

Tomada de Decisão na Arquitetura Cognitiva Clarion

Thibaut G. P. Pierre
Faculdade Estadual de Campinas

Resumo— O escolhido entre diferentes opções é um problema complexo que usa vários processos seletivos complementar. Este artigo pretende explicar o framework psicológico chamado em inglês “Decision Field Theory” (DFT). O seu modelo conexionista permite uma implementação na arquitetura cognitiva híbrida Clarion graças qual podemos estudar a integração da teoria do DFT numa arquitetura cognitiva completa e funcional.

I. INTRODUCTION

ARQUITETURA cognitiva CLARION é uma arquitetura cognitiva usada para várias aplicações que são tanto testes desenvolvidos para estudos puxadas no domínio psicológico em relação ao aprendizagem implícito quanto tarefas complexas como a resolução do jogo da torre de Hanói, a navegação com controle dinâmico ou exercícios de gramática. O seu comportamento dinâmico é fortemente ligado ao algoritmo de tomada de decisão que ele implementa.

Trabalhos antigos [1] mostraram a pertinência do modelo DFT em relação aos efeitos empíricos que observamos no comportamento humano confrontado a várias alternativas.

O Ron Sun, desenvolvedor principal do Clarion escreveu sobre a integração da estratégia do DFT naquela arquitetura [2].

Este artigo tenta mostrar a persistência dos efeitos empíricos observados na tomada de decisão humana que são (a) o efeito de similaridade, (b) o efeito de atração, e (c) o efeito compromisso na arquitetura Clarion pela observação dos mecanismos que ela implementa.

Na segunda secção desse documento estão vistos os básicos do algoritmo DFT, depois a terceira secção estabelece a integração desse algoritmo na arquitetura geral do Clarion, enfim a última secção estuda a coerência de Clarion com os exemplos de situação determinada pelos três efeitos empíricos observados na tomada de decisão humana.

II. PRINCÍPIO DO ALGORITMO DFT

O DFT segue a intuição segundo qual a opinião em relação a cada opção do tomador de decisão muda com a sua deliberação interna. A última opinião é assim a integração da opinião atual no tempo. A atenção joga aqui um papel importante porque

segundo o atributo com qual se foca o tomador de decisão, a comparação instantânea das diferentes opções é avaliada e ordenada de novo. Ultimamente se o processo continua sem interrupção, a opção escolhida pode ser por exemplo aquela que supera a primeira um limite de valor predefinido. Se o processo é constringido pelo tempo, a decisão concorda usualmente com a opção a mais avançada no momento.

O DFT é um exemplo de modelo chamado em inglês “sequential sample modeling”. No detalho o processo usa dois valores: a valence e a preferência.

A. Valence

Qualquer momento do processamento, cada opção possível é relacionada com um componente do vetor de valence. O componente $v_i(t)$ relacionado à i em uma opção no tempo t apresenta a vantagem ou desvantagem instantâneo dessa opção comparativamente a todas as opções.

A valence se calcula com a matriz M , para qual m_{ij} pode ser positivo ou negativo se relaciona com a vantagem percebida da opção número i considerando o seu atributo número j .

Cada atributo possui no tempo t um peso de atenção $w_j(t)$. O vetor $W(t)$ é fornecido por uma lei probabilística independente ou não (uma cadeia de Markov pode ser usada por exemplo) dos valores anteriores $W(t-1)$, $W(t-2)$, ...

Enfim a valence é um valor relativa, que compara o desempenho do(s) atributo(s) considerado(s) seguindo o vetor de peso de atenção entre todas as opções disponíveis. Isso é feito pela matriz C , onde $c_{ii} = 1$ e $c_{ij} = \frac{-1}{n-1}$ com i diferente de j e n o número de opções disponíveis.

$$V(t) = CMW(t)$$

B. Preferência

A preferência $P(t)$ é a integração da valence relacionada com uma das opções possíveis em qualquer momento t . Temos a relação seguinte:

$$P(t+1) = SP(t) + V(t+1)$$

A dinâmica da preferência é controlada pelos dois condicionamentos que são: o estado inicial $P(0)$ e a matriz de retroação S .

