 2009-08-23 at the Wayback Machine, pp. 1-2.

"Leachim Archives". cyberneticzoo.com. 2010-09-13. Archived from the original on 2019-05-28. Retrieved 2019-05-29.

White, Michael (2005). Isaac Asimov: A Life of the Grand Master of Science Fiction. Carroll & Graf. p. 56. ISBN 978-0-7867-1518-3.

P. Moubarak, et al., Modular and Reconfigurable Mobile Robotics, Journal of Robotics and Autonomous Systems, 60 (12) (2012) 1648–1663.

"KurzweilAI.net". 21 June 2010. Archived from the original on 21 June 2010. Retrieved 5 July 2016.

"Robot can read, learn like a human". 6 December 2010. Retrieved 10 December 2010.

Dolan, Kerry A. "R2D2 Has Your Pills". Forbes. Retrieved 2019-11-20.

"Comic Potential: Q&A with Director Stephen Cole". Cornell University. Archived from the original on 3 January 2009. Retrieved 2007-11-21.

Why We Need Friendly AI, Asimovlaws.com, July 2004. Retrieved July 27, 2009.

Japan drafts rules for advanced robots Archived 2008-10-11 at the Wayback Machine, UPI via physorg.com, April 6, 2007.

VIDEO: Why Caterpillar's autonomous mining tech is "completely different from anything" it's ever done Archived 2016-05-13 at the Wayback Machine Wayne Grayson | October 16, 2014.

Press release, RTI Inc. (2009 April 6). "Brief Project Overview" Archived 2009-08-23 at the Wayback Machine, EATR: Energetically Autonomous Tactical Robot, pp. 22.

DeLanda, Manuel. War in the Age of Intelligent Machines. 1991. Swerve. New York.

"Campaign calls for ban on sex robots". Wired UK. 2005-09-15. Archived from the original on 2017-09-14. Retrieved 2017-09-10.

Jump up to: a b "robotics". Oxford Dictionaries. Archived from the original on 18 May 2011. Retrieved 4 February 2011.

(1996) LEGO(TM)s to the Stars: Active MesoStructures, Kinetic Cellular Automata, and Parallel Nanomachines for Space Applications Archived 2007-09-27 at the Wayback Machine

Robots: Brave New World moves a step closer Archived 2019-01-14 at the Wayback Machine, By James Melik, Reporter, Business Daily, BBC World Service, 3 January 2013.

Self-driving dump trucks, automatic shovels coming to Australian mines Archived 2016-05-09 at the Wayback Machine, KAORI TAKAHASHI, April 23, 2015.

Donald Hill, "Mechanical Engineering in the Medieval Near East", Scientific American, May 1991, pp. 64-9 (cf. Donald Hill, Mechanical Engineering Archived 25 December 2007 at the Wayback Machine)

"Delivery Robots & AGVs". Mobile Robots. Archived from the original on 26 February 2010. Retrieved 2008-09-25.

Jeavans, Christine (2004-11-29). "Welcome to the ageing future". BBC News. Archived from the original on 2007-10-16. Retrieved 2007-09-26.

"Contact Systems Pick and Place robots". Contact Systems. Archived from the

original on 2008-09-14. Retrieved 2008-09-21.

"Robotic future of patient care". E-Health Insider. 2007-08-16. Archived from the original on 21 November 2007. Retrieved 2007-09-26.

Akins, Crystal. "5 jobs being replaced by robots". Excelle. Monster. Archived from the original on 2013-04-24. Retrieved 2013-04-15.

"National Inventor's Hall of Fame 2011 Inductee". Invent Now. Archived from the original on 2014-11-04. Retrieved 2011-03-18.

"Meet Mr. Robot – Not Forgetting His Master". The Age. 20 September 1935. Archived from the original on 2017-03-07. Retrieved 7 March 2017.

Plumbing and HVAC, Magazine (April 2010). "Duct cleaning robots" (PDF). roboticsdesign.qc.ca/news.html. plumbingandhvac.ca/. Archived (PDF) from the original on April 25, 2013. Retrieved April 29, 2010.

Mark E. Rosheim (1994). "Robot evolution: the development of anthropotics Archived 2016-12-05 at the Wayback Machine". p.2. Wiley-IEEE. ISBN 0-471-02622-0

E McGaughey, 'Will Robots Automate Your Job Away? Full Employment, Basic Income, and Economic Democracy' (2018) SSRN, part 3 Archived 2018-05-24 at the Wayback Machine. Porter, Eduardo; Manjoo, Farhad (9 March 2016). "A Future Without Jobs? Two Views of the Changing Work Force". The New York

Times. Archived from the original on 15 February 2017. Retrieved 23 February 2017.. Thompson, Derek (July–August 2015). "A World Without Work". The Atlantic. Archived from the original on 2017-02-27. Retrieved 2017-03-11.

"A Brief History of Collaborative Robots" Archived 2016-06-10 at the Wayback Machine Engineering.com, May 19, 2016

"Battlefield Robots: to Iraq, and Beyond". Defense Industry Daily. 2005-06-20. Archived from the original on 2007-08-26. Retrieved 2007-09-24.

Gray, Edwyn (2004). Nineteenth-Century Torpedoes and Their Inventors. Naval Institute Press. ISBN 978-1-59114-341-3.

Glaser, Horst Albert and Rossbach, Sabine: The Artificial Human, Frankfurt/M., Bern, New York 2011 "A Tragical History"

Edwyn Gray, Nineteenth-century torpedoes and their inventors, page 18

Robot takeover (Archived), gyre.org.

"Jervis B. Webb". Webb SmartLoader. Archived from the original on 23 May 2013. Retrieved 2 September 2011.

"(Eric Drexler 1986) Engines of Creation, The Coming Era of Nanotechnology". E-drexler.com. Archived from the original on 2014-09-06. Retrieved 2014-02-08.

Topping, Mike; Smith, Jane (1999). "An Overview Of Handy 1, A Rehabilitation Robot For The Severely Disabled". CSUN Center on Disabilities Conference Proceedings. 1999. Proceedings: Session 59. Archived from the original on 5 August 2009. Retrieved 14 August 2010. "The early version of the Handy 1 system consisted of a Cyber 310 robotic arm with five degrees of freedom plus a gripper."

The Utilization of Robotic Space Probes in Deep Space Missions: Case Study of AI Protocols and Nuclear Power Requirements, Proceedings of 2011 International Conference on Mechanical Engineering, Robotics and Aerospace, October 2011.

Definition of 'robot'. Oxford English Dictionary. Retrieved November 27, 2016.

Robot: Mere Machine to Transcendent Mind Archived 2016-12-05 at the Wayback Machine By Hans Moravec, Google Books.

Jump up to: a b "Al-Jazarī | Arab inventor". Encyclopedia Britannica. Retrieved 2019-06-15.

Fowler, Charles B. (October 1967). "The Museum of Music: A History of Mechanical Instruments". Music Educators Journal. 54 (2): 45–49. doi:10.2307/3391092. JSTOR 3391092.

The Caterpillar Self-Driving Dump Truck Archived 2011-06-07 at the Wayback Machine, By Tim McKeough, Fast Company, November 25, 2008.

Deborah Levine Gera (2003). Ancient Greek Ideas on Speech, Language, and Civilization. Oxford University Press. ISBN 978-0-19-925616-7. Archived from the original on 2016-12-05. Retrieved 2016-09-25.

"Robot Dreams: The Strange Tale Of A Man's Quest To Rebuild His Mechanical Childhood Friend". The Cleveland Free Times. Archived from the original on 15 January 2010. Retrieved 2008-09-25.

Wood, Gabby. "Living Dolls: A Magical History Of The Quest For Mechanical Life" Archived 2016-12-20 at the Wayback Machine, The Guardian, 2002-02-16.

Shachtman, Noah (2013-03-28). "WIRED: Armed Robots Pushed To Police". Blog.wired.com. Archived from the original on 2009-04-12. Retrieved 2014-02-08.

"The Basics of Automated Guided Vehicles". Savant Automation, AGV Systems. Archived from the original on 2007-10-08. Retrieved 2007-09-13.

Jump up to: a b c Needham, Joseph (1991). Science and Civilisation in China: Volume 2, History of Scientific Thought. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-05800-1.

Delaney, Kevin. "The robot that takes your job should pay taxes, says Bill Gates". QUARTZ. Archived from the original on 5 March 2017. Retrieved 4 March 2017.

