

Representação e Evolução de Esquemas Sociais em SMA: um Enfoque Funcional

Gustavo G. Lugo^{1*}, Jomi F. Hübner^{1†}, Jaime S. Sichman^{1‡}

¹Laboratório de Técnicas Inteligentes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, 158, tv. 3
05508-900 São Paulo, SP

{gustavo.lugo, jomi.hubner, jaime.sichman}@poli.usp.br

Abstract. *In human societies, whenever a problem solving method is used several times, agents tend to stop reasoning about how they are going to solve that problem. Instead, they usually choose the most used problem solving method. The present work exploits this subject in the context of Multi-Agent Systems. For that purpose, the notion of social schema is presented as an abstraction of a form of cooperative coordination of agents. A representation is suggested along with a mechanism for revision of stored schemata.*

Resumo. *Em sociedades humanas, quando uma forma de solucionar um problema passa a ser usada muitas vezes, os agentes tendem a deixar de raciocinar sobre como irão solucionar o problema, passando a adotar a forma de resolução mais usual que lhes é conhecida. O presente trabalho aborda este tema no contexto de Sistemas Multi-Agentes. Para tanto propõe-se a noção de esquema social como abstração de uma forma de cooperação coordenada de agentes. Junto com uma alternativa para a representação de esquemas, é apresentado um mecanismo de revisão dos esquemas já armazenados.*

1. Introdução

Um Sistema Multi-Agentes (SMA) distingue-se de um sistema distribuído por sua habilidade de, dado um problema, encontrar um plano para resolvê-lo e distribuir as atividades deste plano entre os agentes do sistema [Weiß, 1999]. Smith [Smith, 1980], por exemplo, propõe que um agente que tem um problema complexo a resolver o divide em sub-problemas e contrate agentes para resolver cada um destes sub-problemas. Os agentes contratados, por sua vez, podem recursivamente fazer o mesmo. Uma outra forma de funcionamento da sociedade, que não considera os agentes como benevolentes, é a utilização de um mecanismo de raciocínio social baseado em redes de dependência [Sichman et al., 1994]. Neste caso um agente solicita a realização de tarefas aos agentes que possuem alguma relação de dependência em relação a ele. Estes mecanismos de distribuição de tarefas garantem a flexibilidade e adaptabilidade de um SMA. Contudo,

*Financiado pelo CNPq, bolsa 140372/00-8

†Financiado pela Universidade Regional de Blumenau e CAPES

‡Parcialmente financiado pelo CNPq, bolsa 301041/95-4

o custo de determinar quem fará que tarefa em cada problema é alto, principalmente nos casos onde o mesmo problema é apresentado várias vezes à mesma sociedade de agentes.

Na sociedade humana, e particularmente nas organizações, os agentes criam rotinas de trabalho. Quanto uma forma de solucionar um problema é utilizada muitas vezes, os agentes passam a não mais raciocinar sobre como irão solucionar o problema que lhes é colocado e adotam a forma usual de resolver tal problema. Este trabalho propõe um modelo de sociedade que tenha memória de resoluções passadas de problemas e as reutilize quando necessário (seções 2. e 3.). Para que a flexibilidade do SMA seja mantida, faz-se necessário especificar também um mecanismo de revisão desta memória (seção 4.).

2. Memória Social

A memória é um processo de permanente construção e reconstrução. Esta afirmação constitui a cristalização atual da evolução dos questionamentos sócio-psicológicos que têm as suas raízes no final do século XIX. Na maior parte das vezes, lembrar não é reviver, mas refazer, reconstruir, repensar, com imagens e idéias de hoje, as experiências do passado. A memória não é sonho, é trabalho [Bosi, 1987]. Esta análise parte do conceito de (re)construção da memória defendido por Maurice Halbwachs [Halbwachs, 1990] em contraposição à noção de memória como conservação total do passado, proposta por Henri Bergson [Bergson, 1896, apud. [Bosi, 1987]].

