

Inteligência artificial como Engenharia: uma abordagem baseada em problemas e técnicas

Jacques Wainer

Instituto de Computação
UNICAMP

Definições de IA

- modelagem da inteligência humana no computador
- sistemas cujo aspecto central é a representação do conhecimento e busca heurística
- sistemas implementados em linguagens exóticas (Lisp e Prolog)
- coisas na computação sobre as quais não sabemos muito ainda
- sistemas que implementam comportamentos que chamamos de inteligentes quando os vemos em humanos
- inteligência simbólica, sub-simbólica e social
- desenvolvimento de sistemas autônomos e adaptáveis

Minha definição de IA

IA é um conjunto de **problemas** genéricos (moderadamente estáveis) e o **desenvolvimento e análise** de técnicas que resolvem esses problemas. IA como engenharia.

O **engenheiro** de IA tem que saber como mapear seu problema prático num problema genérico e que técnicas são **boas** para resolver o problema genérico

O **cientista** de IA tem que desenvolver novas técnicas para resolver um problema genérico e tem que **compara-las** com as existentes.

Os problemas genéricos

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- detecção de *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica

Os problemas genéricos II (NLP)

- recuperação
- tradução
- classificação
- agrupamento
- geração (de fontes estruturadas)
- sumarização
- sistemas de dialogo

Problemas genéricos III

Problemas genéricos em visão(?)

Problemas genéricos em processamento de sinais(?)

Problemas genéricos em reconhecimento de fala, de escrita (?)

Diagnóstico

Dado um sistema e observações (talvez) anômalas do sistema, determine a(s) causa(s).

Variações:

- pode ser um problema em batch - dado todas observações de uma só vez, determine o diagnóstico,
- ou o problema iterativo - dado uma observação determine a próxima pergunta/teste ou o diagnóstico
- variações quanto o que é o diagnóstico - apenas uma falha, múltiplas falhas, disjunção de falhas, graus de certeza quanto as falhas, etc.

Classificação

Dado um vetor multi-dimensional, classifique-o em uma de n classes.

Variações:

- atributos numéricos e/ou categóricos
- classificar em uma ou mais classes talvez com graus de certeza

Regressão

Dado um vetor multi-dimensional, compute um valor numérico associado ao vetor.

- atributos numéricos e/ou categóricos
- a saída é um vetor de valores

Agrupamento

Dado um conjunto de vetores multi-dimensionais (com atributos numéricos e/ou categóricos), agrupe-os em sub-conjuntos “razoáveis” ou em hierarquias.

- o número de sub-conjuntos pode ou não ser conhecido
- um mesmo vetor pode pertencer a mais de um sub-conjunto
- associar um grau de certeza a cada par dado/sub-conjunto.

Detecção de outliers

Dado um conjunto de vetores multi-dimensionais (com atributos numéricos e/ou categóricos) agrupe-os em conjuntos “normal” e “excepcional” onde o conjunto excepcional tem “poucos” elementos.

Planejamento

Dado um conjunto de ações, um estado inicial, e uma descrição de possíveis estados objetivos, determine uma ordem das ações que leva do estado inicial ao objetivo

- ações determinísticas ou não determinísticas
- conhecimento do mundo completo ou não
- recompensas em vez de objetivos

Jogos

Dado um campo (ou tabuleiro), pelo menos 2 jogadores independentes e as ações que cada jogador pode fazer, determinar uma sequência de ações em resposta à sequência de ações do oponente que leva o jogo a um estado objetivo.

- ações em turnos, simultâneas ou assíncronas
- conhecimento completo ou não do tabuleiro
- aspectos randômicos
- tabuleiro estático ou não
- recompensas em vez de objetivo

Prova de teorema

Dado uma lógica, um conjunto de axiomas, e uma expressão, verifique se a expressão é uma consequência dos axiomas na lógica.

- retornar uma prova (inteligível) ou apenas sim/não
- prova automática ou direcionada pelo usuário
- a lógica é parte do provador ou um dado de entrada

Percepção/monitoração

Dado uma sequência de observações, segmente a sequência e classifique cada segmento em uma de n classes.

- sequência pode ser de observações discretas e atômicas, ou pode ser uma sequência continua de “sinais” (processamento de sinais ?)
- classificar em uma ou mais classes, com possíveis graus de certeza

Previsão

Dado uma sequência de valores preveja o próximo elemento da sequência

- dado n sequências em paralelo
- preveja os próximos n valores
- a previsão pode ser de vários valores

Controle

Dado um sistema em um ambiente, e observações de algumas características do sistema e do ambiente, defina uma sequência de ações do sistema em resposta às observações que mantém o sistema num estado “bom.”

