

1

Introdução

Sistemas multiagentes são sociedades onde entidades (conhecidas como *agentes*) autônomas e heterogêneas podem trabalhar a fim de alcançar objetivos comuns ou diferentes (Woolridge 2011). A fim de lidar com a autonomia e diversidade de interesses entre os diferentes membros, tais sistemas estabelecem um conjunto de normas que é usado como mecanismo de controle social para assegurar uma ordem social desejável onde agentes possam trabalhar em conjunto (da Silva 2008).

Tais normas regulam o comportamento (por comportamento entenda o atingimento de objetivos e a execução de ações) de agentes através da definição de obrigações (indicando que os agentes são obrigados a realizar algum comportamento) e proibições (indicando que eles estão proibidos de realizar um determinado comportamento). Dado que agentes são autônomos, ou seja, eles são capazes de tomar decisões (Woolridge 2011), eles podem decidir por cumprir ou violar normas. Portanto, podem existir situações onde um agente prefere violar uma norma a fim de realizar um determinado comportamento que é mais importante do que o cumprimento da norma. Para lidar com tais situações, recompensas podem ser definidas visando incentivar os agentes a cumprir as normas e punições podem ser estabelecidas para desencorajar a violação das normas.

Embora o uso de normas seja um mecanismo promissor para regular o comportamento de agentes (López 2003), o desenvolvimento de agentes capazes de atuar em uma sociedade, adotar as normas e lidar com as mesmas autonomamente, ou seja, agentes que atuam guiados pela importância de realizar seus comportamentos enquanto consideram as normas do sistema (Lopez and Marquez 2004) (também conhecidos como *Agentes Normativo Autônomos* - ANA), tem demonstrado ser significativamente mais difícil do que o desenvolvimento de agentes tradicionais (Castelfranchi et al. 1999). Isto se deve ao fato de que o processo de raciocínio de ANA deve levar em consideração várias fatores relacionadas a normas que não são consideradas no processo de raciocínio de agentes que não precisam lidar com normas.

1.1

Problema

Ao lidar com as normas do sistema um agente precisa levar em consideração várias fatores normativas não consideradas no seu processo de raciocínio tradicional, tais como:

- (F1) Uma norma determina os responsáveis por cumpri-la (da Silva 2008);
- (F2) Uma norma define em quais situações ela deve ser considerada, ou seja, em quais situações ela estar ativa ou inativa. A ativação ou desativação de uma norma pode está relacionada a informações básicas do ambiente como também a ativação, desativação, cumprimento ou violação de outras normas (López 2003);
- (F3) Se uma norma está ativa, o agente deve ser capaz de avaliar tal norma e decidir por cumpri-la ou violá-la. Tal decisão pode influenciar a satisfação individual do agente como também o estabelecimento da ordem social do sistema (Dignum et al. 2002);
- (F4) Podem existir situações onde duas normas estão ativadas e regulando um mesmo comportamento. Mas, uma delas está obrigando a realização de tal comportamento enquanto a outra está proibindo a realização. Em tais situações não é possível cumprir ou violar ambas as normas. Nesta situação, dizemos que as normas estão em conflito e uma delas deve ser cumprida e a outra violada (Vasconcelos et al. 2008);
- (F5) Normas podem obrigar ou proibir agentes de atingirem um determinado objetivo ou executar uma determinada ação. Portanto, elas podem influenciar no processo de geração de objetivos, seleção de objetivos, planos e intenções, como também no processo de revisão das intenções do agente (Castelfranchi et al. 1999).

Diante do apresentado, nota-se a necessidade de mecanismos que permitam o desenvolvimento de agentes capazes de: (F1) analisar por quais normas do sistema eles são responsáveis; (F2) verificar quais normas estão ativadas, como também as que foram cumpridas ou violadas; (F3) avaliar e selecionar quais normas devem ser cumpridas ou violadas; (F4) detectar e superar conflitos entre normas; e, por fim, (F5) lidar com a influência das normas sobre o seu raciocínio.

1.2

Limitações das Abordagens Atuais

Embora seja possível encontrar soluções na literatura que possibilitam o projeto ou implementação de agentes capazes de lidar com as normas do sistema (Alechina et al. 2012)(Boissier et al. 2011)(Criado et al. 2010) (Meneguzzi et al. 2010)(Meneguzzi and Luck 2009)(Kollingbaum 2005) (Lopez and Marquez 2004)(Boella and Van Der Torre 2003) (Dastani and Van Der Torre 2004) (Dignum et al. 2002)(Broersen et al. 2001) (Castelfranchi et al. 1999) nenhuma delas fornece os mecanismos necessários para o desenvolvimento de agentes que atuam guiados pela importância de realizar seus comportamentos levando em consideração os vários fatores normativos que precisam ser endereçadas ao lidar com normas do sistema. Algumas abordagens (Meneguzzi and Luck 2009)(Kollingbaum 2005), ao contrário, adotam uma perspectiva que fornece mecanismos para a construção de agentes dirigidos a normas cujo principal objetivo é o cumprimento de normas, em oposição aos interesses do agente.