Halbwachs defende o caráter eminentemente social da memória confrontando-a com o sonho e a afasia, onde a presença da sociedade está retraída e alterada e remete o ato da memória ao plano, também social, da linguagem [de Barros, 1989]. A escola sociológica francesa, inicialmente através de Durkheim, vê o ser humano como um produto do meio social [de Barros, 1989]. É de acordo com essa perspectiva que Halbwachs procura dar conta da presença social no domínio da memória, que até então havia sido, virtualmente monopólio de outras visões mais introspectivas como a de Bergson. Em relação ao indivíduo, a instância coletiva fornece novas opções em relação às funções e mecanismos de memória, que são abordados em estudos sobre memória social e mentalidades [Fentress and C. Wickham, 1988][Lloyd, 1990, apud [Gaines, 1994]].

O caráter dinâmico da memória, como não pode deixar de ser, possui ligações com a sua transmissão. E nela a função dos mediadores também é ressaltada em Halbwachs. Estes são os elos entre gerações, demonstrando a transmissibilidade da memória. Castelfranchi, no seu trabalho sobre mecanismos sócio-cognitivos para seleção e difusão de memes [Castelfranchi, 2000], tece uma boa análise das condições nas quais esta mediação é efetivada, considerando agentes cognitivos. Ele trabalha os mecanismos de transmissão através de um processo seqüencial de observação → inferência/interpretação → adoção → replicação, ilustrando o modelo com três exemplos de replicação de idéias: o raciocínio instrumental¹, o raciocínio normativo² e o raciocínio baseado em identidade ou pertinência³. Estas formas diferem justamente na forma da interpretação

¹ Aceitação pelo fato da idéia ser um bom meio para atingir um objetivo.

² Adoção da idéia pela intenção de estar em conformidade com uma norma; e assim agindo, confirma-se a norma e a autoridade do grupo.

³ Adoção da idéia para: ser parte de um grupo, ser aceito nele, ser reconhecido como parte dele; ou, por sentir-se pertencente a ele, reconhecendo-se como um deles.

[Castelfranchi, 2000]. Dentre eles, será o raciocínio instrumental aquele a ser referenciado neste trabalho. Castelfranchi expressa que a adoção instrumental é o mecanismo que se aplica ao meio, i.e., ações, planos, receitas, regras, procedimentos, ferramentas (ou seja, transmissão de *know-how*). Para tanto, cita qual é a resposta de Tomasello [Tomasello, 1999, apud [Castelfranchi, 2000]] à pergunta de por que um indivíduo adotaria ou aceitaria uma representação mental, um comportamento, de outro indivíduo ou grupo:

“O aprendizado por imitação de uma característica não é simplesmente emulação, mas sim é baseado em algum entendimento dos propósitos e motivos que levam um modelo a exibí-lo.”[Castelfranchi, 2000]

Assim, os indivíduos aceitariam novos comportamentos, planos ou ferramentas como melhores soluções para os seus próprios problemas, como bons meios para atingir os seus objetivos; o grupo os difundiria e preservaria, transmitindo as melhores soluções descobertas [Castelfranchi, 2000].

Supondo este mecanismo de transmissão, uma questão de pragmatismo computacional nos coloca defronte à escolha do tipo de representação deste “meio”, que doravante trataremos como sendo uma memória funcional.

3. Esquemas Sociais

A representação de conhecimento funcional é enfocada de formas diversas, dependendo em geral da área de aplicação. Algumas das formas presentes na literatura abrangem: cenários, *scripts* [Schank and Abelson, 1977], pacotes de organização de memória [Schank, 1982], redes de Petri [Hannebauer, 1999], grafos contextuais [Brezillon et al., 1989], entre outros.

