

Aplicações de Inteligência Artificial: Uma Visão Geral

Maria Carolina Monard/ILTC
José Augusto Baranauskas
Laboratório de Inteligência Computacional
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação de São Carlos
Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-carlense, 400
13566-590 — São Carlos, SP
e-mail: {mcmonard, jaugusto}@icmc.sc.usp.br

Palavra Chave: Inteligência Artificial

Resumo

O estudo da inteligência tem origem há mais de dois mil anos. Começando com filósofos procurando entender como são realizados os processos de visão, aprendizado, lembranças e raciocínio, várias tentativas para mecanizar a inteligência foram efetuadas. Desde suas origens na década de 50, a área de Inteligência Artificial vem se desenvolvendo em várias linhas de pesquisa com o objetivo de fornecer ao computador as habilidades para efetuar funções antes desempenhadas apenas através inteligência humana. Nesta palestra serão apresentados um breve histórico e uma visão geral sobre a área de Inteligência Artificial.

I. Introdução

Durante séculos, ou milênios, a humanidade tem-se preocupado com a criação de dispositivos capazes de imitar o comportamento humano ou de se comportar de uma forma *aparentemente inteligente*. Antes da ficção científica descrever robôs com capacidades super-humanas ou computadores megalomaniacos como HAL-9000¹ (do filme 2001 - Uma Odisséia no Espaço), os seres humanos já tinham construído alguns tipos de *bonecos* que cumprimentavam pessoas e pianos que tocavam música sozinhos, tentando assim fazer com que objetos inanimados parecessem, de certo modo, mais humanos.

Com o avanço tecnológico, os computadores originariamente criados para processamento numérico, começaram a ser usados para outras atividades, algo que foi previsto quase um século antes. Por exemplo, Ada Augusta — Condessa de Lovelace e filha de Lord Byron — nas suas anotações datando de 1842, afirmou a

¹ Como curiosidade, verifique a sigla formada pelas letras subseqüentes àquelas da palavra HAL.

respeito da Máquina de Babbage, que se ela pudesse ser construída, seria capaz de processar não apenas números, mas qualquer coisa que pudesse ser reduzida a um conjunto de símbolos. Isto implicou, de certa forma, que um dos antecessores dos computadores atuais já seria capaz de tratar conhecimento simbólico, algo importante para representar e manipular conceitos abstratos, ou seja, algo mais próximo daquilo que chamamos inteligência.

O estudo da *inteligência* teve início há mais de 2.000 anos. Começando com filósofos procurando entender como são realizados os processos de visão, aprendizado, lembranças e raciocínio. Várias tentativas para *mecanizar* a inteligência foram efetuadas sendo que muitas dessas tentativas precedem a idéia dos computadores digitais. Entretanto, foi somente por volta de 1950 que se originou a área de Inteligência Artificial — IA — quando cientistas da Computação começaram a utilizar computadores no desenvolvimento de programas simbólicos com o objetivo de resolver problemas.

IA é um ramo da ciência da Computação (mas não exclusivamente) cujo interesse é fazer os computadores *pensar* ou se *comportar* de forma inteligente. Devido a ser um tópico muito amplo, IA também está relacionada com psicologia, biologia, lógica matemática, lingüística, engenharia, filosofia, entre outras áreas científicas, conforme mostra a Figura 1.