1.3

Questões de Pesquisa

Tomando como base os problemas e limitações apresentadas anteriormente, podemos definir as seguintes questões de pesquisa:

1. Quais fatores inerentes a normas um agente normativo deve ser capaz de lidar?
2. Quais mecanismos são necessários para que um agente seja capaz de lidar com tais fatores normativas?
3. Como tais mecanismos podem ser introduzido no processo de raciocínio de agentes?
4. Como desenvolver agentes dotados de raciocínio normativo?
5. Como avaliar a eficácia do raciocínio normativo adotado por um agente capaz de lidar com normas?

A abordagem proposta neste trabalho lida com tais questões.

1.4

Solução Proposta

Este trabalho apresenta uma abordagem que suporta o desenvolvimento de agentes capazes de lidar com normas autonomamente. A abordagem fornece um modelo arquitetural que estende a arquitetura *Belief-Desire-Intention* (BDI) (Rao and Georgeff 1991)(Weiss 1999) incluindo funções para apoiar o raciocínio normativo. A arquitetura proposta é formalizada utilizando a linguagem de especificação formal Z (Spivey 1988). A fim de possibilitar a implementação de agentes projetados a partir da arquitetura proposta, a abordagem fornece uma extensão da linguagem *AgentSpeak* (Rao 1996) e do interpretador *Jason* (Bordini et al. 2007).

Em resumo, um agente desenvolvido a partir da abordagem proposta é capaz de realizar as seguintes tarefas:

- Revisar as crenças do agente a partir de percepções do ambiente (esta funcionalidade já é fornecida pela arquitetura BDI), como também as normas do sistema: (i) Verificando as normas percebidas e adotando novas normas dirigidas ao agente; (ii) Verificando as normas ativadas e desativadas; e (iii) Checando as normas cumpridas ou violadas;
- Gerar novos objetivos a partir de suas crenças (esta funcionalidade já é fornecida pela arquitetura BDI);
- Selecionar quais normas devem ser cumpridas ou violadas;
- Identificar e superar conflitos entre normas;
- Tornar o agente ciente das decisões de quais normas devem ser cumpridas ou violadas a partir da geração de novos objetivos;
- Selecionar objetivos para serem atingidos e revisar o conjunto de intenções do agente levando em consideração as normas endereçadas ao mesmo;
- Escolher uma intenção para ser executada e, em seguida, monitorar sua execução a fim de detectar as normas cumpridas ou violadas.

1.5

Contribuições

Esta seção descreve as principais contribuições desta tese.

(Arquitetura Normativa) Uma arquitetura para projetar ANA, tal arquitetura possibilita visualizar como os componentes de ANA estão estruturados e trabalham em conjunto de maneira coerente. Tal arquitetura foi formalizada utilizando a linguagem de especificação formal Z. Desta forma, permitindo um entendimento preciso sobre os principais tipos e operações abordadas na arquitetura;

(Mecanismos Normativos) A fim de lidar com as normas um conjunto de mecanismos são disponibilizados que possibilitam o agente desenvolvido a partir da abordagem proposta verificar as suas responsabilidades, avaliar e selecionar normas para serem cumpridas ou violadas, identificar e solucionar conflitos entre normas, levar em consideração a influência das normas do sistema sobre o seu raciocínio, e detectar as normas cumpridas ou violadas;

(Mecanismos para Desenvolvimento) Uma extensão da linguagem *AgentSpeak* e do interpretador *Jason* que permite a implementação de agentes projetados a partir da arquitetura proposta;

(Cenários) A aplicação da abordagem proposta em dois cenários;

(Experimentos) A realização de experimentos que demonstram a importância do uso de ANA tanto para a satisfação individual do agente quanto para o estabelecimento da ordem social do sistema.

Em suma, esta tese apresenta uma abordagem para desenvolvimento de agentes capazes de lidar com questões normativas resultando na definição de uma arquitetura para projetar agentes normativos autônomos, e uma linguagem e interpretador que juntos possibilitam a implementação de tais agentes.

1.6

Organização da Tese

Esta tese é estruturada como segue:

- No Capítulo 2 são apresentados alguns conceitos e tecnologias utilizadas na abordagem.
- No Capítulo 3 alguns trabalhos relacionados são descritos

- Capítulo 4 descreve e formaliza a arquitetura proposta
- No Capítulo 5 são apresentadas as extensões realizadas no AgentSpeak(L) e no interpretador Jason
- Capítulo 6 apresenta a aplicação da abordagem em dois cenários
- Capítulo 7 apresenta experimentos realizados utilizando a abordagem proposta
- Capítulo 8 apresenta as conclusões finais deste trabalho e os trabalhos futuros