Design/Configuração

Dado várias classes de objetos, coloque-os em certas relações entre si de tal forma que o conjunto (ou sistema) satisfaz requisitos funcionais

Robótica

Dado um robô num ambiente, defina uma sequência de ações do robô que faça com que ele atinja um certo objetivo.

- ambiente real ou simulado
- discreto ou contínuo
- robô sozinho ou não

Problemas genéricos em NLP

Recuperação Dado um documento, ou palavras e expressões, e um conjunto de textos, recupere do conjunto os textos que são “similares” ou “relevantes” ao documento ou palavras dado.

Tradução Dado um documento em uma língua, produza um documento com o “mesmo conteúdo” em outra língua.

Classificação Dado um documento, classifique-o em uma de n classes.

Problemas genéricos em NLP

Agrupamento Dado um conjunto de documentos, agrupe-os em sub-conjuntos de documentos “similares.”

Geração Dado informação estruturada como tabelas, listas, frames, etc, gere um texto que “contém” essa informação.

Sumarização Dado um texto, gere um texto menor que contém o “essencial” do texto original

Sistema de diálogo Um sistema que entende fala (escrita ?) e responde dentro de um domínio específico,

Outro nomes para alguns problemas

- classificação + agrupamento + outliers = data mining
- classificação \supset aprendizado supervisionado
- regressão = aproximação de funções
- agrupamento = aprendizado não supervisionado
- previsão = séries temporais
- percepção = processamento de sinais (?)

As técnicas


Dados os problemas quais são as técnicas que podem ser razoavelmente usadas na sua solução?

Dados os problemas quais são as técnicas que são **boas** e as que são **ruins** para resolver o problema (e qual é a métrica)?

A relação “pode ser visto como”


- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica

A relação “pode ser visto como”

- 
- diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - *outliers*
 - planejamento
 - jogos
 - prova de teoremas
 - percepção
 - previsão
 - controle
 - *design*
 - robótica

diagnóstico em batch de falha única

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - *outliers*
 - planejamento
 - jogos
 - prova de teoremas
 - percepção
 - previsão
 - controle
 - *design*
 - robótica
- 

janela de tamanho fixo

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica

agrupar em normal e não normal

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica


quantização da saída ou múltiplas saídas (RN)

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica

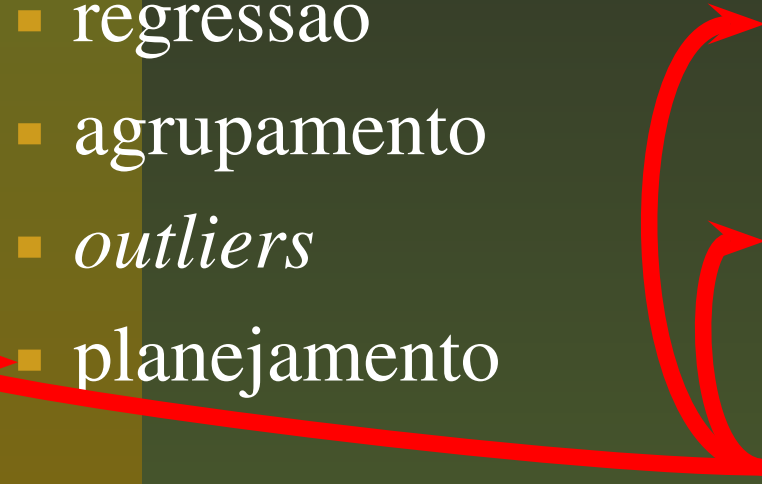
distancia do centro da classe como saída

A relação “pode ser visto como”

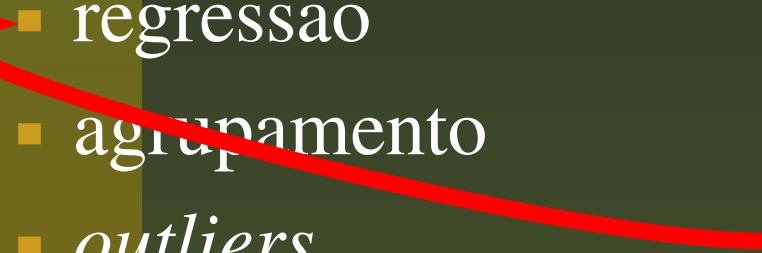
- diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - *outliers*
 - planejamento
 - jogos
 - prova de teoremas
 - percepção
 - previsão
 - controle
 - *design*
 - robótica
- 

janela de tamanho fixo

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - *outliers*
 - planejamento
 - jogos
 - prova de teoremas
 - percepção
 - previsão
 - controle
 - *design*
 - robótica
- 