Robotic Tactile Sensing – Technologies and System. Springer.com. 2012-07-30. ISBN 9789400705784. Archived from the original on 2013-12-29. Retrieved 2014-02-08.

Jump up to: a b AAI webpage of materials on robot ethics (Archived).

Forget self-driving Google cars, Australia has self-driving trucks Archived 2016-04-26 at the Wayback Machine, by Matthew Hall, October 20, 2014.

Strong 2007, p. 133-134.

"Transmin – Rocklogic". Rocklogic.com.au. Archived from the original on 2014-01-25. Retrieved 2014-02-08.

New Navy-funded Report Warns of War Robots Going "Terminator" Archived 2009-07-28 at the Wayback Machine, by Jason Mick (Blog), dailytech.com, February 17, 2009.

Michael Hahn (1997-04-01). "Fullerene Nanogears". NASA. Archived from the original on 2008-05-09. Retrieved 2008-05-27.

Jump up to: a b "Smart Caddy". Seegrid. Archived from the original on 2007-10-11. Retrieved 2007-09-13.

John Markoff (September 18, 2012). "A Robot With a Reassuring Touch". The New York Times. Archived from the original on September 19, 2012. Retrieved September 18, 2012.

Chris Phoenix (December 2003). "Of Chemistry, Nanobots, and Policy". Center for Responsible Nanotechnology. Archived from the original on 2007-10-11. Retrieved 2007-10-28.

"AH Reffell & Eric Robot (1928)". Archived from the original on 2013-11-11. Retrieved 2013-11-11.

The Present and Future of Unmanned Drone Aircraft: An Illustrated Field Guide; Archived 2010-02-26 at the Wayback Machine Inside the wild kingdom of the world's newest and most spectacular species of unmanned aircraft, from swarming insect 'bots that can storm a burning building to a seven-ton weaponized spyplane invisible to radar. By Eric Hagerman, Popular Science, 23 February 2010.

Gaming the Robot Revolution: A military technology expert weighs in on Terminator: Salvation Archived 2010-01-27 at the Wayback Machine., By P. W. Singer, slate.com Thursday, May 21, 2009.

<https://www.conres.com/it-products-solutions/news-events/top-10-tech-trends-autonomous-agents-things/> Archived 2017-04-19 at the Wayback Machine retrieved April 18, 2017

"SRI/MobileRobots". activrobots.com. Archived from the original on 2009-02-12.

Kat Eschner (25 March 2019). "Squishy robots now have squishy computers to control them". Popular Science.

Provisional definition of Service Robots Archived 2010-02-18 at the Wayback Machine, IFR, 27th of October 2012

TechCast Article Series, Jason Rupinski and Richard Mix, "Public Attitudes to Androids: Robot Gender, Tasks, & Pricing"

Jump up to: a b Scientists Worry Machines May Outsmart Man Archived 2017-07-01 at the Wayback Machine By John Markoff, The New York Times, July 26, 2009.

"Forecasts - Driverless car market watch". www.driverless-future.com. Archived from the original on 2017-04-19. Retrieved 2017-04-18.

Scientists Predict Artificial Brain in 10 Years (Archived), by Kristie McNealy M.D. July 29, 2009.

O'Connor, J.J. and E.F. Robertson. "Heron biography". The MacTutor History of Mathematics archive. Archived from the original on 2008-06-24. Retrieved 2008-09-05.

Zhang, Gexiang; Pérez-Jiménez, Mario J.; Gheorghe, Marian (2017-04-05). Real-life Applications with Membrane Computing. Springer. ISBN

9783319559896.

"A Ping-Pong-Playing Terminator". Popular Science. Archived from the original on 2011-03-29. Retrieved 2010-12-18.

Margolius, Ivan. *'The Robot of Prague', Newsletter, The Friends of Czech Heritage* no. 17, Autumn 2017, pp. 3 – 6.
<https://czechfriends.net/images/RobotsMargoliusJul2017.pdf>

Tsai, L. W. (1999). *Robot Analysis*. Wiley. New York.

"Earliest Clocks". A Walk Through Time. NIST Physics Laboratory. Archived from the original on 2008-05-31. Retrieved 2008-08-11.

Jump up to: a b Hoy, Greg (28 May 2014). "Robots could cost Australian economy 5 million jobs, experts warn, as companies look to cut costs". ABC News. Australian Broadcasting Corporation. Archived from the original on 29 May 2014. Retrieved 29 May 2014.

Technological revolution

based on: Šmihula, Daniel (2011): Long waves of technological innovations, Studia politica Slovaca, 2/2011, Bratislava, ISSN 1337-8163, pp. 50-69.

"New Forum Center to Advance Global Cooperation on Fourth Industrial Revolution". October 10, 2016. Retrieved October 15, 2018.

Šmihula, Daniel (2011): Long waves of technological innovations, Studia politica Slovaca, 2/2011, Bratislava, ISSN 1337-8163, pp. 50-69

Schwab, Klaus (2015-12-12). "The Fourth Industrial Revolution". Retrieved 2019-01-15.

for example: Drucker, Peter F. (1965):The First Technological Revolution and Its Lessons.

Schwab, Klaus. "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond". World Economic Forum. Retrieved 2017-06-29. "The possibilities of billions of people connected by mobile devices, with unprecedented processing power, storage capacity, and access to knowledge, are unlimited. And these possibilities will be multiplied by emerging technology breakthroughs in fields such as artificial intelligence, robotics, the Internet of Things, autonomous vehicles, 3-D printing, nanotechnology, biotechnology, materials science, energy storage, and quantum computing."

Jeremy Rifkin (2011). The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World.

for example: Perez, Carlota (2009):Technological revolutions and techno-economic paradigms., in Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics, Working Paper No. 20, (Norway and Tallinn University of Technology, Tallinn)

"The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond". World Economic Forum. Retrieved 2018-03-20.

Schwab, Klaus (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Publishing Group. ISBN 9781524758875. Retrieved 2017-06-29. "Digital technologies are not new, but in a break with the third industrial revolution, they are becoming more sophisticated and integrated and are, as a result, transforming societies and the global economy."

Realizing Society 5.0 (promotional paper for Japan)

Modern society has reached its limits. Society 5.0 will liberate us (promotional article for Japan)

Perez, Carlota (2009): Technological revolutions and techno-economic paradigms., in Working Papers in Technology Governance and Economic Dynamics, Working Paper No. 20, (Norway and Tallinn University of Technology, Tallinn)

Klein, Maury(2008): The Technological Revolution, in The Newsletter of Foreign Policy Research Institute, Vol.13, No. 18.

Philip S. Anton, Richard Silberglitt, James Schneider (2001): The Global Technology Revolution - Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015., RAND, ISBN 0-8330-2949-5

Industry 4.0

Lee, Jay; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An (2014). "Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics". IEEE Int. Conference on Industrial Informatics (INDIN) 2014. doi:10.13140/2.1.1464.1920.

Jürgen Jasperneite: Was hinter Begriffen wie Industrie 4.0 steckt in Computer & Automation, 19 December 2012 accessed on 23 December 2012

"History of Electricity".

Selbstkonfigurierende Automation für Intelligente Technische Systeme, Video, last download on 27. Dezember 2012

Federal Ministry of Labour and Social Affairs of Germany (2015). Re-Imagining Work: White Paper Work 4.0.

Marr, Bernard. "Why Everyone Must Get Ready For The 4th Industrial Revolution". Forbes. Retrieved 14 February 2018.

Hermann, Pentek, Otto, 2016: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios, accessed on 4 May 2016

"Time to join the digital dots". 22 June 2018. Retrieved 25 July 2018.

Kagermann, H., W. Wahlster and J. Helbig, eds., 2013: Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group

Markus Liffler; Andreas Tschiesner (6 January 2013). "The Internet of Things and the future of manufacturing | McKinsey & Company". Mckinsey.com. Retrieved 30 November 2016.

BMBF-Internetredaktion (21 January 2016). "Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - BMBF". Bmbf.de. Retrieved 30 November 2016.

Birkel, Hendrik Sebastian; Hartmann, Evi (2019). "Impact of IoT challenges and risks for SCM". Supply Chain Management: An International Journal. 24: 39–61. doi:10.1108/SCM-03-2018-0142.

"IIOT AND AUTOMATION".

"H2020 CREMA - Cloud-based Rapid Elastic Manufacturing". Crema-project.eu. 21 November 2016. Retrieved 30 November 2016.

"Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution". Vdi-nachrichten.com (in German). 1 April 2011. Retrieved 30 November 2016.

Lee, Jay; Lapira, Edzel; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-an (October 2013). "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment". *Manufacturing Letters*. 1 (1): 38–41. doi:10.1016/j.mfglet.2013.09.005.

"History – Future of Industry".

Bonner, Mike. "What is Industry 4.0 and What Does it Mean for My Manufacturing?". Retrieved 24 September 2018.

"RWTH AACHEN UNIVERSITY Cluster of Excellence "Integrative Production Technology for High-Wage Countries" - English". *Production-research.de*. 19 October 2016. Retrieved 30 November 2016.

Sniderman, Brenna; Mahto, Monika; Cotteleer, Mark J. "Industry 4.0 and manufacturing ecosystems Exploring the world of connected enterprises" (PDF). *Deloitte*. Retrieved 25 June 2019.

"BIBB: Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft" (PDF). *Doku.iab.de* (in German). August 2015. Retrieved 30 November 2016.

"Herzlich willkommen auf den Internetseiten des Projekts RES-COM - RES-COM Webseite". *Res-com-projekt.de*. Retrieved 30 November 2016.

"How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0". *ResearchGate*.

Retrieved 9 June 2019.

De Sousa Jbbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., Foropon, C., & Godhinho Filho, M. When titans meet – Can industry 4.0 revolutionize the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. (July, 2018), 18-25

Industrie 4.0 Plattform Last download on 15. Juli 2013

Geissbauer, Dr. R. "Industry 4.0: Building the digital enterprise" (PDF).

Heiner Lasi, Hans-Georg Kemper, Peter Fettke, Thomas Feld, Michael Hoffmann: Industry 4.0. In: Business & Information Systems Engineering 4 (6), pp. 239-242

Shestakova I. G. New temporality of digital civilization: the future has already come // // Scientific and Technical Journal of St. Petersburg State Polytechnical University. Humanities and social sciences. 2019. # 2. P.20-29

"This Is Not the Fourth Industrial Revolution". 29 January 2016 – via Slate.

"The Industrial Revolution and Work in Nineteenth-Century Europe - 1992, Page xiv by David Cannadine, Raphael Samuel, Charles Tilly, Theresa McBride, Christopher H. Johnson, James S. Roberts, Peter N. Stearns, William H. Sewell Jr, Joan Wallach Scott. | Online Research Library: Questia". www.questia.com.

Jürgen Jasperneite; Oliver, Niggemann: Intelligente Assistenzsysteme zur Beherrschung der Systemkomplexität in der Automation. In: ATP edition - Automatisierungstechnische Praxis, 9/2012, Oldenbourg Verlag, München, September 2012

Automation

Ouellette, Robert (1983), Automation Impacts on Industry, Ann Arbor, MI, USA: Ann Arbor Science Publishers, ISBN 978-0-250-40609-8.

Trevathan, Vernon L., ed. (2006), A Guide to the Automation Body of Knowledge (2nd ed.), Research Triangle Park, NC, USA: International Society of Automation, ISBN 978-1-55617-984-6, archived from the original on 4 July 2008.

Frohm, Jorgen (2008), Levels of Automation in Production Systems, Chalmers University of Technology, ISBN 978-91-7385-055-1.

Autor, David H. (2015). "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation". Journal of Economic Perspectives. 29 (3): 3. doi:10.1257/jep.29.3.3. hdl:1721.1/109476. Retrieved 16 January 2018.

Executive Office of the President, Artificial Intelligence, Automation and the Economy (December 2016)

E. McGaughey, 'Will Robots Automate Your Job Away? Full Employment, Basic

Income, and Economic Democracy' (2018) SSRN, part 2(3)

Bennett, S. (1993). A History of Control Engineering 1930-1955. London: Peter Peregrinus Ltd. On behalf of the Institution of Electrical Engineers. ISBN 978-0-86341-280-6.

Dunlop, John T. (ed.) (1962), Automation and Technological Change: Report of the Twenty-first American Assembly, Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall.

Internet of things

Lee, Jay (2015). Industrial Big Data. China: Mechanical Industry Press. ISBN 978-7-111-50624-9.

"From M2M to The Internet of Things: Viewpoints From Europe". Techvibes. 7 July 2011.

Lee, Jay (19 November 2014). "Keynote Presentation: Recent Advances and Transformation Direction of PHM". Roadmapping Workshop on Measurement Science for Prognostics and Health Management of Smart Manufacturing Systems Agenda. NIST.

Sristava, Lara (16 May 2011). "The Internet of Things – Back to the Future (Presentation)". European Commission Internet of Things Conference in Budapest – via YouTube.

Presher, Al (2019-09-04). "Edge Devices Leverage MQTT for IIoT Connectivity". Design News. Retrieved 2019-09-18.

"Tech pages/IoT systems". Retrieved 26 June 2015.

Analyst Anish Gaddam interviewed by Sue Bushell in Computerworld, on 24 July 2000 (M-commerce key to ubiquitous internet)

"Gartner Says Worldwide IoT Security Spending to Reach \$348 Million in 2016". Retrieved 11 May 2017.

Hamilton, Eric. "What is Edge Computing: The Network Edge Explained". cloudwards.net. Retrieved 2019-05-14.

Volkswagen Group (2015-08-20), Industry 4.0 in the Volkswagen Group, retrieved 2018-10-08

"What is Edge Computing?". Retrieved 2019-05-14.

Yoo, Youngjin; Henfridsson, Ola; Lyytinen, Kalle (2010-12-01). "Research Commentary---The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research". Information Systems Research. 21 (4): 724–735. doi:10.1287/isre.1100.0322. ISSN 1526-5536.

Wood, Alex (31 March 2015). "The internet of things is revolutionizing our lives, but standards are a must". *The Guardian*.

The Internet of Things at the Encyclopædia Britannica

Rowland, C.; Goodman, E.; Charlier, M.; et al., eds. (2015). *Designing Connected Products: UX for the Consumer Internet of Things*. O'Reilly Media. p. 726. ISBN 9781449372569.

Deloitte Insights (2018). "2018 Tech Trends for the oil and gas industry" (PDF). Retrieved 2018-10-08.

"How Industry 4.0 Is Transforming the Oil & Gas Supply Chain". www.bdo.com. Retrieved 2018-10-08.

Mullin, Rick (22 May 2017). "The drug plant of the future". *Chemical & Engineering News*. 95 (21). Retrieved 29 October 2018.

"The Evolution of Internet of Things". Casaleggio Associati. February 2011.

Commission of the European Communities (18 June 2009). "Internet of Things — An action plan for Europe" (PDF). COM(2009) 278 final.

"The State of the Industrial Internet of Things | Automation World". www.automationworld.com. Retrieved 26 May 2017.

Zurier, Steve. *"Five IIoT companies prove value of internet-connected manufacturing"*. IoT Agenda. Retrieved 11 May 2017.

Fogarty, Kevin (29 May 2018). *"Why IIoT Security Is So Difficult"*. Semiconductor Engineering. Retrieved 31 October 2018.

"SAP". *fm.sap.com*. Retrieved 2018-10-08.

"Evolution of industrial control systems". PACE. 4 December 2013. Retrieved 27 November 2018.

"IoT data security vulnerable as connected devices proliferate". IoT Agenda. Retrieved 11 May 2017.

Hylving, Lena; Schultze, Ulrike (2013-01-01). *"Evolving The Modular Layered Architecture in Digital Innovation: The Case of the Car's Instrument Cluster"*. International Conference on Information Systems (ICIS 2013): Reshaping Society Through Information Systems Design. 2.

"Figure 2-Technologies for industry 4.0". ResearchGate. Retrieved 2018-10-08.

"What is big data analytics? - Definition from WhatIs.com". SearchBusinessAnalytics. Retrieved 2018-10-08.

Daugherty, Paul; Negm, Walid; Banerjee, Prith; Alter, Allan. "Driving Unconventional Growth through the Industrial Internet of Things" (PDF). Accenture. Retrieved 17 March 2016.

"What is machine learning (ML)? - Definition from WhatIs.com". SearchEnterpriseAI. Retrieved 2018-10-08.

"The "Only" Coke Machine on the Internet". Carnegie Mellon University. Retrieved 10 November 2014.