$P(0)$ apresenta a memória do sistema com as experiências

Thibaut G. P. Pierre, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC), Universidade Estadual de Campinas.

Este artigo foi escrito na intenção e com os recursos da aula de Cognição Artificial do professor Ricardo Gudwin, turma do segundo semestre 2014.

A correspondência em relação ao trabalho apresentado neste artigo deveria ser mandada pelo endereço seguinte: Thibaut G. P. Pierre, t_pierre@sfr.fr

antigas. $P(0) = 0$ é o padrão para uma experiência sem bias.

S gera o inter-relacionamento entre as alternativas do escolhido. Os elementos diagonais s_{ii} permitem ao sistema ter uma memória instantânea do estado da preferência e da de fato uma integração da valence. A preferência fortalece ou se perde dependendo do valor, entre 0 e 1, desse elemento diagonal.

Os elementos não diagonais estabelecem influência entre alternativas distintas. Essas influências são geralmente negativas assim produzem uma competição entre soluções. De forma geral temos que $s_{ij} = F(d_{ij})$ onde F é uma função decrescente e d_{ij} defini uma distância psicologia entre as soluções i e j . Justificamos aqui do fato que duas soluções parecidas estão se competindo fortemente. Igualmente, temos que a matriz S é simétrica.

C. Interpretação Conexionista

É possível implementar o modelo DFT na forma de uma rede conexionista, como ilustra a figure 3. Nessa rede a primeira camada é alimentado pelos nós de avaliação M , que avaliam todos os atributos de cada solução.

Estas avaliações são depois filtradas pelos pesos instantâneos de atenção W ligados aos atributos. Após esse tratamento os valores pesados estão transformados pelos coeficientes de contraste C para deixar aparecer a comparação relativa das avaliações. A saída V dessa primeira camada é a valence, que muda aleatoriamente no mesmo tempo que os pesos de atenção.

A secunda camada é uma rede recursiva implementando o cálculo da preferência, aceitando como entrada as valences saindo da primeira camada. Os nós dessa camada são ligados entre se e também se ligam recursivamente como apresentação da matriz S da teoria. Contudo a saída dessa rede fornece a preferência relacionada com cada solução alternativa do problema corrente.

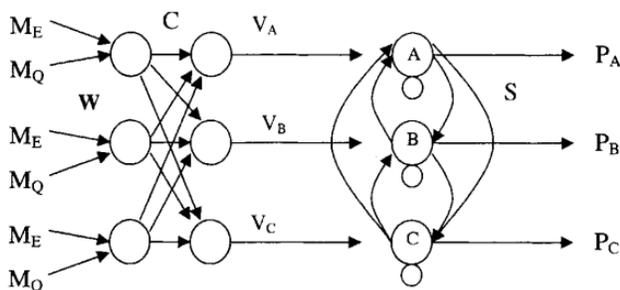


Fig. 1. Visão conexionista do modelo DFT multi alternativa. Essa representação é alimentada na esquerda e fornece os seus resultados na direita. A primeira camada apresenta uma rede feed-forward, na entrada de qual estão as avaliações de 2 atributos, identificados respectivamente pelas letras E e Q, das três soluções alternativas identificadas pelas letras A, B e C. A segunda camada é uma rede recursiva competitiva que aceita como entrada a valence fornecida pela primeira camada, e calcula as preferências correspondentes.

III. INTEGRAÇÃO NO CLARION

Clarion é uma arquitetura dívida em 4 subsistemas interligados que são: o Action Centered Subsystem (ACS), o Non Action Centered Subsystem (NACS), o Motivational Subsystem (MS), e o Metacognitive Subsystem (MCS). Eles estão organizados como mostra a figura 2.