Propõe-se a noção denominada de esquema social (ES). A conceituação de esquema social segue a intuição proposta por Kant por volta de 1800 [Eco, 1997, apud [Brezillon et al., 1989]]. Kant apresentou a noção de esquema com ênfase na sua dimensão temporal. Esquemas são coleções de pensamentos e ações que os seres humanos usam (ou re-interpretam) para interagir com o mundo e resolver problemas [Brezillon et al., 1989]. No presente trabalho, a noção de esquema passa a ser estendida ao contexto de uma sociedade de agentes, fornecendo um substrato para a resolução cooperativa de problemas sem, no entanto, ditar de forma rígida os detalhes de uma instância específica de resolução, deixando liberdade ao(s) agente(s) encarregado de assumir uma tarefa para agir da forma que lhe(s) aprouver desde que o objetivo seja alcançado. Considera-se como esquema social um conjunto estruturado de tarefas usadas por um conjunto de agentes para a consecução de um objetivo social. Uma tarefa pode ser interpretada como uma rotina delegada a um ou mais agentes, passível de planejamento (parcial ou total) por parte destes agentes em um nível mais detalhado, como descrito, por exemplo, em [Grosz and Kraus, 1996]. De qualquer forma, os agentes devem possuir capacidades específicas de resolução das tarefas a eles atribuídas.

Especificamente, um ES *es*, contém:

- um objetivo *o* que pretende-se alcançado ao término da execução de *es*;
- um conjunto de tarefas *T*;

- um conjunto de tarefas $T_f \subseteq T$ que, uma vez terminadas, indicam que es terminou;
- um conjunto de papéis P a serem assumidos pelos agentes responsáveis pela execução das tarefas;

Um papel $p \in P$ corresponde a um conjunto de funções que um agente assume dentro de um ES es . Para tanto, o agente deve possuir capacidades específicas que o habilitem para tal papel.

Um ES termina com sucesso se todas as tarefas de T_f terminaram com sucesso e o objetivo o foi alcançado. A execução das tarefas finais com sucesso, i.e., seus sub-objetivos so terem sido atingidos, não implica necessariamente que o objetivo do ES foi atingido, já que fatores como o ambiente podem interferir no resultado final do ES. Por outro lado, não se poderia considerar como critério de sucesso de um ES o somente o fato do objetivo deste ES ter sido atingido porque o objetivo pode ser sido alcançado por outros meios que não a execução das tarefas do ES. Portanto, um ES termina com sucesso se seu objetivo foi alcançado por meio de suas tarefas.

Por sua vez, uma tarefa $t_k \in T$ contém:

- um identificador $IDes_k$ que a identifica de forma unívoca dentro um ES es ;
- um sub-objetivo so_k a ser alcançado pela execução da tarefa, sendo que uma tarefa termina com sucesso se este objetivo foi alcançado;
- um o conjunto de tarefas $PC_k \subset T$, denominado de pré-conjunto, que antecedem imediatamente t_k e devem ser executadas antes de começar o processamento de t_k ;
- um conjunto $P_k \in P$ de papéis necessários à realização da tarefa, de tal forma que os agentes que os desempenham serão os responsáveis pela realização da tarefa.

Então, uma tarefa t_k e um ES es podem ser representados através das tuplas:

$$t_k = \langle IDes_k, so_k, PC_k, P_k \rangle \quad (1)$$

$$es = \langle o, T, T_f, P \rangle \quad (2)$$

Esta especificação não determina a ordem de execução das tarefas, indica apenas que tarefas são pré-condições para a execução de outras. Toda tarefa t_k que tem as tarefas de PC_k realizadas é passível de execução.

A representação escolhida está inspirada na noção de grafo contextual proposta por Brezillon et alii [Brezillon et al., 1989] para a representação de esquemas usados em psicologia que descrevem atividades humanas. Tal representação baseia-se, por sua vez, no trabalho de Sowa [Sowa, 1984] sobre grafos conceituais. Porém, dado o contexto de processamento das tarefas, não é de estranhar que a notação aqui usada sofra a influência de trabalhos relacionados a *workflow* [Lockemann and Walter, 1995, Fakas and Karakostas, 1999] ou memória organizacional [Staab and Schnurr, 2000].