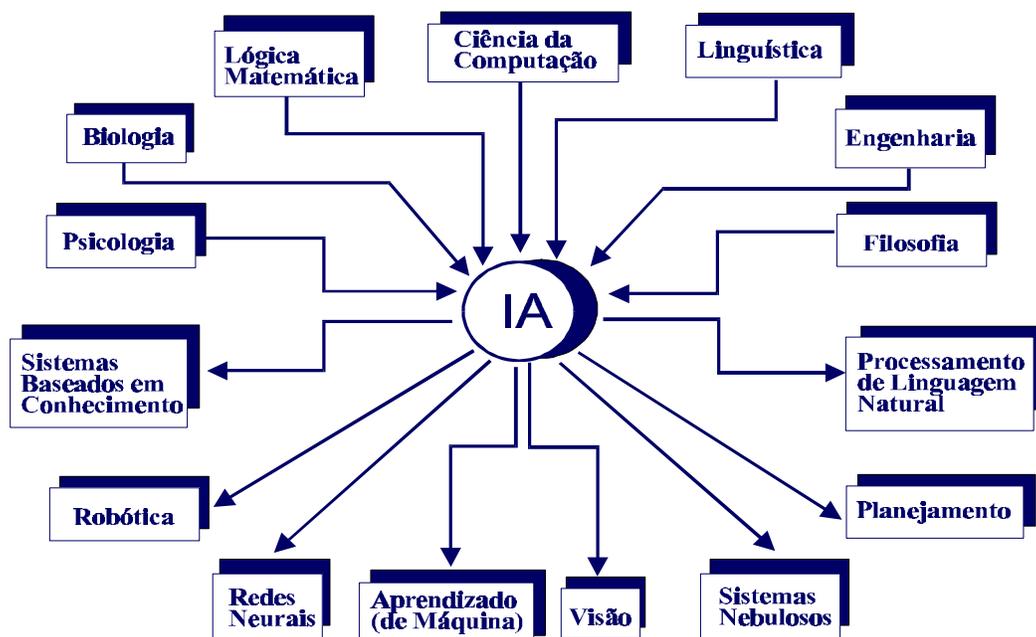


Figura 1: Áreas Relacionadas com IA

Desde então, a área de IA vem se desenvolvendo em várias linhas de pesquisa — e.g. Sistemas Baseados em Conhecimento, Robótica, Redes Neurais, Aprendizado de Máquina, Visão, Lógica Nebulosa, Planejamento, Processamento e Interpretação

de Linguagem Natural, Reconhecimento de Padrões — com o objetivo de fornecer ao computador as habilidades para efetuar funções antes desempenhadas apenas através inteligência humana.

Uma abordagem fundamental estudada há muito tempo por psicólogos e filósofos consiste na compreensão sobre como os seres humanos e os animais representam conhecimento. Sabe-se que a evolução da linguagem natural constituiu um fator importante no desenvolvimento das habilidades humanas. Mas, por outro lado, sabe-se que os seres humanos parecem representar grande parte do seu conhecimento de forma não verbal.

Testes psicológicos confirmam que os humanos lembram-se da idéia geral sobre algo ao invés das palavras exatas. Por exemplo, tente decidir quais das duas frases iniciam este artigo:

“Durante séculos, ou milênios, a humanidade tem-se preocupado com a criação de dispositivos...”

“Durante séculos, ou milênios, a criação de dispositivos inteligentes tem sido uma preocupação...”

Em geral, as pessoas escolhem a resposta correta 50% das vezes (nada acima do esperado probabilisticamente), mas lembram-se da idéia geral sobre o que elas leram com precisão superior a 90%. Isso indica que as palavras exatas não constituem parte fundamental das representações que elas formam. Experimentos similares mostram que as pessoas lembram-se de palavras por um espaço de tempo curto (dezenas de segundos) mas eventualmente esquecem as palavras e lembram-se apenas do significado. Isso sugere que as pessoas processam as palavras para formar algum tipo de representação não verbal que é mantida na memória.

II. O Nascimento da IA

Dentre os primeiros pesquisadores que tentaram construir programas inteligentes estão Newell e Simon. Eles desenvolveram o *Logic Theorist* que provava argumentos (ou pelo menos tentava) usando as regras da Lógica. Os resultados foram muito promissores para aquela época: o *Logic Theorist* não só reproduziu muitas das provas que seres humanos haviam desenvolvido como também, no caso de um teorema, ele produziu uma prova mais curta e mais direta daquela encontrada na maioria de livros de Lógica.

Em 1956, perto de um ano após o entusiasmo resultante do *Logic Theorist*, John McCarthy, do MIT, organizou o famoso *Darmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Na realidade foi John McCarthy quem definiu o nome Inteligência Artificial.