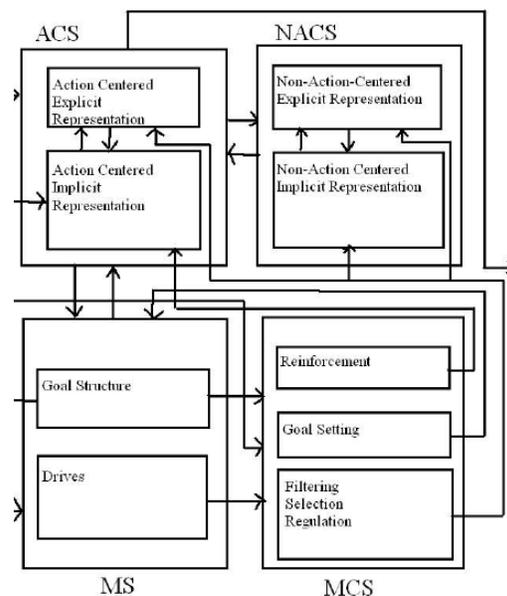


Fig. 2 Esquema da arquitetura Clarion, mostrando a divisão em subsistemas além das interligações entre eles. Os diferentes módulos entre os subsistemas correspondem a divisão em níveis implícito e explícito, com a exceção do MCS.

Uma descrição detalhada do macro funcionamento desse grupo de subsistemas esta disponível nos trabalhos referenciados [2] [3]. O que vai tratar esse documento é a organização interna comum a cada subsistema. Mais especificamente são divididos em duas partidas: a partida superior que cuida do armazenamento de regras de raciocínio explícito enquanto o nível inferior é um nível conexionista, fonte de conhecimento implícito. Esta particularidade justifica a aplicação de modelo híbrido pela arquitetura Clarion.

A. Nível inferior

Os níveis inferiores funcionam de tal maneira que eles possuem uma capacidade de aprendizagem pela experiência, sem conhecimento a priori da tarefa que ele deve executar nem da maneira de proceder. Ele apenas depende duma expressão de sucesso ou falha da tarefa executada. Fornecer esse comentário é o papel do Motivational Subsystem.

Com esse objetivo, os níveis inferiores estão compostos com uma rede conexionista que aprendem pelo algoritmo de retro ação do Q-learning, (modulo chamado reinforcement na figura 2).

Porém a organização interna da rede segue a visão conexionista do modelo DFT detalhada em II C.

B. Nível superior

Os níveis superiores possuem dados na forma de chunks e implementam regras ligando os chunks que formam as condições aos chunks de resultados. Estas regras são explícitas e se desenvolveram por teste de hipóteses.

Entre os níveis superior e inferior de um agente têm uma forte semelhança com de um lado o gráfico de regras do nível superior e a primeira camada da rede conexionista onde estão armazenadas todas as situações e ações disponíveis. Assim uma integração no nível inferior das regras presente no nível superior é possível e se apresenta como uma aprendizagem top-down, que acontece por exemplo na transição de novicio para

experto do sistema numa tarefa. Seja quando o sistema não precisa mais duvidar as regras de atuação que ele aprendeu, ele pode internalizar elas para se tornar mais eficiente.

O fenômeno contrário é também possível: o agente pode extrair regras a partir do mapeamento do seu nível inferior e relacionar numa nova regra as entradas e a saída do raciocínio conexionista quando ele deu sucesso segundo o comentário do Motivational Subsystem. Esse fenômeno é chamado aprendizagem bottom-up.

Ultimamente os comportamentos induzidos pelo modelo DFT vai poder se difundir por mecanismo de aprendizagem ao nível superior do agente.

IV. COMPORTAMENTOS EMPÍRICOS

Um problema de avaliação de opções precisando compromissos entre vários atributos em conflito tal que a segurança, o preço ou a qualidade gera comportamentos não trivialmente explicáveis no ser humano. O artigo referenciado [1] permite isolar algumas situações típicas do raciocínio humano.

Os exemplos a seguir estão considerando a compra de um carro novo para qual só tem 2 atributos de comparação pertinentes: a qualidade e o custo

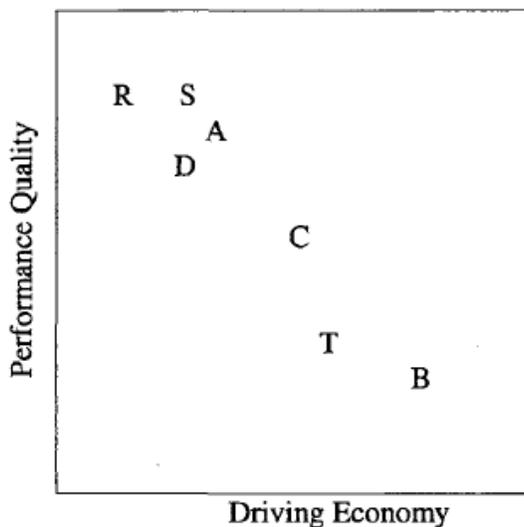


Fig. 3 Gráfico descrevendo o problema de escolhido de carro novo dependendo de dois fatores que são a sua qualidade além da economia realizada com esse modelo. Exemplo ilustrativo por fim de demonstração dos efeitos de similaridade, de atração e de compromisso.

