

Um modelo Indutivo e Adaptativo de Aprendizado Automático

Reginaldo I. da Silva Filho¹
Orientador: Ricardo L. A. Rocha ¹

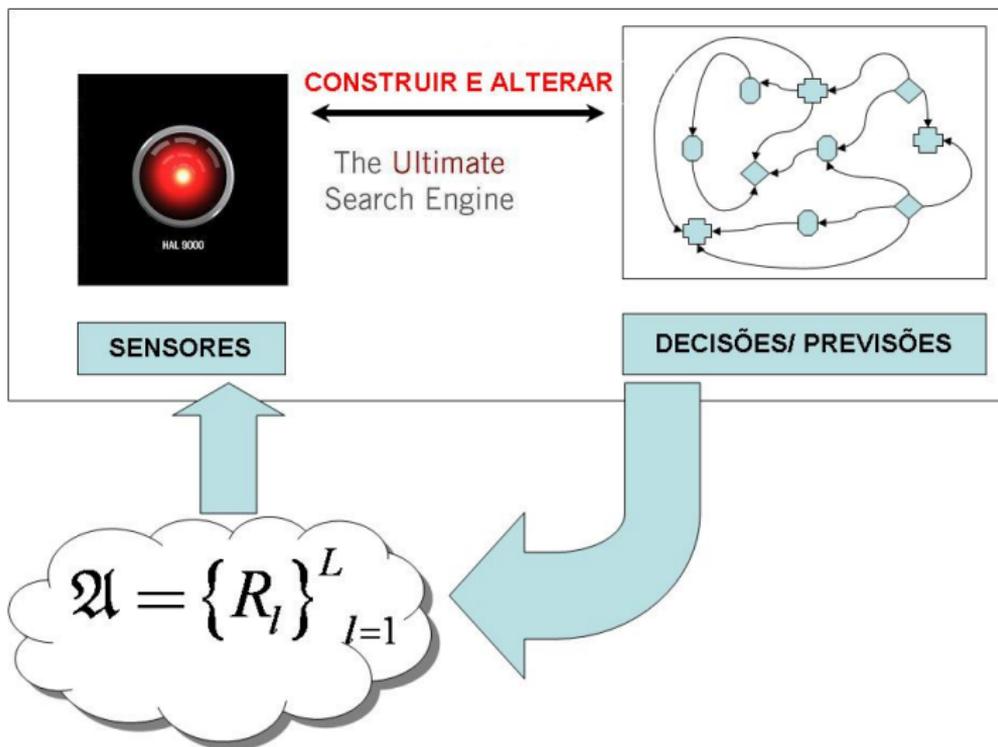
¹LTA- Laboratório de Linguagens e Técnicas Adaptativas
Departamento de Computação e Sistemas Digitais
Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

October 20, 2008

- Objetivos
- Motivação
- Fundamentação
- Questões levantadas
- Onde poderemos chegar ?
- Cronograma Resumido
- Publicações
- Bibliografia

- O objetivo do trabalho é propor um modelo computacional **de** aprendizado automático que use como metáforas o comportamento do aprendizado humano. Como base para a construção deste modelo, assumimos duas hipóteses sobre esse comportamento:
 - Para os humanos, o processo de aprendizado se constitui em um processo *adaptativo*.
 - Da mesma forma, o processo de aprendizado também é um processo *contínuo* ao longo da vida do indivíduo.

Objetivos



Observação:

- As duas características relacionadas com o "comportamento humano" são justificadas tão somente pelo **senso comum**. Não é objetivo da tese validar nenhuma teoria pedagógica, psicanalítica ou biológica de qualquer espécie.

- Estudar os modelos propostos na área de pesquisa conhecida como Algorithmic learning theory (ou algorithmic inductive inference)
- Estudar os modelos de computação não-convencionais, mais especificamente as funções recursivas no limite
- Estudar as extensões possíveis para o modelo dos autômatos adaptativos e como esse modelo se relaciona com as duas áreas acima.