Um ES será representado usando um grafo denominado grafo operacional. A representação possui o seguinte mapeamento de elementos:

- um nó n_k corresponde a um sub-objetivo so_k a ser atingido pela execução de uma tarefa;
- um arco liga dois sub-objetivos imediatamente relacionados.

Esta representação será melhor explorada no exemplo que se segue.

3.1. Um Exemplo de Esquema Social

A modo de exemplo, será considerado um ES para escrever um artigo envolvendo duas áreas de conhecimento $C1$ e $C2$ [Sichman, 1998]. A Tabela 1 descreve as tarefas deste ES, ilustradas na Figura 1 na forma de grafo operacional. Este ES consiste dos papéis $P = \{autorC1, autorC2, editor, revisor\}$ e tem como tarefas finais $T_f = \{t_6\}$. Certamente este ES não descreve a melhor forma de se produzir um artigo, mas representa a forma que nesta sociedade se tornou usual e, provavelmente, adequada para o ambiente onde se encontra.

Identificação ($IDes_k$)	Sub-objetivo (so_k)	Pré-conjunto (PC_k)	Papéis (P_k)
t_1	ter texto sobre $C1$	\emptyset	$\{autorC1\}$
t_2	ter texto sobre $C2$	\emptyset	$\{autorC2\}$
t_3	ter o texto editado	$\{t_1, t_2\}$	$\{editor\}$
t_4	ter o texto revisado	$\{t_3\}$	$\{revisor\}$
t_5	ter a conclusão escrita	$\{t_1, t_2\}$	$\{autorC2\}$
t_6	versão final do artigo	$\{t_4, t_5\}$	$\{autorC1, autorC2, editor\}$

Tabela 1: Tarefas do ES para se escrever um artigo

Para a realização deste ES, a tarefa t_6 deve ser executada pois é a única tarefa de T_f . Mas para que t_6 possa iniciar, t_4 e t_5 devem terminar com sucesso. t_4 , por sua vez, necessita da execução de t_3 , etc. No final desta busca, percebe-se que t_1 e t_2 precisam ser executadas. Como estas tarefas não têm pré-condições, são executadas. Ao seu término, habilitam outras tarefas, que habilitam sucessivamente outras, até que t_6 possa finalmente ser executada.

3.2. Execução de Esquemas Sociais pela Instanciação de Grafos Operacionais

A definição de grafo operacional oferece apenas uma visão estática de um ES. Para efetivar a execução de um ES es , o grafo operacional correspondente deve ser instanciado levando em conta quais são os agentes existentes na sociedade (considerando as restrições impostas pelos papéis) para assumir a realização do esquema. O critério de escolha destes agentes não será aqui abordado, mas pode-se pensar em um agente (ou grupo de agentes) específico que assuma a responsabilidade de alocar agentes às tarefas respeitando critérios específicos como desempenho, flexibilidade, robustez, etc., usando parâmetros de cunho social como normas ou hierarquia.

Assim, uma instância de um ES es^{inst} é definida como:

$$es^{inst} = \langle es, A, m \rangle \quad (3)$$

onde es representa o ES sendo instanciado, A representa um conjunto de agentes e $m : A \rightarrow P$ o mapeamento de agentes em A para papéis em P , onde P é especificado em es . Assim, um agente que assume o papel p em um es^{inst} se compromete a realizar todas as tarefas de es onde o papel p é necessário. Dentro de uma instância de esquema, a identificação de um agente $a \in A$ é única, possibilitando a especificação de casos onde um mesmo agente deva colaborar na realização de mais de uma tarefa. Por exemplo, considerando

