

Plano de Trabalho

Contextualização

O Plano de Trabalho aqui apresentado descreve o *sub-projeto*: Modelagem e Simulação de Sistemas Complexos Usando Agentes Geoespaciais, que se insere dentro do Projeto Conjunto Brasil-Espanha, Referência: 2007BR0053, aprovado pelo CNPq, Use of Artificial Intelligence and Geographical Information Systems for Endemic Diseases Risk Analysis. Em particular trata do item (ii) da Meta (2) do projeto principal, reproduzidas do original em inglês e apresentadas abaixo:

- 1) To advance research in the joint use of Geographical Information Systems and Artificial Intelligence (in particular fuzzy systems and multi-agent systems), based on experience of the two proponent groups , INPE and IIIA;
- 2) **To develop a model for endemic diseases risk analysis, involving:**
 - (i) classification of risk areas using fuzzy and statistical methods;
 - (ii) simulation of endemic diseases dissemination employing multi-agent systems and spatial characteristics (terrain declivity, distance to rivers and roads, etc) and biological information (temporal information, characteristics of hosts, etc);**
 - iii) preliminary study for knowledge extraction from census data and geographical information in the form of fuzzy rule bases;
- 3) To develop a system for schistosomiasis risk analysis for the state of Minas Gerais in Brazil, with:
 - (i) acquisition of locality data, and
 - (ii) application of the model delineated above.

Objetivo

Encontro de trabalho no IIIA em Barcelona no período de 15 a 21 de Novembro de 2009 para discussão com os pesquisadores do parceiro espanhol no IIIA de propostas relacionadas a arquitetura para o ambiente computacional TerraME – Terra Modelling Environment¹ (ANDRADE *et al.*, 2008; ANDRADE *et al.*, 2009b; CARNEIRO, 2006) utilizado para o desenvolvimento de modelos multi-agentes (MAS) integrados a ambientes de Sistemas de Informação Geográfica.

Execução

Pedro Ribeiro de Andrade Neto

Supervisão

Antônio Miguel Vieira Monteiro, Sandri Sandri e Gilberto Câmara

¹ <http://www.terrame.org>

Modelagem e Simulação de Sistemas Complexos Usando Agentes Geoespaciais

Conceitos Gerais e Arquitetura Proposta

A simulação de fenômenos sociais e econômicos demanda o uso de ferramentas confiáveis, que possibilitem o modelador focar na descrição do modelo, ao invés de se preocupar com estruturas de dados e controle da simulação. Quando se adiciona um componente espacial a estes modelos, com o objetivo de se representar as entidades de um modelo e as suas relações usando informações geográficas, a tarefa de modelagem se torna ainda mais complicada, usualmente requerendo um grande embasamento computacional por parte do modelador. De forma a facilitar este processo de desenvolvimento de modelos, são necessárias ferramentas simples, porém robustas, que generalizem as diferentes representações do espaço geográfico e que possam ser usadas para a simulação de sistemas multi-agentes.

Este trabalho propõe uma arquitetura geral para o desenvolvimento e simulação de sistemas multi-agentes que usem dados geográficos, de forma a considerar todas as maneiras que dados geoespaciais podem ser usados para alimentar estes modelos (ANDRADE et al., 2008). O foco do trabalho é em como estes dados, armazenados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), podem ser usados para criar uma configuração inicial do modelo, de forma que tanto a ferramenta quanto o SIG possam trabalhar separadamente, porém harmonicamente.

Este trabalho está baseado na hipótese científica de que o conceito de Matriz de Vizinhança Generalizada (GPM - Generalized Proximity Matrix, (AGUIAR et al., 2003)) é um fundamento básico para a criação das relações entre as entidades de um sistema multi-agentes para a simulação de fenômenos geoespaciais. A GPM está baseada no fato que Espaços Euclidianos não são suficientes para se descrever a complexidade inerente das relações no espaço geográfico. Ela combina dados de espaços Euclidianos e de relações topológicas embebidas nestes espaços para medir as relações espaciais entre objetos geográficos. Estas relações topológicas distorcem o espaço Euclidiano, reduzindo as distâncias, como ocorre nas redes de transporte.