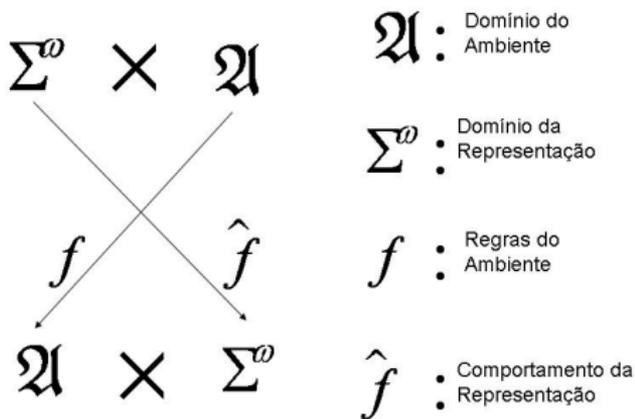
Hipótese: O ser humano é uma máquina ótima para a busca de soluções. A História mostra a sua capacidade de adaptação aos ambientes mais inóspitos (muito embora não se possa demonstrar isso).

Se um indivíduo é confrontado com um determinado problema, sua reação segue um padrão estabelecido por seus pressupostos:

- Sua experiência.
- Seu conhecimento formal
- Sua intuição.

Porém...

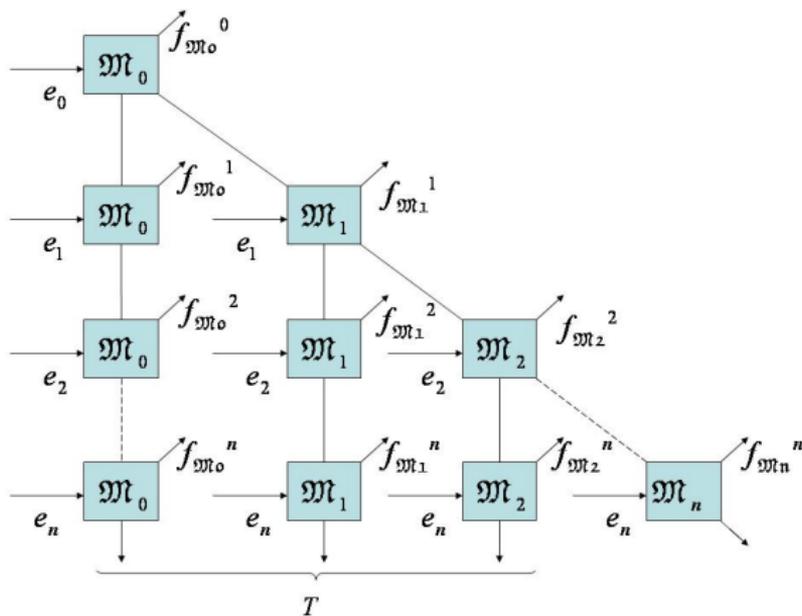
- O conhecimento do indivíduo, visto aqui como uma representação interna e um modelo do ambiente, sempre será incompleto. Ao longo de sua vida, o indivíduo procura "cobrir" a realidade que o cerca usando os recursos de representação interna que possui.



conseqüentemente...

- Esse processo é dinâmico. Logo, assumimos que ela será objeto de construção ao longo da vida do indivíduo. Assim, dependendo do momento de sua vida ao qual o indivíduo foi exposto a um determinado problema, sua reação pode ser diferente da reação que seria tomada em relação a qualquer outro momento, tanto no passado quanto no futuro [6].

Fundamentação



- Entendermos o aprendizado como a **aquisição e o uso do conhecimento para a capacitação na realização de tarefas no ambiente de forma efetiva** [1]. Logo, das premissas dadas acima, assumimos que o aprendizado é o resultado de um processo de inferência indutiva.
- O termo inferência indutiva denota a geração e escolha de hipóteses sobre regras gerais que governam um determinado domínio a partir de um fluxo de exemplos disponíveis ao longo do tempo [1].

- Em um problema de inferência indutiva, quatro itens precisam ser especificados [5]:
 - Como a classe de regras consideradas será representada: funções, linguagens formais ou outros formalismos.
 - Um espaço de hipóteses, consistindo de um conjunto de representações tal que, para cada regra, existe pelo menos uma hipótese que a represente nesse espaço.
 - Para cada regra, um conjunto de exemplos que constituem uma apresentação admissível da regra.
 - Um método de inferência e um critério de sucesso ou convergência.