Magrassi, P.; Berg, T (12 August 2002). "A World of Smart Objects". Gartner research report R-17-2243.

"IBM and the cognitive computing revolution". www.gigabitmagazine.com. Retrieved 2019-09-18.

Gilchrist, Alasdair (2016). "Industry 4.0 - the industrial internet of things". Apress Media. doi:10.1007/978-1-4842-2047-4. ISBN 978-1-4842-2046-7.

Lee, Jay; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-An (2015). "A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems". Manufacturing Letters. 3: 18–23. doi:10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

"Industrial Internet Insights Report" (PDF). Accenture. Retrieved 17 March 2016.

Masters, Kristin. "The Impact of Industry 4.0 on the Automotive Industry". Retrieved 2018-10-08.

Magrassi, P. (2 May 2002). "Why a Universal RFID Infrastructure Would Be a Good Thing". Gartner research report G00106518.

Magrassi, P.; Panarella, A.; Deighton, N.; Johnson, G. (28 September 2001). "Computers to Acquire Control of the Physical World". Gartner research report T-14-0301.

Bacidore, Mike (20 June 2017). "The Connected Plant enables the digital twin". Control Global. Retrieved 27 November 2018.

"Why Edge Computing Is an IIoT Requirement: How edge computing is poised to jump-start the next industrial revolution". iotworldtoday.com. Retrieved 2019-06-03.

"Internet of Things Done Wrong Stifles Innovation". InformationWeek. 7 July 2014. Retrieved 10 November 2014.

Acharjya, D.P.; Geetha, M.K., eds. (2017). Internet of Things: Novel Advances and Envisioned Applications. Springer. p. 311. ISBN 9783319534725.

"What is Artificial Intelligence (AI)? - Definition from Techopedia". Techopedia.com. Retrieved 2018-10-08.

Boyes, Hugh; Hallaq, Bil; Cunningham, Joe; Watson, Tim (October 2018). "The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework". *Computers in Industry*. 101: 1–12. doi:10.1016/j.compind.2018.04.015. ISSN 0166-3615.

Raji, RS (June 1994). "Smart networks for control". *IEEE Spectrum*.

Ersue, M.; Romascanu, D.; Schoenwaelder, J.; Sehgal, A. (May 2015). *Management of Networks with Constrained Devices: Use Cases*. doi:10.17487/RFC7548. RFC 7548.

Taiwan Information Strategy, Internet and E-Commerce Development Handbook - Strategic Information, Regulations, Contacts. IBP USA. September 8, 2016. p. 82. ISBN 978-1514521021.

Stephenson, W. David. (2018). *The Future Is Smart: how your company can capitalize on the Internet of Things--and win in a connected economy*. HarperCollins Leadership. p. 250. ISBN 9780814439777.

Thomas, Jayant; Traukina, Alena (2018). *Industrial Internet Application Development: Simplify IIoT development using the elasticity of Public Cloud and Native Cloud Services*. Packt Publishing. p. 25. ISBN 978-1788298599.

"Target Hackers Broke in Via HVAC Company — Krebs on Security". *krebsonsecurity.com*. Retrieved 11 May 2017.

"Sound the alarm: How to get serious about industrial IoT security - IoT

Agenda". internetofthingsagenda.techtarget.com. Retrieved 11 May 2017.

"The father of invention: Dick Morley looks back on the 40th anniversary of the PLC". Retrieved 10 May 2017.

Dahad, Nitin. "Designer's Guide to IIoT Security". EETimes. Retrieved 31 October 2018.

Staff, Investopedia (2011-01-18). "Cloud Computing". Investopedia. Retrieved 2018-10-08.

Li, S.; Xu, L.D., eds. (2017). Securing the Internet of Things. Syngress. p. 154. ISBN 9780128045053.

Parello, J.; Claise, B.; Schoening, B.; Quittek, J. (September 2014). Energy Management Framework. doi:10.17487/RFC7326. RFC 7326.

McMahon, Terrence K. (18 April 2005). "Three decades of DCS technology". Control Global. Retrieved 27 November 2018.

"How infected IoT devices are used for massive DDoS attacks - Fedscoop". Fedscoop. 26 September 2016. Retrieved 11 May 2017.

Genetic engineering

Andrianantoandro E, Basu S, Karig DK, Weiss R (16 May 2006). "Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline". *Molecular Systems Biology*. 2 (2006.0028): 2006.0028. doi:10.1038/msb4100073. PMC 1681505. PMID 16738572.

Koh H, Kwon S, Thomson M (26 August 2015). *Current Technologies in Plant Molecular Breeding: A Guide Book of Plant Molecular Breeding for Researchers*. Springer. p. 242. ISBN 978-94-017-9996-6.

Setlow JK (31 October 2002). *Genetic Engineering: Principles and Methods*. Springer Science & Business Media. p. 109. ISBN 978-0-306-47280-0.

Grizot S, Smith J, Daboussi F, Prieto J, Redondo P, Merino N, Villate M, Thomas S, Lemaire L, Montoya G, Blanco FJ, Pâques F, Duchateau P (September 2009). "Efficient targeting of a SCID gene by an engineered single-chain homing endonuclease". *Nucleic Acids Research*. 37 (16): 5405–19. doi:10.1093/nar/gkp548. PMC 2760784. PMID 19584299.

Bomgardner MM (2012). "Replacing Trans Fat: New crops from Dow Chemical and DuPont target food makers looking for stable, heart-healthy oils". *Chemical and Engineering News*. 90 (11): 30–32.

Johnson AT, Phillips WM. "Philosophical foundations of biological engineering". *Journal of Engineering Education*. 1995 (84): 311–318.

Herold, Keith; Bentley, William E.; Vossoughi, Jafar (2010). *The Basics of*

Bioengineering Education. 26Th Southern Biomedical Engineering Conference, College Park, Maryland. p. 65. ISBN 9783642149979.

Wade N (3 December 2015). "Scientists Place Moratorium on Edits to Human Genome That Could Be Inherited". The New York Times. Retrieved 3 December 2015.

Malyshev DA, Dhami K, Lavergne T, Chen T, Dai N, Foster JM, Corrêa IR, Romesberg FE (May 2014). "A semi-synthetic organism with an expanded genetic alphabet". Nature. 509 (7500): 385–8. Bibcode:2014Natur.509..385M. doi:10.1038/nature13314. PMC 4058825. PMID 24805238.

"Artificial Genes". TIME. 15 November 1982. Retrieved 17 July 2010.

"What is Bioengineering?". bioeng.berkeley.edu. Retrieved 2018-07-21.

National Research Council (US) Committee on Identifying and Assessing Unintended Effects of Genetically Engineered Foods on Human Health (2004). Methods and Mechanisms for Genetic Manipulation of Plants, Animals, and Microorganisms. National Academies Press (US).

James C (1997). "Global Status of Transgenic Crops in 1997" (PDF). ISAAA Briefs No. 5.: 31.

Bruening G, Lyons JM (2000). "The case of the FLAVR SAVR tomato". California Agriculture. 54 (4): 6–7. doi:10.3733/ca.v054n04p6.

Gao H, Smith J, Yang M, Jones S, Djukanovic V, Nicholson MG, West A, Bidney D, Falco SC, Jantz D, Lyznik LA (January 2010). "Heritable targeted mutagenesis in maize using a designed endonuclease". *The Plant Journal*. 61 (1): 176–87. doi:10.1111/j.1365-313X.2009.04041.x. PMID 19811621.

Zohary D, Hopf M, Weiss E (2012). *Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of plants in the old world*. Oxford University Press.

Kaufman RI, Nixon BT (July 1996). "Use of PCR to isolate genes encoding sigma54-dependent activators from diverse bacteria". *Journal of Bacteriology*. 178 (13): 3967–70. doi:10.1128/jb.178.13.3967-3970.1996. PMC 232662. PMID 8682806.

Pennisi E (May 2010). "Genomics. Synthetic genome brings new life to bacterium". *Science*. 328 (5981): 958–9. doi:10.1126/science.328.5981.958. PMID 20488994.

Bergeson ER (1997). "The Ethics of Gene Therapy".

"New virus-built battery could power cars, electronic devices". *Web.mit.edu*. 2 April 2009. Retrieved 17 July 2010.

Bratspies R (2007). "Some Thoughts on the American Approach to Regulating Genetically Modified Organisms". *Kansas Journal of Law & Public Policy*. 16 (3): 101–31. SSRN 1017832.