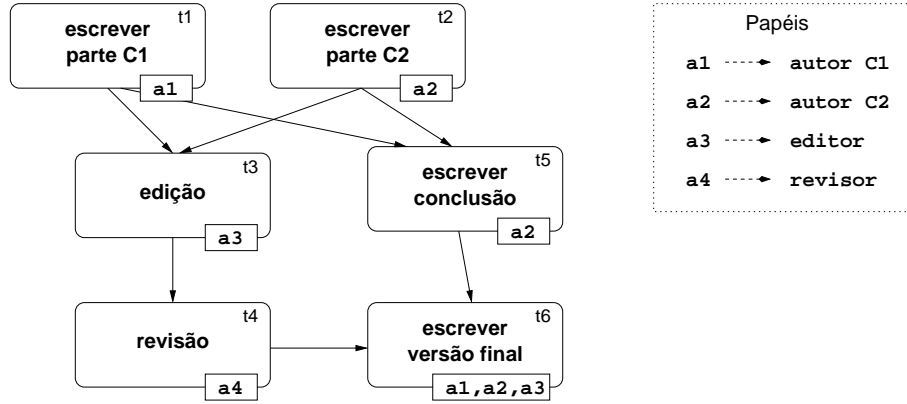


Figura 1: Exemplo de Esquema Social para a elaboração de um artigo

- i) um conjunto de papéis $P = \{autorC1, autorC2, editor, revisor\}$,
- ii) um conjunto de agentes $A = \{Gustavo, Jaime, Jomi\}$,
- iii) que o agente Jomi tem habilidades em $C1$ e \LaTeX ; o agente Gustavo tem habilidade em $C2$; e o agente Jaime tem habilidades em $C1$ e $C2$

Um mapeamento de papéis para os agentes poderia ser $m = \{Jomi \rightarrow autorC1, Gustavo \rightarrow autorC2, Jomi \rightarrow editor, Jaime \rightarrow revisor\}$.

Como toda memória enquanto *know-how*, a validade de um ES é função do sucesso que ela obtém na consecução de um objetivo. Isto leva à necessidade de revisões periódicas da mesma. As condições nas quais esta revisão é efetivada são discutidas a seguir.

4. Revisão de Esquemas Sociais

Se por um lado a representação da memória social melhora o desempenho de uma sociedade de agentes, a sua manutenção permanente pode tirar a flexibilidade desta sociedade. Em um SMA onde todos os esquemas de funcionamento estão definidos, perde-se a capacidade de adaptação a novos problemas e situações, propriedade essa que distingue um SMA da Resolução Distribuída de Problemas (RDP) [Alvares and Sichman, 1997].

Portanto, em um SMA o conjunto de Esquemas Sociais (ESs) deve ser revisado periodicamente. A frequência desta revisão pode ir desde uma revisão a cada uso de um Esquema Social (ES), voltando-se para um SMA que não valoriza soluções encontradas no passado, até um SMA que nunca revisa seus esquemas, perdendo sua flexibilidade. No modelo social aqui proposto, faz-se uso da noção de *taxa de sucesso* de um ES como índice que inicia um processo de revisão. A taxa de sucesso α de um ES es_v , na sua versão v , é dada pela função

$$\alpha(es_v) = \frac{s_{es_v}}{N_{es_v}} \quad (4)$$

onde s_{es_v} representa o número de execuções com sucessos do ES es_v ; N_{es_v} é o número total de execuções de es_v ; e v é um índice que indica a versão do ES sendo revisado: a primeira versão de um esquema tem $v = 1$, a revisão da versão 1 gera a versão 2 e assim consecutivamente. Quando a taxa de sucesso diminui abaixo de um certo limiar