A. Efeito similaridade

Seja $P(A)$ a preferência de A e $P(B)$ a preferência de B, tal que $P(A | A, B) = 55\% > P(B | A, B) = 45\%$. No caso com esses dois produtos apenas tem uma preferência dominante para o carro A.

Um resultado importante do estudo das preferências humanas é a inversão de preferência dominante pela introdução no conjunto $\{A, B\}$ de um novo escolhido S. O carro S é muito semelhante com o carro A de alta qualidade mas pouco econômico. Ao contrário S não tem nada para ver com B que é mais econômico mas de qualidade baixa. O efeito de similaridade reduz a probabilidade de escolher produtos semelhantes, e assim $P(A | A, B, S) = P(S | A, B, S) = 27,5\%$

enquanto $P(B | A, B, S) = 45\%$ não mudou e se torna dominante desde que se torna com a maior preferência.

O modelo DFT permite dar conta desse fenômeno pelos coeficientes da matriz de inibição S que faz competir mais fortemente as alternativas que possuem uma distância psicológica pequena.

B. Efeito de atração

De novo estudamos o caso de um conjunto de dois opções muito diferenciadas como são os carros A e B. Essa vez a empresa quer inicializar a venda de um carro D semelhante ao carro A mas que não concorrência ele porque D está dominado por A. Significando que a comparação entre A e D leva uma grande preferência pelo produto A que fica melhor no todos os atributos. No mesmo tempo a comparação entre D e B fica neutra desde que nem B domina D nem D domina B.

O efeito de atração mostra que os consumidores vão atribuir uma preferência maior pelo carro dominante, seja A.

C. Efeito compromisso

Se entre dois produtos extremos A e B, o produtor sai um outro carro intermediar C que não domina nenhuma dos dois carros antigos, vemos com o efeito compromisso que a maior preferência vai pelo carro do compromisso C e não pelos carros dos extremos.

V. CONCLUSION

Vemos que a arquitetura Clarion é baseada num processo de tomada de decisão (DFT) que se aproxima da tomada de decisão humana mesmo com alguns casos não explicitamente racionais. Além disso, os mecanismos de propagação das aprendizagens conseguem fazer os níveis superior dos agentes tornar em regras explicitas estes comportamentos para qual nós não temos mesmo consciência de obedecer. Nesse sentido poderíamos dizer que o Clarion tem o poder de superar as ilusões de racionalidade que limitem os humanos.

REFERENCES

- [1] R. M. Roe, J. R. Busemeyer and J. T. Townsend, "Multialternative Decision Field Theory: A Dynamic Connectionist Model of Decision Making" *Psychological Review*, vol. 108, pp. 370-392, 2001.
- [2] S. Helie, R. Sun, "How the core theory of CLARION captures human decision-making," *Neural Networks (IJCNN), The 2011 International Joint Conference on*, San Jose, pp. 173-180, July 2011.
- [3] R. Sun, "The CLARION cognitive architecture: Extending cognitive modeling to social simulation" In: Ron Sun (ed.), *Cognition and Multi-Agent Interaction*. Cambridge University Press, New York. 2006.
- [4] R. Sun, "The motivational and metacognitive control in CLARION". In: W. Gray (ed.), *Modeling Integrated Cognitive Systems*. Oxford University Press, New York. 2007.
- [5] R. Sun, T. Peterson, and C. Sessions, "Beyond simple rule extraction: acquiring planning knowledge from neural networks". *Proceedings of WIRN'01*, Salerno, Italy. Springer-Verlag, 2001.
- [6] L. L. Thurstone, "A law of comparative judgment." *Psychological Review*, vol. 34. Pp. 273-286, 1927.