III. Inteligência e Aprendizado

Existem várias definições de inteligência. Entretanto, um fator necessário para se poder decidir se um sistema é inteligente está relacionado com sua capacidade de aprender. Com relação ao aprendizado humano, é notório o fato que ele é terrivelmente lento. São necessários 4 a 8 anos para que apenas comecemos a entender conceitos elementares e então mais 10 a 15 anos para nos tornarmos cientistas da computação. Isso é o mínimo, pois muitas pessoas levam mais tempo do que 14 a 23 anos. Portanto: somos aprendizes muito lentos.

Por outro lado, ao ensinarmos (programarmos) um único computador para resolver um determinado problema, todos os demais computadores podem “aprender” como resolver o mesmo problemas bastando apenas copiar o programa para cada um deles. Afinal de contas, não se vê um grupo de computadores indo para a escola para aprender algo... entretanto ainda é necessário um ser humano que seja capaz de produzir um programa (ensinar) para os computadores. Ao que tudo indica, talvez o aprendizado humano, mesmo que extremamente lento, seja próximo do ideal.

Por outro lado, para se construir uma máquina pensante é necessário antes definir o que é inteligência. E definir *inteligência* é uma tarefa realmente difícil que tem consumido anos de pesquisa nas áreas de aprendizado, linguagem, percepção sensorial, além de outras. A seção seguinte fornece uma possível definição de inteligência, aceita pela maior parte da comunidade de pesquisadores na área de IA.

IV. O Teste de Turing

O cientista britânico Alan Turing afirmou que um computador pode ser chamado de inteligente se ele puder enganar um ser humano ao fazê-lo acreditar que ele (o computador) é um humano.

O teste proposto por Alan Turing em 1950 fornece uma definição de inteligência de forma operacional. Turing definiu o comportamento inteligente como sendo a habilidade de obter desempenho humano em todas as tarefas cognitivas que fosse suficiente para enganar um inquiridor humano. De maneira mais simples, o teste proposto consiste em que um computador seja interrogado por um ser humano através de um terminal. O computador passa no teste se o inquiridor não puder dizer se do outro lado se encontra um computador ou um ser humano — Figura 2.

Turing achava que pelo ano 2000, um computador que armazenasse 10^9 bits poderia ser suficientemente bem programado para ter uma conversa com um inquiridor, durante 5 minutos, e ter 30% de chances de enganar o inquiridor fazendo-o pensar que ele era humano. Note que o teste de Turing evita interação física direta entre o inquiridor e o computador porque simulação *física* de uma pessoa não é necessária para inteligência. Entretanto, o teste total de Turing, proposto posteriormente, inclui um sinal de vídeo que permite o inquiridor testar as habilidades perceptivas assim como a oportunidade do inquiridor passar e receber objetos através de uma abertura.