"GM traits list". International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.

Nicholl, Desmond S.T. (29 May 2008). An Introduction to Genetic Engineering. Cambridge University Press. p. 34. ISBN 978-1-139-47178-7.

Panesar, Pamit et al. (2010) "Enzymes in Food Processing: Fundamentals and Potential Applications", Chapter 10, I K International Publishing House, ISBN 978-93-80026-33-6

Erwin E, Gendin S, Kleiman L (22 December 2015). Ethical Issues in Scientific Research: An Anthology. Routledge. p. 338. ISBN 978-1-134-81774-0.

"How to Make a GMO". Science in the News. 9 August 2015. Retrieved 29 April 2017.

"Genetic Modification of Bacteria". Annenberg Foundation.

Shiv Kant Prasad, Ajay Dash (2008). Modern Concepts in Nanotechnology, Volume 5. Discovery Publishing House. ISBN 978-81-8356-296-6.

Watson JD (2007). Recombinant DNA: Genes and Genomes: A Short Course. San Francisco: W.H. Freeman. ISBN 978-0-7167-2866-5.

Rapeseed (canola) has been genetically engineered to modify its oil content with a gene encoding a "12:0 thioesterase" (TE) enzyme from the California bay plant (Umbellularia californica) to increase medium length fatty acids, see: Geo-pie.cornell.edu Archived 5 July 2009 at the Wayback Machine

Rebêlo P (15 July 2004). "GM cow milk 'could provide treatment for blood disease'". SciDev.

"Researchers Synchronize Blinking 'Genetic Clocks' – Genetically Engineered Bacteria That Keep Track of Time". ScienceDaily. 24 January 2010.

Pollack A (19 November 2015). "Genetically Engineered Salmon Approved for Consumption". The New York Times. Retrieved 21 April 2016.

Smiley, Sophie (2005). Genetic Modification: Study Guide (Exploring the Issues). Independence Educational Publishers. ISBN 1-86168-307-3.

Staff Biotechnology – Glossary of Agricultural Biotechnology Terms Archived 30 August 2014 at the Wayback Machine United States Department of Agriculture, "Genetic modification: The production of heritable improvements in plants or animals for specific uses, via either genetic engineering or other more traditional methods. Some countries other than the United States use this term to refer specifically to genetic engineering.", Retrieved 5 November 2012

Summers R (24 April 2013). "Bacteria churn out first ever petrol-like biofuel". New Scientist. Retrieved 27 April 2013.

Gelvin SB (March 2003). "Agrobacterium-mediated plant transformation: the biology behind the "gene-jockeying" tool". *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 67 (1): 16–37, table of contents. doi:10.1128/MMBR.67.1.16-37.2003. PMC 150518. PMID 12626681.

Magaña-Gómez JA, de la Barca AM (January 2009). "Risk assessment of genetically modified crops for nutrition and health". *Nutrition Reviews*. 67 (1): 1–16. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00130.x. PMID 19146501.

Whitman DB (2000). "Genetically Modified Foods: Harmful or Helpful?".

Praitis V, Maduro MF (2011). "Transgenesis in *C. elegans*". *Methods in Cell Biology*. 106: 161–85. doi:10.1016/B978-0-12-544172-8.00006-2. ISBN 9780125441728. PMID 22118277.

"Modifications (genetics)", Wikipedia, 24 October 2019, retrieved 24 October 2019

"Bioprinting". Retrieved 1 May 2018.

Cuello JC, Engineering to biology and biology to engineering, The bi-directional connection between engineering and biology in biological engineering design, *Int J Engng Ed* 2005, 21, 1-7

Ledford H (March 2016). "CRISPR: gene editing is just the beginning". *Nature*. 531 (7593): 156–9. Bibcode:2016Natur.531..156L. doi:10.1038/531156a. PMID

26961639.

Suter DM, Dubois-Dauphin M, Krause KH (July 2006). "Genetic engineering of embryonic stem cells" (PDF). Swiss Medical Weekly. 136 (27–28): 413–5. PMID 16897894. Archived from the original (PDF) on 7 July 2011.

"Applications of Some Genetically Engineered Bacteria". Archived from the original on 27 November 2010. Retrieved 9 July 2010.

"ISAAA Brief 43-2011: Executive Summary". International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.

Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E (August 2012). "A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity". Science. 337 (6096): 816–21. Bibcode:2012Sci...337..816J. doi:10.1126/science.1225829. PMC 6286148. PMID 22745249.

Root C (2007). Domestication. Greenwood Publishing Groups.

Staff Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector; p. 42 Glossary – Term and Definitions Archived 14 May 2013 at the Wayback Machine The European Commission Directorate-General for Agriculture, "Genetic engineering: The manipulation of an organism's genetic endowment by introducing or eliminating specific genes through modern molecular biology techniques. A broad definition of genetic engineering also includes selective breeding and other means of artificial selection.", Retrieved 5 November 2012

Ledford H (2011). "Cell therapy fights leukaemia". *Nature*.
doi:10.1038/news.2011.472.

Vert M, Doi Y, Hellwich KH, Hess M, Hodge P, Kubisa P, Rinaudo M, Schué F (2012). "Terminology for biorelated polymers and applications (IUPAC Recommendations 2012)". *Pure and Applied Chemistry*. 84 (2): 377–410.
doi:10.1351/PAC-REC-10-12-04.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, et al. (2002). "8". *Isolating, Cloning, and Sequencing DNA* (4th ed.). New York: Garland Science.

Stableford BM (2004). *Historical dictionary of science fiction literature*. p. 133.
ISBN 978-0-8108-4938-9.

Hershey AD, Chase M (May 1952). "Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage". *The Journal of General Physiology*. 36 (1): 39–56. doi:10.1085/jgp.36.1.39. PMC 2147348. PMID 12981234.

Demont M, Tollens E (2004). "First impact of biotechnology in the EU: Bt maize adoption in Spain". *Annals of Applied Biology*. 145 (2): 197–207.
doi:10.1111/j.1744-7348.2004.tb00376.x.

Park SJ, Cochran JR (25 September 2009). *Protein Engineering and Design*. CRC Press. ISBN 978-1-4200-7659-2.

MacKenzie D (18 June 1994). "Transgenic tobacco is European first". *New*

Scientist.

Maryanski JH (19 October 1999). "Genetically Engineered Foods". Center for Food Safety and Applied Nutrition at the Food and Drug Administration.

Islam A (2008). "Fungus Resistant Transgenic Plants: Strategies, Progress and Lessons Learnt". Plant Tissue Culture and Biotechnology. 16 (2): 117–38. doi:10.3329/ptcb.v16i2.1113.

Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009 ISAAA Brief 41-2009, 23 February 2010. Retrieved 10 August 2010

Li T, Huang S, Jiang WZ, Wright D, Spalding MH, Weeks DP, Yang B (January 2011). "TAL nucleases (TALNs): hybrid proteins composed of TAL effectors and FokI DNA-cleavage domain". Nucleic Acids Research. 39 (1): 359–72. doi:10.1093/nar/gkq704. PMC 3017587. PMID 20699274.

Richards S. "Gene Therapy Arrives in Europe". The Scientist. Retrieved 16 November 2012.

"Genetic Engineering". Encyclopedia of Science Fiction. 2 April 2015.

Connor S (2 November 2007). "The mouse that shook the world". The Independent.

Nielsen J (1 July 2013). "Production of biopharmaceutical proteins by yeast: advances through metabolic engineering". *Bioengineered*. 4 (4): 207–11. doi:10.4161/bioe.22856. PMC 3728191. PMID 23147168.

Harmon A (26 November 2015). "Open Season Is Seen in Gene Editing of Animals". *The New York Times*. ISSN 0362-4331. Retrieved 27 September 2017.

"What is genetic modification (GM)?". CSIRO.

"Terms and Acronyms". U.S. Environmental Protection Agency online. Retrieved 16 July 2015.

Staff (28 November 2005) Health Canada – The Regulation of Genetically Modified Food Glossary definition of Genetically Modified: "An organism, such as a plant, animal or bacterium, is considered genetically modified if its genetic material has been altered through any method, including conventional breeding. A 'GMO' is a genetically modified organism.", Retrieved 5 November 2012

"Disease resistant crops". *GMO Compass*. Archived from the original on 3 June 2010.

Genetically Altered Potato Ok'd For Crops Lawrence Journal-World – 6 May 1995

ABET Accreditation, accessed 9/8/2010.