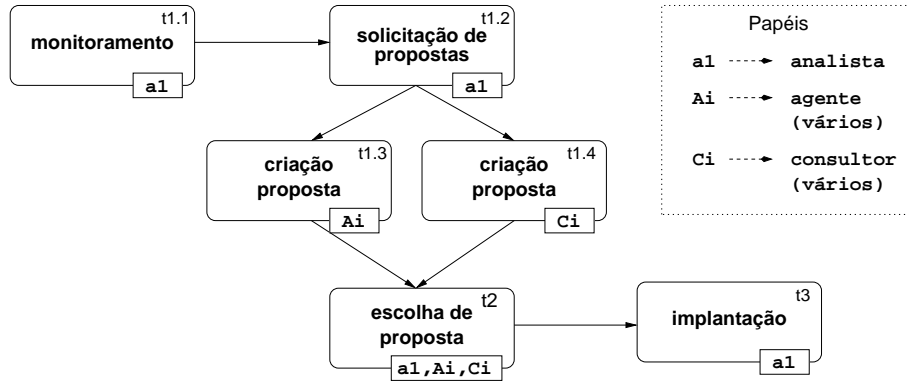


Figura 2: Esquema para o processo de revisão de ES

δ ($\alpha(es_v) < \delta$) e o esquema já foi utilizado pelo menos η vezes ($N_{es_v} \geq \eta$), inicia-se um processo de revisão do es_v chamado de *assembléia social*. O monitoramento das taxas de sucesso dos ES e a eventual chamada de assembléia é feito por uma agente que assume um papel de *analista* na sociedade. A estrutura organizacional da sociedade deve determinar se este papel é assumido por um agente especializado somente nesta tarefa ou pode ser assumido por qualquer agente. O estabelecimento de valores δ e η são, por sua vez, dependentes da aplicação e determinam com que freqüência as assembléias irão ocorrer.

A assembléia social também é um ES constituído das seguintes tarefas: submissão de propostas (t_1), escolha de proposta (t_2) e implantação da proposta escolhida (t_3) (Cf. Figura 2).

4.1. Submissão de propostas

A tarefa t_1 é iniciada pelo agente analista e consiste no envio de solicitações de propostas de mudança no ES es_v aos agentes que já participaram da execução de es . Essa solicitação também pode ser enviada a agentes com papel de consultores, caso haja algum na sociedade. Ao contrário dos outros agentes, os consultores vêem o ES como um todo e não se aterem somente a algumas das tarefas específicas do ES. O conjunto de agentes que recebe esta mensagem é denotado por G . Durante um certo tempo, estabelecido pelo analista, os agentes do grupo G enviam suas propostas de mudanças ao analista. Está fora do escopo deste trabalho especificar como os agentes montam suas propostas de alteração. Um agente poderia, por exemplo, utilizar ferramentas de diagnóstico para identificar o problema e montar uma proposta. Outro agente poderia simplesmente sugerir que uma tarefa seja dividida entre dois agentes porque percebe que a tarefa é muito custosa para ele.

4.2. Escolha de proposta

A tarefa t_2 é feita em duas etapas: publicação das propostas e votação das propostas. O analista publica as proposta ordenadas por um critério de relevância calculado a partir das seguintes métricas:

1. *Grau de experiência* Para cada agente a é calculado um grau de experiência (ge)

que este agente tem na versão v do esquema sendo revisado:

$$ge(a, es_v) = \begin{cases} 0 & \text{if } v = 0 \\ \gamma \cdot ge(a, es_{v-1}) + \sum_{i=1}^{N_{es_v}} k(a, es_v^i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

onde a é um dos agentes que participou da execução do esquema es (em qualquer uma de suas versões, de es_1 a es_v), es_{v-1} é a versão anterior do esquema sendo revisado, γ é a taxa de relevância das experiências passadas, e k é uma função que mapeia para cada par (agente \times execução de esquema) o número de tarefas alocadas ao agente na i^{th} execução do esquema es_v . Por exemplo, na primeira execução ($i = 1$) da primeira versão ($v = 1$) do ES exemplificado no final da seção 3.2.: $k(Jomi, es_1^1) = 3$, $k(Gustavo, es_1^1) = 3$ e $k(Jaime, es_1^1) = 1$. Se γ for 1, experiências passadas tem a mesma relevância que a experiência atual, se for 0 experiências passadas não tem relevância alguma. Para os consultores o valor de ge será sempre zero pois eles não tem experiência na execução dos ES.