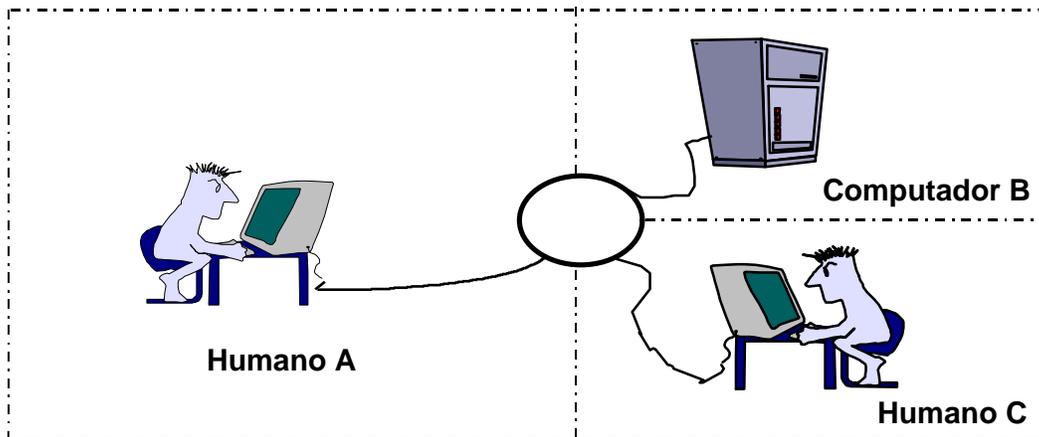


Figura 2: Teste de Turing

Atualmente, uma versão simplificada do teste de Turing, mais conhecida como o prêmio Loebner, requer que uma máquina *converse* com um inquiridor humano apenas sobre um tópico limitado. Na realidade, Dr. Hugh Loebner oferece um prêmio de US\$ 100.000,00 e uma medalha de ouro para o primeiro computador cujas respostas sejam indistinguíveis das de um ser humano. Como estímulo, mesmo não passando no teste, a cada ano um prêmio de US\$ 2.000,00 e uma medalha de bronze são dados ao computador “mais humano”.

V. Sucessos e Fracassos Iniciais

Na primeira fase de desenvolvimento da IA, que formalmente se inicia em 1956, a ênfase especial era dada ao mapeamento dos processos de raciocínio para os sistemas computacionais, na tentativa de permitir que esses sistemas pudessem atuar como os seres humanos na solução de problemas.

Vários êxitos na construção de sistemas baseados em conhecimento e aplicações bem sucedidas, criaram uma expectativa de que os sistemas inteligentes resolveriam uma grande escala de problemas. Ao lado desses êxitos ocorreram muitos fracassos, especialmente devido à falta de uma tecnologia apropriada e de fundamentação consistente para o emprego desta tecnologia.

Com o passar dos anos viu-se que isso não é tão simples. As famosas máquinas tradutoras eram fantasias, pois não havia tecnologia nem fundamentos lingüísticos que permitissem sua realização. Outra dificuldade foi a intratabilidade de muitos problemas que IA dizia ser possível resolver. Muitas heurísticas foram desenvolvidas para contornar a explosão combinatória, mas mesmo assim, muitos problemas continuaram intratáveis. Outras áreas tiveram suas pesquisas interrompidas, como Redes Neurais. Apenas poucas universidades continuaram a realizar pesquisas em IA. A realidade é que, embora todos esses problemas tenham colocado freio no desenvolvimento de IA, resultados promissores foram alcançados e sistemas inteligentes, usados em aplicações reais, tiveram grande sucesso.

Hubert Dreyfus, um crítico proeminente da área de IA, observou que a maioria dos trabalhos iniciais de IA estavam ligados a uma dentre três áreas: tradução de linguagem, resolução de problemas ou reconhecimento de padrões. Em cada área, sucessos iniciais significativos foram produzidos. Tradução de linguagens foi o pioneiro e, segundo estimativas de Dreyfus, nos primeiros 10 anos do projeto de pesquisa (entre 1955-1965), 5 governos investiram mais de US\$ 20 milhões. No final da década de 50, existiam bons programas capazes de traduzir documentos técnicos e, ao que tudo indicava, era apenas uma questão de maior capacidade computacional para aplicar as técnicas para traduzir textos menos técnicos.

Na realidade, os programas simplesmente não puderam ser expandidos da forma esperada. Entretanto, a pesquisa produziu um conhecimento muito mais profundo sobre a não-notada complexidade da sintaxe e semântica da linguagem. Um problema fundamental foi a inabilidade do computador mimetizar a capacidade humana de usar o contexto para remover ambigüidades das palavras e sentenças. Finalmente, em meados da década de 60 o programa havia sido substancialmente adequado para textos menos técnicos. Embora pesquisas atuais nesta área produziram recentes sucessos, ela é ainda considerada uma das grandes falhas na IA inicial, sendo considerado um dos primeiros sinais de super-otimismo.

Os trabalhos na área de resolução de problemas seguiram o mesmo curso e eventual falha que Dreyfus mais tarde afirmou ser o âmago de qualquer tentativa em IA. A maioria desses trabalhos concentrou-se no trabalho de Newell, Shaw e Simon no *General Problem Solver* ^{3/4} GPS —, o qual criou grandes expectativas e previsões de que IA poderia resolver uma nova gama de problemas que a computação tradicional não resolvera. A grande expectativa gerada levou os pesquisadores a prever que os computadores poderiam pensar, aprender, fazer analogia, raciocinar, agir e até criar.