"Utah State University, Department of Biological Engineering". be.usu.edu. Retrieved 2011-11-13.

"Biotech: What are transgenic organisms?". Easyscience. 2002. Archived from the original on 27 May 2010. Retrieved 9 July 2010.

*Geurts AM, Cost GJ, Freyvert Y, Zeitler B, Miller JC, Choi VM, Jenkins SS, Wood A, Cui X, Meng X, Vincent A, Lam S, Michalkiewicz M, Schilling R, Foeckler J, Kalloway S, Weiler H, Ménoret S, Anegón I, Davis GD, Zhang L, Rebar EJ, Gregory PD, Urnov FD, Jacob HJ, Buelow R (July 2009). "Knockout rats via embryo microinjection of zinc-finger nucleases". *Science*. 325 (5939): 433. Bibcode:2009Sci...325..433G. doi:10.1126/science.1172447. PMC 2831805. PMID 19628861.*

"Engineering algae to make complex anti-cancer 'designer' drug". PhysOrg. 10 December 2012. Retrieved 15 April 2013.

*LeWitt PA, Rezai AR, Leehey MA, Ojemann SG, Flaherty AW, Eskandar EN, et al. (April 2011). "AAV2-GAD gene therapy for advanced Parkinson's disease: a double-blind, sham-surgery controlled, randomised trial". *The Lancet. Neurology*. 10 (4): 309–19. doi:10.1016/S1474-4422(11)70039-4. PMID 21419704.*

Thomas H. Maugh II for the Los Angeles Times. 9 June 1987. Altered Bacterium Does Its Job: Frost Failed to Damage Sprayed Test Crop, Company Says

*Malzahn A, Lowder L, Qi Y (24 April 2017). "Plant genome editing with TALEN and CRISPR". *Cell & Bioscience*. 7: 21. doi:10.1186/s13578-017-0148-4. PMC*

5404292. PMID 28451378.

"Background: Cloned and Genetically Modified Animals". Center for Genetics and Society. 14 April 2005.

Marvier M (2008). *"Pharmaceutical crops in California, benefits and risks. A review"* (PDF). *Agronomy for Sustainable Development*. 28 (1): 1–9. doi:10.1051/agro:2007050.

Liang P, Xu Y, Zhang X, Ding C, Huang R, Zhang Z, Lv J, Xie X, Chen Y, Li Y, Sun Y, Bai Y, Songyang Z, Ma W, Zhou C, Huang J (May 2015). *"CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human trippronuclear zygotes"*. *Protein & Cell*. 6 (5): 363–372. doi:10.1007/s13238-015-0153-5. PMC 4417674. PMID 25894090.

Chivian E, Bernstein A (2008). *Sustaining Life*. Oxford University Press, Inc. ISBN 978-0-19-517509-7.

Van Eenennaam A. *"Is Livestock Cloning Another Form of Genetic Engineering?"* (PDF). *agbiotech*. Archived from the original (PDF) on 11 May 2011.

Weaver S, Michael M (2003). *"An Annotated Bibliography of Scientific Publications on the Risks Associated with Genetic Modification"*. Wellington, NZ: Victoria University.

BBC News 14 June 2002 GM crops: A bitter harvest?

Kramer MG, Redenbaugh K (1 January 1994). "Commercialization of a tomato with an antisense polygalacturonase gene: The FLAVR SAVR™ tomato story". *Euphytica*. 79 (3): 293–97. doi:10.1007/BF00022530. ISSN 0014-2336.

Thyer R, Ellefson J (May 2014). "Synthetic biology: New letters for life's alphabet". *Nature*. 509 (7500): 291–2. Bibcode:2014Natur.509..291T. doi:10.1038/nature13335. PMID 24805244.

Ekker SC (2008). "Zinc finger-based knockout punches for zebrafish genes". *Zebrafish*. 5 (2): 121–3. doi:10.1089/zeb.2008.9988. PMC 2849655. PMID 18554175.

Deepak S, Kottapalli K, Rakwal R, Oros G, Rangappa K, Iwahashi H, Masuo Y, Agrawal G (June 2007). "Real-Time PCR: Revolutionizing Detection and Expression Analysis of Genes". *Current Genomics*. 8 (4): 234–51. doi:10.2174/138920207781386960. PMC 2430684. PMID 18645596.

Zaid A, Hughes HG, Porceddu E, Nicholas F (2001). *Glossary of Biotechnology for Food and Agriculture – A Revised and Augmented Edition of the Glossary of Biotechnology and Genetic Engineering*. Rome, Italy: FAO. ISBN 92-5-104683-2.

Goeddel DV, Kleid DG, Bolivar F, Heyneker HL, Yansura DG, Crea R, Hirose T, Kraszewski A, Itakura K, Riggs AD (January 1979). "Expression in *Escherichia coli* of chemically synthesized genes for human insulin". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 76 (1): 106–10. Bibcode:1979PNAS...76..106G. doi:10.1073/pnas.76.1.106. PMC 382885. PMID 85300.

"Biomimetics: its practice and theory". Royal Society Publishing.

Capecchi MR (October 2001). "Generating mice with targeted mutations". *Nature Medicine*. 7 (10): 1086–90. doi:10.1038/nm1001-1086. PMID 11590420.

Tan WS, Carlson DF, Walton MW, Fahrenkrug SC, Hackett PB (2012). "Precision editing of large animal genomes". *Advances in Genetics Volume 80. Advances in Genetics*. 80. pp. 37–97. doi:10.1016/B978-0-12-404742-6.00002-8. ISBN 978-0-12-404742-6. PMC 3683964. PMID 23084873.

Angulo E, Cooke B (December 2002). "First synthesize new viruses then regulate their release? The case of the wild rabbit". *Molecular Ecology*. 11 (12): 2703–9. doi:10.1046/j.1365-294X.2002.01635.x. hdl:10261/45541. PMID 12453252.

Alexander DR (May 2003). "Uses and abuses of genetic engineering". *Postgraduate Medical Journal*. 79 (931): 249–51. doi:10.1136/pmj.79.931.249. PMC 1742694. PMID 12782769.

"NIH Guidelines for research involving recombinant DNA molecules". Office of Biotechnology Activities. U.S. Department of Health and Human Services. Archived from the original on 10 September 2012.

Berg P, Baltimore D, Brenner S, Roblin RO, Singer MF (June 1975). "Summary statement of the Asilomar conference on recombinant DNA molecules". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of*

America. 72 (6): 1981–4. Bibcode:1975PNAS...72.1981B.
doi:10.1073/pnas.72.6.1981. PMC 432675. PMID 806076.

Sheffield, University of. "What is bioengineering? - Bioengineering - The University of Sheffield". www.sheffield.ac.uk. Retrieved 2018-07-21.

US Supreme Court Cases from Justia & Oyez (16 June 1980). "Diamond V Chakrabarty". 447 (303). Supreme.justia.com. Retrieved 17 July 2010.

Liang J, Luo Y, Zhao H (2011). "Synthetic biology: putting synthesis into biology". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine*. 3 (1): 7–20. doi:10.1002/wsbm.104. PMC 3057768. PMID 21064036.

Linsenmeier RA, *Defining the Undergraduate Biomedical Engineering Curriculum*

Townsend JA, Wright DA, Winfrey RJ, Fu F, Maeder ML, Joung JK, Voytas DF (May 2009). "High-frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases". *Nature*. 459 (7245): 442–5. Bibcode:2009Natur.459..442T. doi:10.1038/nature07845. PMC 2743854. PMID 19404258.

British Medical Association (1999). *The Impact of Genetic Modification on Agriculture, Food and Health*. BMJ Books. ISBN 0-7279-1431-6.

Donnellan, Craig (2004). *Genetic Modification (Issues)*. Independence Educational Publishers. ISBN 1-86168-288-3.

Begley S (28 November 2018). "Amid uproar, Chinese scientist defends creating gene-edited babies – STAT". STAT.

The European Parliament and the council of the European Union (12 March 2001). "Directive on the release of genetically modified organisms (GMOs) Directive 2001/18/EC ANNEX I A". Official Journal of the European Communities.

"GM pigs best bet for organ transplant". Medical News Today. 21 September 2003.

Tuomela M, Stanescu I, Krohn K (October 2005). "Validation overview of bio-analytical methods". *Gene Therapy*. 12 Suppl 1 (S1): S131–8. doi:10.1038/sj.gt.3302627. PMID 16231045.