2. *Habilidade de diagnóstico* Para cada agente que submete uma proposta que foi aceita e implementada em outra assembléia, calcula-se qual o aumento/diminuição na taxa de sucesso dos ES que ajudou a alterar:

$$hd(a) = \epsilon \sum_{es_v \in E_a} (\alpha(es_v) - \alpha(es_{v-1})) \quad (6)$$

onde E_a é o conjunto de todos os ES que o agente a alterou, i.e., a versão es_v foi proposta pelo agente a a partir da revisão da versão es_{v-1} e foi aprovada em assembléia, ϵ é um coeficiente de importância para a habilidade de diagnóstico e α é definido na equação 4. Se este coeficiente for alto, pode privilegiar propostas feitas por consultores, já que, apesar de terem $ge = 0$, eles podem ter maior habilidade de diagnóstico e, portanto, fazerem as melhores propostas de alterações.

3. *Custo da mudança* Para cada proposta feita, o analista calcula um custo de implantação, dado pela função c :

$$c(p) = \phi c_a \quad (7)$$

onde c_a é o custo que o analista atribuiu à proposta p e ϕ é um coeficiente de importância de custo para a sociedade.

Por fim, o analista classifica as propostas feitas para o esquema es_v conforme a função r :

$$r(es_v, a, p) = ge(a, es_v) + hd(a) - c(p) \quad (8)$$

sendo que quanto maior o valor de r melhor a classificação da proposta p .

Conhecida a classificação, novamente o analista envia uma mensagem para cada agente do grupo G informando a classificação e solicitando um voto. Cada agente escolhe a proposta que considera melhor e responde ao analista. Para computar a proposta escolhida, o analista considera aquela que tem a melhor nota dada pela fórmula:

$$nota(p) = \sum_{a \in E(p)} ge(a, es_v) + hd(a) + 1 \quad (9)$$

onde $E(p)$ são os eleitores que votaram na proposta p . Cada voto recebido na assembléia tem, portanto, um peso diferente, dado pela experiência e pela habilidade do agente que votou.

Este sistema de votação permite que a proposta escolhida não seja a que teve a melhor classificação inicial (dada pelo analista). Isso ocorre porque a experiência e a habilidade dos agentes valorizam ou não seu voto. Desta forma, agentes que, mesmo sem submeter propostas, tem experiência e habilidade podem influenciar decisivamente no resultado da assembléia. Estes agentes podem não ter capacidade para formular uma proposta de alteração, mas podem avaliar adequadamente as propostas feitas por seus colegas.

4.3. Implantação da proposta escolhida

A tarefa t_3 consiste da substituição do ES na memória social. O esquema que foi revisado é retirado e o novo esquema adicionado. Assim, novas execuções de esquemas que tenham o objetivo do ES es_v passarão a usar a nova versão do ES es_{v+1} .

O mecanismo de revisão da memória social proposto certamente carece ainda de uma avaliação mais rigorosa. Em trabalhos futuros, pretende-se utilizar as ferramentas da área de simulação de SMA para validar e verificar as limitações da proposta, como por exemplo verificar se existe uma convergência para uma nova versão de ES mais adequada ao ambiente que a anterior.

5. Conclusão

O problema de encontrar um equilíbrio entre uma organização social muito dinâmica, onde a cada tarefa os agentes planejam uma solução global, e uma organização muito rígida, onde há planos globais pré-definidos foi inicialmente abordado sob uma perspectiva de memória social, considerada em seu aspecto funcional. Particularmente, considerou-se o processo pelo qual tal memória é alterada, flexibilizando a organização da sociedade. O processo de revisão, que funciona de forma semelhante a uma assembléia, apresenta algumas propriedades interessantes (permite preservar soluções encontradas, permite especificar critérios de frequência para as assembléias, a experiência e a habilidade dos agentes é considerada na avaliação de suas propostas de mudanças e é democrático), contudo carece ainda de experimentos que validem sua eficiência.