O GPS empregava regras gerais de solução de problemas — e.g. “se você puder, sempre tente reduzir as diferenças entre seu estado atual e sua meta” — para resolver uma grande variedade de problemas. As regras, cuja maioria eram heurísticas (como dicas, conselhos) ao invés de algoritmos, eram postuladas para serem as mesmas regras empregadas por solucionadores humanos. Infelizmente, o GPS não atingiu as expectativas desejadas, não pela falta de capacidade computacional mas por profundos problemas teóricos. Enquanto o GPS poderia resolver problemas com suas técnicas gerais, qualquer problema menos simples enganava-o. O problema fundamental é que as estratégias do GPS eram limitadas. Pessoas usam habilidades e conhecimento específicos sobre um domínio para resolver problemas em diferentes contextos. E, em geral, habilidades e conhecimento específicos não generalizam entre diferentes áreas. Por exemplo, o conhecimento relevante para o jogo de xadrez pode não ser muito útil para Física. O que o GPS possuía eram estratégias fracas e vagas. Fortalecer suas habilidades significaria incluir conhecimento específico para todas as áreas de conhecimento — uma tarefa impossível. Em 1967, 10 anos após seu início, Newell anunciou que o GPS estava sendo abandonado.

A última das três áreas da IA nos seus primórdios foi reconhecimento de padrões. Novamente, houve alguns sucessos iniciais. Foram construídos computadores capazes de lidar com o código Morse, se houvesse muito pouco ruído na linha de transmissão, e o transmissor poderia ser um outro computador ou um ser humano bem experiente e preciso. Foram também criados programas que podiam decifrar manuscritos com um grau razoável de precisão (embora não comparável a um ser humano). Entretanto, os programas da época eram incapazes de resolver ambigüidade ou utilizar o contexto do texto.

Na década de 80, com o aparecimento do projeto Japonês de 5ª geração, um novo panorama surgiu e os governos e órgãos de fomento voltaram a investir em IA. Por outro lado, áreas como lógica, filosofia, psicologia e ciência da cognição foram influenciadas pelas pesquisas em IA e tiveram grande impulso. Nesta nova fase, na qual se distingue Inteligência Artificial de Inteligência Computacional, novas expectativas e realidades estão sendo criadas impulsionando novas pesquisas.

A dicotomia entre os sistemas conexionistas e os simbolistas, palco de acirradas discussões perdeu a sua importância, dando lugar ao nascimento dos sistemas híbridos, que procuram reunir o que há de melhor destas duas tecnologias. Como resultado das pesquisas elaboradas durante esse período, surgiram novas áreas nas quais se destacam as Redes Neurais, aprendizado automático, raciocínio incerto, sem nunca esquecer que o conhecimento é tema central de todas as áreas.

É interessante notar que o aprendizado automático, assim como processos de aquisição de conhecimento que, na primeira fase da história de IA, eram realizadas explicitamente i.e. diretamente pelo ser humano, mas nesta outra fase é conseguido através de processos automatizados de extração de conhecimento. Outro aspecto a ser considerado é que na primeira fase de IA a função cognitiva relevante era o raciocínio. Na fase atual, outras funções relevantes, como a percepção são consideradas, especialmente no tratamento dos Agentes Inteligentes. Mais uma vez, as novas tecnologias, os novos algoritmos e os novos enfoques, ampliaram o leque de aplicações e têm proporcionado a solução de problemas que, sem o surgimento dessas áreas, dificilmente seriam possíveis.

VI. Considerações Finais

Os contínuos avanços na velocidade de processamento e tamanho de memória dos computadores têm facilitado o desenvolvimento de sistemas de IA. Existe uma ativa linha de pesquisa que tenta explorar como incrementar a inteligência de sistemas de IA através da incorporação de processamento paralelo. Assim, a questão de qual porção do cérebro humano, e seus correspondentes processos cognitivos, opera em série e qual porção opera em paralelo, é um tópico intensamente debatido por pesquisadores de ciências cognitivas e de IA, sendo ainda um tópico sem respostas definitivas.