A relação “pode ser visto como”

- diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - *outliers*
 - planejamento
 - jogos
 - prova de teoremas
 - percepção
 - previsão
 - controle
 - *design*
 - robótica
- 

Observações = Entrada , Atuador = saída


Mapeando NLP com outros problemas

Usando a idéia de *bag of words* ou *set of words*
NLP

- recuperação
- tradução
- classificação
- agrupamento
- geração (de fontes estruturadas)
- sumarização
- dialogo
- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- planejamento

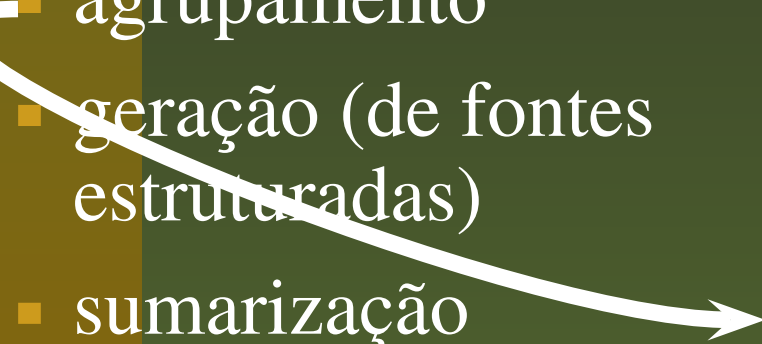
Mapeando NLP com outros problemas

Usando a idéia de *bag of words* ou *set of words*
NLP

- recuperação
 - tradução
 - classificação
 - agrupamento
 - geração (de fontes estruturadas)
 - sumarização
 - dialogo
 - diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - planejamento
- 

Mapeando NLP com outros problemas

Usando a idéia de *bag of words* ou *set of words*
NLP

- recuperação
 - tradução
 - classificação
 - agrupamento
 - geração (de fontes estruturadas)
 - sumarização
 - dialogo
 - diagnóstico
 - classificação
 - regressão
 - agrupamento
 - planejamento
- 

Técnicas para diagnóstico

- baseado em modelos
 - árvores de decisão, regras (exemplos de técnicas ruins)
 - teoria das coberturas, redes bayesianas
- baseados em aprendizado
 - apenas para diagnóstico em batch -> classificação por aprendizado

Classificação

- baseado em modelos
 - regras
- baseado em aprendizado: infinidade de métodos
 - redes neurais, k-vizinhos, árvores de decisão, SVM, redes bayesianas
 - meta técnicas: boosting, ensemble, cross validation, MDL
- híbrido
 - regras ponderadas por aprendizado

Regressão

- baseado em aprendizado: redes neurais, k-vizinhos

Agrupamento

- k-means, fuzzy C-means, agrupamento hierárquico

Outliers

- erro da projeção nos principal component analysis
- indução de um modelo (EM e outros) e outliers = baixa probabilidade no modelo

Planejamento

- busca no espaço de planos
- busca heurística no espaço de estados
- Markov decision processes

Jogos

- busca competitiva (alfa-beta pruning, minmax etc)
- truques específicos para jogos específicos: db de finais (xadrez), monte carlo (cartas)
- teoria de jogos tradicional

Percepção (incompleto!!)

- máquina de estados e variações (para observações discretas)
- filtros de Kalman e variações
- HMM, wavelets, etc
- baseado em aprendizado (?)

Previsão

- janela de previsão fixa -> regressão
- redes neurais recorrentes
- técnicas tradicionais da estatística hibridizadas

Prova de teoremas (?)

Controle

- controladores fuzzy
- controle como regressão

Design

- buscas genéticas no espaço de sistemas
- CSP (?)

Técnicas para NLP

só algumas:

- tradução baseada em estatística
- bayesiano ingênuo para classificação texto
- latent semantic analysis

Isso é tudo?

Há também **domínios**: áreas de pesquisa auto-sustentadas por mais ou menos tempo. Sem uma clara definição se são problemas ou técnicas.

- multi-agentes
- ontologias
- lógicas para IA

Isso é tudo?