Usando a GPM como base, foi proposta uma arquitetura para a modelagem e simulação de fenômenos geoespaciais (ANDRADE et al., 2009b). Esta arquitetura tem sido implementada como parte do TerraME, um ambiente de software para a modelagem dinâmica espacialmente explícita (CARNEIRO, 2006).

Em paralelo a isto, e como parte do estudo da generalidade da ferramenta, tem-se trabalhado com modelos que abordam questões da teoria de jogos aplicada ao espaço geográfico. Os modelos têm trabalhado com competições por espaço, e em como as definições analíticas de equilíbrio se relacionam com os resultados das simulações, de acordo com a adição de novos parâmetros para as populações, como recursos limitados, tamanho da população, e critérios de mobilidade espacial adotados. Um primeiro modelo estudou a relação entre os resultados das simulações e o Equilíbrio de Nash, mostrando que a mobilidade pode fazer com que a média das estratégias do modelo possa se afastar do equilíbrio teórico (ANDRADE et al., 2009c). O segundo trabalho trata de modelos evolutivos, e descreve resultados iniciais que evidenciam que uma Estratégia Evolucionariamente Estável (Evolutionary Stable Strategy - ESS), uma variação do Equilíbrio de Nash, é um limite inferior para a média das estratégias em uma população competindo por espaço com a possibilidade de mutação nas estratégias entre gerações (ANDRADE et al., 2009a).

Estratégia de Ação

Nesta fase, é necessário analisar a generalidade da arquitetura sendo proposta. A interação com pesquisadores do IIIA, que possui um grupo de excelência em pesquisa em *MAS – Multi-Agent Systems Architecture*, como Juan A. Rodríguez Aguilar, Pablo Noriega e Jordi Sabater-Mir, com a análise de nossa proposta computacional no contexto de uso da simulação da propagação de doenças endêmicas será muito importante para os ajustes necessários ao desenvolvimento dos modelos e de nossas ferramentas.

Esta proposta aporta o estudo e definição conceitual dos requisitos necessários para arquitetura computacional para uma extensão de um ambiente computacional de modelagem integrada, **TerraME**, possibilitando o desenvolvimento de modelos MAS, onde os agentes são "*grounded*" em uma realidade geográfica. Esta extensão permite ampliar as capacidades atuais do **TerraME** para o estudo de fenômenos com dinâmicas espaciais explícitas com agentes. Isto é essencial para os os sistemas de vigilância integrada em saúde e a caracterização de riscos potenciais com sua distribuição espacial, em particular no caso de áreas endêmicas.

Referências

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; CARTAXO, R. Modeling Spatial Relations by Generalized Proximity Matrices. In: V Brazilian Symposium in Geoinformatics - GeoInfo 2003, 2003, Campos do Jordão, SP, Brazil.

ANDRADE, P. R.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G. Entities and Relations for Agent-based Modelling of Complex Spatial Systems. In: I Brazilian Workshop on Social Simulation (BWSS'08), 2008, Salvador, Brazil. p. 52-63.

____. Games on Cellular Spaces: An Evolutionary Approach. In: Seabra Lopes, L.; Lau, N.; Mariano, P.; Rocha, L. M. (Ed.). **Progress in Artificial Intelligence, 14th Portuguese Conference on Artificial Intelligence, EPIA 2009**. Lecture Notes in Artificial Intelligence, v. 5816. Aveiro, Portugal: Springer Verlag, 2009a, p. 535-546.

ANDRADE, P. R.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G.; CARNEIRO, T. G. S. An Architecture for Agent-based Modelling and Simulation of Geospatial Phenomena. In: 6th European Social Simulation Association Conference (ESSA'09), 2009b, Guildford, Inglaterra.

ANDRADE, P. R.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G.; SANDRI, S. Games on Cellular Spaces: How Mobility Affects Equilibrium. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**. v. 12. 2009c, p. 5.

CARNEIRO, T. G. S. **Nested-CA: a foundation for multiscale modeling of land use and land change**. Image Processing Division) – INPE, São José dos Campos, 2006.