O rápido progresso no desenvolvimento de computadores velozes e com grande capacidade de memória levou muitos filósofos a concluir que um computador com uma programação adequada poderia ter capacidade de pensamento inteligente. Um

ponto de constantes debates considera quais os limites teóricos daquilo que pode ser obtido através da IA. Apesar do grande progresso nos últimos anos, nenhum computador sequer se aproximou nas capacidades múltiplas da mente humana.

Outra questão que surge é, mesmo assumindo que os anseios otimistas dos pesquisadores de IA se tornem realidade, os computadores terão literalmente mentes ou eles serão apenas imitações? Note que comumente já descrevemos os computadores como tendo memória, fazendo inferências, entendendo uma linguagem ou outra e assim por diante, mas essas descrições são literalmente verdadeiras ou apenas metáforas? Algumas pessoas acreditam que os computadores nunca serão mais do que ferramentas empregadas por seres humanos para auxiliar o seu próprio pensamento. Outras acreditam que a inteligência humana consiste num processo computacional que pode ser efetuado por máquinas avançadas, portanto, não seria razoável negar a atribuição de inteligência a essas máquinas. Na realidade, não seria sábio fazer qualquer previsão sobre projetos futuros.

Se IA é famosa por alguma coisa, essa coisa refere-se à sua natureza de engenharia prática. A idéia é que recursos não sejam gastos em debates filosóficos mas sim na construção de soluções reais. Depois de encontrar uma implementação que funciona, ela pode ser utilizada para formar as bases de uma teoria mais adequada. Muitos pesquisadores de IA apóiam esta estratégia de engenharia prática, lembrando que ela funcionou muito bem para a aviação. Após quase um século de debate relacionado à possibilidade da existência de uma máquina voadora, a primeira máquina foi construída, o debate foi resolvido e uma grande quantidade de novos dados foram produzidos.

Com isso em mente, houve muitas tentativas para construir computadores criativos apesar da falta de consenso conceitual e teórico. O exemplo mais impressionante é AARON, um programa de pintura que produz trabalhos abstratos e do cotidiano. Como devemos julgar se tal obra de arte é realmente criativa? É suficiente julgar os produtos ou é o processo pelo qual eles foram criados que deve ser o fator decisivo?

Uma outra questão que surge é se a uma máquina for permitido atingir altos níveis de comportamento inteligente e comunicação direta como os seres humanos, estas máquinas deverão ter direitos? O que deve ser feito se uma máquina inteligente decidir trabalhar contra os melhores interesses dos humanos? E se elas tiverem sucesso?

Weizenbaum, autor do programa ELIZA (um programa sem nenhuma inteligência mas que passou pelo teste de Turing original) afirma que o efeito de máquina inteligentes na sociedade humana será tal que qualquer trabalho na área de IA é provavelmente não ético. Um dos principais argumentos dele é que IA torna possível a idéia que humanos são autômatos — uma idéia que resulta na perda de autonomia ou mesmo de humanidade. Por outro lado, pode-se agrupar tais preocupações com tantas outras sobre o fato que qualquer tecnologia pode ser mal utilizada em detrimento da humanidade. Na verdade, deve-se pesar os riscos e os benefícios e assegurar-se que pesquisadores ofereçam aos governantes e ao público a melhor informação possível para que eles cheguem a uma decisão. Por outro lado, alguns

futuristas sugerem que a raça humana terá atingido seu destino ao trazer à existência entidades de inteligência maior (e talvez até ilimitada) e assim sendo, a preservação da raça humana parece menos importante. Algo para se pensar...

De todo modo, o cérebro humano é basicamente uma máquina assimétrica capaz de interpretar de maneira específica e diferenciada vários tipos de informações. Para construir uma máquina inteligente vale a pena lembrar o biólogo Watson que se referiu a propósito da pesquisa do cérebro:

“Se o cérebro [humano] fosse tão simples que pudéssemos compreendê-lo, nós seríamos tão simples que não o conseguiríamos.”