Provavelmente será benéfico criar o conceito de **macro-técnicas** que agregam técnicas com idéias e conceitos parecidos

- aprendizado estatístico
- busca por uma solução “boa” (genética, local, etc)
- busca por um caminho (para um objetivo)

Isso é tudo?

Provavelmente não.

Outras coisas podem ser classificadas como IA (temporariamente) mas voce ficará muito sozinho trabalhando nelas, e terá problemas para publicar.

Por que esses problemas?

Por que são esses os problemas genéricos, e não outros?

- minha intuição
- próximos de problemas práticos
- não embutem a solução na definição do problema
- definem métricas naturais para comparar soluções
- definem práticas e comunidades científicas

Próximo aos problemas práticos

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- detecção de *outliers*
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- *design*
- robótica

Exceções

Não embutem a solução na definição

Quero evitar coisas como, “como controlar um conjunto de sistemas autônomos?”. Ou “como bolar uma lógica que me permita raciocionar sobre agentes com posições contraditórias?” que são justificativas para os domínios.

Problemas práticos não tem esses requisitos:
“autônomos”, “raciocinar”

Problema com provadores de teoremas!

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Taxa de acerto, etc

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Erro quadrado médio, etc

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Competições

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- **prova de teoremas**
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Velocidade da prova, completude, tamanho da prova (?)

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Velocidade do provador, completude, qualidade do plano

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Qualidade do design (?)

Definem métricas naturais

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Não tem métricas !!

Definem comunidades e práticas

Alguns dos problemas genéricos congregam comunidades “epistêmicas” mais ou menos bem definidas com mesmos valores, pressuposições, etc.

Exemplo mais claro - planejamento:

- valores: qual são as conferências boas (AIPS/ICAPS) e as menos boas.
- método de pesquisa: entrar na competição e ir bem
- discussão metodológica pelos decanos
- espaço (limitado?) para pesquisas na fronteira

mas pouca gente, não há uma revista própria...

Contra-exemplo: Domínios também geram suas comunidades.

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Não é uma comunidade bem definida (conferência de 2 em 2 anos)

Comunidades

- diagnóstico
- **classificação**
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

grande quantidade de gente; método: UCI ML data set, conferencias (ICML, NIPS), revistas (Machine Learning)

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Data mining (?) Estatística (?)

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Provavelmente comunidades específicas por jogo

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- **prova de teoremas**
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

comunidade pequena, método: TPTP (1000 probl. de prova de teoremas) conferencia (CADE), revista

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Não sei muito (NIPS)

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- **previsão**
- controle
- design
- robótica

Não sei, talvez na estatística

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Não sei, talvez na engenharia elétrica

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Pouca gente em design

Comunidades

- diagnóstico
- classificação
- regressão
- agrupamento
- outliers
- planejamento
- jogos
- prova de teoremas
- percepção
- previsão
- controle
- design
- robótica

Não sei muito, mas provavelmente há várias sub-comunidades

Métrica de pesquisa vs de uso

A pesquisa em IA envolve desenvolver técnicas que se igualam ou melhoram os resultados de outras técnicas nas métricas naturais do problema genérico.

Mas para o engenheiro de IA, outra métrica é também importante: quão fácil é usar a técnica em questão , ou quantos graus de liberdade é preciso controlar para se chegar no desempenho desejado.

Ensino de IA

A graduação forma engenheiros de IA. Ensinar os problemas genéricos e algumas técnicas produtivas em resolve-los. Dizer explicitamente quais são as técnicas boas e as ruins (segundo a métrica de uso!!)

Pós graduação forma cientistas de IA. Estudar a fundo um ou mais problemas genéricos e as várias técnicas para resolve-lo.

O cientista de IA

Na sua maioria dos cientistas (no Brasil) se aprofundam na técnica e não no problema.

Minha hipótese é que é melhor se aprofundar no problema genérico e não na técnica.

Problema prático: fica cada vez mais difícil justificar sua contribuição.

Problema teórico/filosófico: é preciso comparar as **várias** técnicas (inclusive pela métrica de uso).

Minha definição de IA

IA é um conjunto de **problemas** genéricos e o **desenvolvimento** e **análise** de técnicas que resolvem esses problemas. IA como engenharia.

O **engenheiro** de IA tem que saber como mapear seu problema prático num problema genérico e que técnicas são **boas** (nas duas métricas) para resolver o problema genérico

O **cientista** de IA tem que desenvolver novas técnicas para resolver um problema genérico e tem que **compará-las** com as existentes.