Qaim M, Kouser S (5 June 2013). "Genetically modified crops and food security". *PLOS ONE*. 8 (6): e64879. Bibcode:2013PLoSO...864879Q. doi:10.1371/journal.pone.0064879. PMC 3674000. PMID 23755155.

National Research Council (US) Committee on Identifying and Assessing Unintended Effects of Genetically Engineered Foods on Human Health (1 January 2004). *Methods and Mechanisms for Genetic Manipulation of Plants, Animals, and Microorganisms*. National Academies Press (US).

Suszkiw J (November 1999). "Tifton, Georgia: A Peanut Pest Showdown". *Agricultural Research magazine*. Retrieved 23 November 2008.

"Biotechnology vs Biomedical Science vs Biomedical Engineering (Bioengineering)". Tanmoy Ray. 2018-07-19. Retrieved 2018-07-21.

"Hidden Ingredient In New, Greener Battery: A Virus". Npr.org. Retrieved 17 July 2010.

Gibson DG, Glass JI, Lartigue C, Noskov VN, Chuang RY, Algire MA, et al. (July 2010). "Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome". Science. 329 (5987): 52–6. Bibcode:2010Sci...329...52G. CiteSeerX 10.1.1.167.1455. doi:10.1126/science.1190719. PMID 20488990.

"FDA Approves First Human Biologic Produced by GE Animals". US Food and Drug Administration.

Jaenisch R, Mintz B (April 1974). "Simian virus 40 DNA sequences in DNA of healthy adult mice derived from preimplantation blastocysts injected with viral DNA". Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 71 (4): 1250–4. doi:10.1073/pnas.71.4.1250. PMC 388203. PMID 4364530.

"Applications of Genetic Engineering". Microbiologyprocedure. Archived from the original on 14 July 2011. Retrieved 9 July 2010.

Chen I, Dubnau D (March 2004). "DNA uptake during bacterial transformation". Nature Reviews. Microbiology. 2 (3): 241–9. doi:10.1038/nrmicro844. PMID 15083159.

Pasotti, Lorenzo; Zucca, Susanna (2014-08-03). "Advances and Computational Tools towards Predictable Design in Biological Engineering". *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. 2014: 369681. doi:10.1155/2014/369681. PMC 4137594. PMID 25161694.

Hanna KE. "Genetic Enhancement". National Human Genome Research Institute.

Gutschi S, Hermann W, Stenzl W, Tscheliessnigg KH (1 May 1973). "". *Zentralblatt für Chirurgie*. 104 (2): 100–4. Bibcode:1973PNAS...70.1293C. doi:10.1073/pnas.70.5.1293. PMC 433482. PMID 4576014.

Jacobsen E, Schouten HJ (2008). "Cisgenesis, a New Tool for Traditional Plant Breeding, Should be Exempted from the Regulation on Genetically Modified Organisms in a Step by Step Approach". *Potato Research*. 51: 75–88. doi:10.1007/s11540-008-9097-y.

"5. The Process of Genetic Modification". www.fao.org. Retrieved 29 April 2017.

Esvelt KM, Wang HH (2013). "Genome-scale engineering for systems and synthetic biology". *Molecular Systems Biology*. 9: 641. doi:10.1038/msb.2012.66. PMC 3564264. PMID 23340847.

Head G, Hull RH, Tzotzos GT (2009). *Genetically Modified Plants: Assessing Safety and Managing Risk*. London: Academic Pr. p. 244. ISBN 978-0-12-374106-6.

Shukla VK, Doyon Y, Miller JC, DeKolver RC, Moehle EA, Worden SE, Mitchell JC, Arnold NL, Gopalan S, Meng X, Choi VM, Rock JM, Wu YY, Katibah GE, Zhifang G, McCaskill D, Simpson MA, Blakeslee B, Greenwalt SA, Butler HJ, Hinkley SJ, Zhang L, Rebar EJ, Gregory PD, Urnov FD (May 2009). "Precise genome modification in the crop species *Zea mays* using zinc-finger nucleases". *Nature*. 459 (7245): 437–41. Bibcode:2009Natur.459..437S. doi:10.1038/nature07992. PMID 19404259.

"How does GM differ from conventional plant breeding?". royalsociety.org. Retrieved 14 November 2017.

Roque AC, Lowe CR, Taipa MA (2004). "Antibodies and genetically engineered related molecules: production and purification". *Biotechnology Progress*. 20 (3): 639–54. doi:10.1021/bp030070k. PMID 15176864.

Hohn B, Levy AA, Puchta H (April 2001). "Elimination of selection markers from transgenic plants". *Current Opinion in Biotechnology*. 12 (2): 139–43. doi:10.1016/S0958-1669(00)00188-9. PMID 11287227.

Gallagher, James. (2 November 2012) BBC News – Gene therapy: Glybera approved by European Commission. Bbc.co.uk. Retrieved on 15 December 2012.

Awise JC (2004). *The hope, hype & reality of genetic engineering: remarkable stories from agriculture, industry, medicine, and the environment*. Oxford University Press US. p. 22. ISBN 978-0-19-516950-8.

Savage N (1 August 2007). "Making Gasoline from Bacteria: A biotech startup wants to coax fuels from engineered microbes". *Technology Review*. Retrieved 16 July 2015.

Medical & biological engineering. Oxford; New York: Pergamon Press. 1966–1976.

Sanderson K (24 February 2012). "New Portable Kit Detects Arsenic In Wells". *Chemical and Engineering News*. Retrieved 23 January 2013.

"Convention on Biological Diversity". Retrieved 27 April 2018.

Brentjens RJ, Davila ML, Riviere I, Park J, Wang X, Cowell LG, et al. (March 2013). "CD19-targeted T cells rapidly induce molecular remissions in adults with chemotherapy-refractory acute lymphoblastic leukemia". *Science Translational Medicine*. 5 (177): 177ra38. doi:10.1126/scitranslmed.3005930. PMC 3742551. PMID 23515080.

"Bioengineering". *Encyclopedia Britannica*.

Fischer A, Hacein-Bey-Abina S, Cavazzana-Calvo M (June 2010). "20 years of gene therapy for SCID". *Nature Immunology*. 11 (6): 457–60. doi:10.1038/ni0610-457. PMID 20485269.

Kurnaz IA (8 May 2015). *Techniques in Genetic Engineering*. CRC Press. ISBN 978-1-4822-6090-8.

Morgan S (1 January 2009). *Superfoods: Genetic Modification of Foods*. Heinemann Library. ISBN 978-1-4329-2455-3.

Narayanaswamy, S. (1994). *Plant Cell and Tissue Culture*. Tata McGraw-Hill Education. pp. vi. ISBN 978-0-07-460277-5.

Naik, edited by Ganesh R. (2012). *Applied biological engineering: principles and practice*. Rijeka: InTech. ISBN 9789535104124.

Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB (2011). *Campbell Biology Ninth Edition*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings. p. 421. ISBN 978-0-321-55823-7.

Rodriguez LL, Grubman MJ (November 2009). "Foot and mouth disease virus vaccines". *Vaccine*. 27 Suppl 4: D90–4. doi:10.1016/j.vaccine.2009.08.039. PMID 19837296.

"Genetically Altered Skin Saves A Boy Dying Of A Rare Disease". NPR.org. Retrieved 15 November 2017.

Jackson DA, Symons RH, Berg P (October 1972). "Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40: circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of *Escherichia coli*". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 69 (10): 2904–9. Bibcode:1972PNAS...69.2904J. doi:10.1073/pnas.69.10.2904. PMC 389671. PMID 4342968.

Kolata G (23 April 2015). "Chinese Scientists Edit Genes of Human Embryos, Raising Concerns". *The New York Times*. Retrieved 24 April 2015.

"Institute of Biological Engineering". Retrieved 20 April 2018.

"AIMBE About Page".

Berg P, Mertz JE (January 2010). "Personal reflections on the origins and emergence of recombinant DNA technology". *Genetics*. 184 (1): 9–17. doi:10.1534/genetics.109.112144. PMC 2815933. PMID 20061565.

"1990 The Declaration of Inuyama". 5 August 2001. Archived from the original on 5 August 2001.

Abramovitz, Melissa (2015). *Biological engineering*. Gale Virtual Reference Library. p. 10. ISBN 978-1-62968-526-7.