- Para o quarto item, a escolha recaiu sobre um modelo de computação não-convencional conhecido como identificação no Limite (identification in the Limit) [2]:
 - Identificação no Limite vê a inferência indutiva como um processo infinito. Dessa forma, o comportamento eventual (ou "no limite") de um processo de inferência indutiva pode ser usado como um critério de sucesso.
 - Explicando de uma maneira mais formal: Tome o nosso indivíduo M que tenta inferir a correta descrição de alguma regra R desconhecida. Se M "processar" repetidas vezes uma larga coleção de exemplos de R , uma sequência potencialmente infinita de conjecturas $g_1, g_2, g_3 \dots$ acerca de R é gerada. Se existir algum número m tal que g_m é a descrição completa de R e $g_m = g_{m+1} = g_{m+2} = g_{m+3} = \dots$ então podemos dizer que M identifica R completamente no limite dessa sequência de exemplos.

- Embora tenhamos $R = \lim_{i \rightarrow \infty} \mathcal{G}_i$, podemos garantir que a cada passo, as conjecturas estarão mais próximas da descrição real da regra, de modo que cada novo elemento da sequência será uma aproximação melhor que a anterior [3].
- Como modelo de representação das conjecturas g_i será utilizado o formalismo dos autômatos adaptativos [4].

Questões a serem trabalhadas: Desenvolvimento da tese

Uma vez fixado o método, surgem as questões a serem respondidas por meio do desenvolvimento da tese:

- Qual é a classe de problemas solucionável por esse modelo? Em qual grau de complexidade minha representação pode chegar?
- Identificada essa classe, como apresentar os exemplos que representam o comportamento (as regras) do ambiente?
- Qual é a complexidade computacional envolvida. A aprendizagem resultante apresenta uma solução "interessante" após quanto tempo (predição)?
- Quais as aplicações práticas viáveis para esse modelo?

Aonde poderemos ir ?

A man walks into a bar and says "My computer doesn't understand me." Its easy to see why. We don't expect our computers to understand us. We're supposed to understand them. Thats why there are user manuals and programming languages. Does it have to be this way? Peter Kugel



- Mudar o modelo dos autômatos adaptativos para representar funções recursivas no limite (3 meses).
- Verificar a existência de um critério de convergência para o modelo (2 meses).
- Responder as questões levantadas acima (8 meses)
- Buscar uma Aplicação: inferência para questões relacionadas à semântica com foco em construção de ontologias formais e **propor** uma implementação (POC) (6 meses).
- Qualificação
- Ajustes e correções

- Valhalla
 - Journal of Symbolic Logic
 - Theoretical Computer Science
 - Journal of the ACM
- Ideal
 - Lecture Notes in Computer Science
 - IEEE
 - Conference on Learning Theory COLT
- Em andamento (2008)
 - CSNR
 - JUCS
 - CEC

- [1] D. Angluin, C. H. Smith, *Inductive Inference: Theory and Methods*, Comp. Surv., 3 (1983).
- [2] E. M. Gold, *Limiting recursion*, Journal of Symbolic Logic, 30 (1965) 28-48.
- [3] H. Putnam, *Trial and error predicates and the solution of a problem of Mostowski*, Journal of Symbolic Logic., 20 (1965) 49-57.
- [4] J. J. Neto, C.A.B. Pariente, *Adaptive Automata - a Revisited Proposal*. Lecture Notes in Computer Science, Implementation and Application of Automata 7th International Conference, CIAA 2002, Vol.2608, Springer-Verlag, (2002), 158-168
- [5] P. Aczel, *An Introduction to Inductive Definitions*, Handbook of Mathematical Logic, (1982) 740-782.
- [6] R. L. A. Rocha, *Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa*. Escola Politécnica de Engenharia da Universidade de São Paulo, 2000 (Tese de Doutorado).

- **OBRIGADO!**