Referências

- Alvares, L. O. and Sichman, J. S. (1997). Introdução aos sistemas multiagentes. In Medeiros, C. M. B., editor, *Jornada de Atualização em Informática*, volume 16, chapter 1, page 1ss. SBC, Brasília.
- Bergson, H. (1896). *Matière et mémoire*. Alcan, Paris.
- Bosi, E. (1987). *Memória e sociedade: lembranças de velhos*. T. A. Queiroz, São Paulo, 2 edition.
- Brezillon, P., Pasquier, L., and Pomerol, J. (1989). Representing knowledge by contextual graphs. In Monard, M. C. and Sichman, J. S., editors, *Proceedings of the International Joint Conference, 7th Ibero-American Conference on AI, 15th Brazilian Symposium on AI (Paper Track)*, LNAI 1952, pages 245–258. Springer.
- Castelfranchi, C. (2000). Towards a cognitive memetics: Socio-cognitive mechanisms for memes selection and spreading. In *Proceedings of the International Workshop on Modelling and Simulating Cultural Transmission and Evolution*.

- de Barros, M. M. L. (1989). Memória e família. *Estudos Históricos*, 2(3):29–42.
- Eco, U. (1997). *Kant et l'Ornithorynque*. Grasset, Paris.
- Fakas, G. and Karakostas, B. (1999). A dynamic workflow management system used in design. *Information & Software Technology*, 41(13).
- Fentress, J. and C. Wickham, C. (1988). *Social Memory*. Basil Blackwell, Oxford.
- Gaines, B. (1994). The collective stance in modeling expertise in individuals and organizations. Technical report, Centre for Person-Computer Studies.
- Grosz, B. J. and Kraus, S. (1996). Collaborative plans for complex group action. *Artificial Intelligence*, 86:269–357.
- Halbwachs, M. (1990). *A memória coletiva*. Vértice, São Paulo.
- Hannebauer, M. (1999). From formal workflow models to intelligent agents. In *Proceedings of the AAAI-99 Workshop on Agent Based Systems in the Business Context*. AAAI Press.
- Lloyd, G. (1990). *Demystifying Mentalities*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Lockemann, P. C. and Walter, H. D. (1995). Object-oriented protocol hierarchies for distributed workflow systems. Interner bericht 42, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik.
- Schank, R. C. (1982). *Dynamic Memory: A theory of reminding and learning in computers and people*. Cambridge University Press, NY.
- Schank, R. C. and Abelson, R. P. (1977). *Scripts, Plans, Goals and Understanding: an Inquiry into Human Knowledge Structures*. L. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- Sichman, J. S. (1998). DEPINT: Dependence-based coalition formatin in an open ma scenario. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1(2). <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS>.
- Sichman, J. S., Conte, R., Demazeau, Y., and Castelfranchi, C. (1994). A social reasoning mechanism based on dependence networks. In Cohn, T., editor, *Proceedings of the 11th European Conference on Artificial Intelligence*.
- Smith, R. G. (1980). The contract net protocol: High-level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Transaction on Computers*, 29(12):1104–1113.
- Sowa, J. F. (1984). *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. Addison-Wesley.
- Staab, S. and Schnurr, H.-P. (2000). Smart task support through proactive access to organizational memory. *Knowledge-based Systems*, 13(5):251–260.
- Tomasello, M. (1999). *The Cultural Origins of Human Cognition*. Harvard University Press.
- Weiß, G., editor (1999). *Multiagent Systems: A modern approach to distributed artificial intelligence*. MIT Press, London.