Pollack A (11 May 2015). "Jennifer Doudna, a Pioneer Who Helped Simplify Genome Editing". *The New York Times*. Retrieved 15 November 2017.

"Founder of UCSD Bioengineering Program". jacobsschool.ucsd.edu. 1 Mar 2004. Retrieved 22 May 2018.

James C (1996). "Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants: 1986 to 1995" (PDF). The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Retrieved 17 July 2010.

Abramovitz, Melissa (2015). Biological Engineering. Gale Virtual Reference Library. p. 18. ISBN 978-1-62968-526-7.

Christian M, Cermak T, Doyle EL, Schmidt C, Zhang F, Hummel A, Bogdanove AJ, Voytas DF (October 2010). "Targeting DNA double-strand breaks with TAL effector nucleases". Genetics. 186 (2): 757–61. doi:10.1534/genetics.110.120717. PMC 2942870. PMID 20660643.

Arnold P (2009). "History of Genetics: Genetic Engineering Timeline".

"The Society for Biological Engineering". Retrieved 21 August 2019.

"MIT Directory, Doug Lauffenburger". Retrieved 15 April 2015.

"MIT, Department of Biological Engineering". Retrieved 16 April 2015.

"Knockout Mice". Nation Human Genome Research Institute. 2009.

Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P (2002). "Studying Gene Expression and Function".

Smith KR, Chan S, Harris J. Human germline genetic modification: scientific and bioethical perspectives. *Arch Med Res*. 2012 Oct;43(7):491-513. doi:10.1016/j.arcmed.2012.09.003. PMID 23072719

"Rediscovering Biology – Online Textbook: Unit 13 Genetically Modified Organisms". www.learner.org. Retrieved 18 August 2017.

Emerging technologies

Benson, Michael (20 July 2019). "Science Fiction Sent Man to the Moon". Retrieved 11 August 2019.

Estes, Adam Clark. "3D-Printed Guns Are Only Getting Better, and Scarier". Retrieved 28 May 2017.

How blockchain technology could change our lives - European Parliamentary Research Service

Branscomb, L. M. (1993). *Empowering technology: Implementing a U.S. strategy*. Cambridge, Mass: MIT Press.

Kurzweil, Raymond (2005). *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. Viking Adult. ISBN 978-0-670-03384-3.

Jones-Garmil, K. (1997). *The wired museum: Emerging technology and changing paradigms*. Washington, DC: American Association of Museums.

Temple, James (2009-02-23). "The Future of Food: The No-kill Carnivore". *Portfolio.com*. Retrieved 2009-08-07.

Drexler, K. Eric (1986). *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. Doubleday. ISBN 978-0-385-19973-5.

Rotolo D.; Hicks D.; Martin B. R. (2015). "What is an emerging technology?". *Research Policy*. 44 (10): 1827–1843. arXiv:1503.00673. doi:10.1016/j.respol.2015.06.006.

This conceptual drawing measures in diameter 200+ m (660 ft.+).

Siegelbaum, D.J. (2008-04-23). "In Search of a Test-Tube Hamburger". *Time*. Retrieved 2009-04-30.

"Nick Szabo -- Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets". *www.fon.hum.uva.nl*. Retrieved 2018-03-08.

Kaldis, Byron (2010). "Converging Technologies". *Sage Encyclopedia of Nanotechnology and Society*, Thousand Oaks: CA, Sage

Vincenzo, Morabito (2017). *Business Innovation Through Blockchain: The B3 Perspective*. pp. 101–124.

Emerging technologies: where is the federal government on the high tech curve?: hearing before the Subcommittee on Government Management, Information, and Technology of the Committee on Government Reform, House of Representatives, One Hundred Sixth Congress, second session, April 24, 2000

"World's first lab-grown burger is eaten in London". 5 August 2013. Retrieved 28 May 2017 – via www.bbc.co.uk.

Joy, Bill (2000). "Why the future doesn't need us". *Wired*. Retrieved 2005-11-14.

Bard, Alexander; Söderqvist, Jan (8 May 2012). *The Futurica Trilogy*. Stockholm Text. ASIN 9187173247.

Weissman IL (January 2000). "Stem cells: units of development, units of regeneration, and units in evolution". *Cell*. 100 (1): 157–68. doi:10.1016/S0092-8674(00)81692-X. PMID 10647940. as cited in Gurtner GC; Callaghan MJ; Longaker MT (2007). "Progress and potential for regenerative medicine". *Annu. Rev. Med.* 58: 299–312. doi:10.1146/annurev.med.58.082405.095329. PMID 17076602.

"Gene Therapy Clinical Trials Worldwide". www.wiley.com. Retrieved 28 May 2017.

Kendall, K. E. (1999). *Emerging information technologies: Improving decisions, cooperation, and infrastructure*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.

"Approval Letter – Provenge". Food and Drug Administration. 2010-04-29.

"Home – Office of Jeremy Rifkin". Office of Jeremy Rifkin. Retrieved 28 May 2017.

Rotolo, D., Hicks, D., Martin, B. R. (2015) What is an emerging technology? *Research Policy* 44(10): 1827–1843. Available [here](#)

"The Impact of Technology on Healthcare". AIMS EDUCATION. 2018-04-24. Retrieved 2019-05-08.

McKibben, Bill (2003). *Enough: Staying Human in an Engineered Age*. Times Books. ISBN 978-0-8050-7096-5.

Saenz, Aaron (15 December 2009). "Martin Ford Asks: Will Automation Lead to Economic Collapse?". Retrieved 28 May 2017.

Raysman, R., & Raysman, R. (2002). *Emerging technologies and the law: Forms and analysis*. Commercial law intellectual property series. New York, N.Y.: Law Journal Press.

Giersch, H. (1982). *Emerging technologies: Consequences for economic growth*,

structural change, and employment: symposium 1981. Tübingen: Mohr.

Lindvall, O.; Kokaia, Z. (2006). "Stem cells for the treatment of neurological disorders". Nature. 441 (7097): 1094–1096. Bibcode:2006Natur.441.1094L. doi:10.1038/nature04960. PMID 16810245.

Hegadekatti, Kartik (2017-01-24). "Analysis of Present Day Election Processes vis-à-vis Elections Through Blockchain Technology". Rochester, NY. SSRN 2904868.

See: Wired Magazine, "Why the future doesn't need us",

Circuit boards began development in 1960s. An example, among others, includes Stacked Printed Circuit Board by Victor F. Dahlgren et al. U.S. Patent 3,409,732. See also: System in Package (SiP) or Chip Stack MCM

International Congress Innovation and Technology XXI: Strategies and Policies Towards the XXI Century, & Soares, O. D. D. (1997). Innovation and technology: Strategies and policies. Dordrecht: Kluwer Academic.

Fountain, Henry (12 May 2013). "Engineering the \$325,000 In Vitro Burger". The New York Times. Retrieved 28 May 2017.

"What Comes After Dendreon's Provenge?". 18 Oct 2010.

Hung, D., & Khine, M. S. (2006). *Engaged learning with emerging technologies*. Dordrecht: Springer.

Ford, Martin R. (2009), *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*, Acculant Publishing, ISBN 978-1448659814. (e-book available free online.)

Emerging Technologies: From Hindsight to Foresight. Edited by Edna F. Einsiedel. UBC Press.

"robotics". *Oxford Dictionaries*. Retrieved 4 February 2011.

Preliminary Economics Study of Cultured Meat Archived October 3, 2015, at the Wayback Machine, eXmoor Pharma Concepts, 2008

Warwick, K: *"March of the Machines"*, University of Illinois Press, 2004

Drexler, K. Eric (1992). *Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation*. New York: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-57547-4.

econfuture (14 April 2011). "Machine Learning: A job killer?". Retrieved 28 May 2017.

Bostrom, Nick (2002). "Existential risks: analyzing human extinction scenarios". Retrieved 2006-02-21.

Cambridge Stanford Books

Cambridge Stanford Books é um projeto que visa reunir, organizar e compilar informações de natureza acadêmica, histórica e científica.

Esses assuntos são devidamente tratados, organizados e desenvolvidos. O texto é apresentado com máxima clareza e possível rigor.

O estudante ou o cientista, poderá satisfazer suas necessidades de consulta e de estudo, mediante um trabalho apoiado em abundante número de fontes e referências bibliográficas.

Consultas ou sugestões

Para qualquer dúvida ou sugestão, você pode consultar diretamente com a equipe do editor através do email: academicscientists@gmail.com