



Alexandre de Menezes Villarmosa

**Modelagem de Agentes Computacionais Baseada na
Doutrina Militar**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico e Científico da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro
Julho de 2015



Alexandre de Menezes Villarmosa

**Modelagem de Agentes Computacionais Baseada na
Doutrina Militar**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico e Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marcelo Gattass

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Alberto Barbosa

Raposo

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Roberto de Beauclair Seixas

IMPA

Prof. Waldemar Celes Filho

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 14 de julho de 2015

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Alexandre de Menezes Villarmosa

Capitão-de-Corveta Fuzileiro Naval da Marinha do Brasil. Concluiu o ensino médio no Colégio Naval (Angra dos Reis– RJ) no ano de 1998 e graduou-se em Ciências Navais, com habilitação em eletrônica, na Escola Naval (Rio de Janeiro– RJ) em 2002.

Ficha Catalográfica

Villarmosa, Alexandre de Menezes

Modelagem de agentes computacionais baseada na doutrina militar / Alexandre de Menezes Villarmosa ; orientador: Marcelo Gattass. – 2015.

84 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2015.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Simulação militar. 3. Modelagem de agentes. 4. Inteligência artificial.
- I. Gattass, Marcelo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

Em memória de minhas avós.

Agradecimentos

Agradeço primeiro a Deus por ter me dado forças para que eu pudesse concluir mais uma etapa nesta jornada da minha vida.

Aos meus amados pais, Francisco e Denir pelo caráter, educação e valores a mim transmitidos sem os quais não seria a pessoa que sou hoje.

Ao meu irmão, companheiro e amigo em todos os momentos.

Às minhas amadas filhas. Maria Eduarda, pela amizade, pela compreensão nos meus momentos de ausência, pelo apoio incondicional aos meus estudos e trabalho. E Ana Carolina pela alegria contagiante a qual me renova a cada dia e que me dá forças para prosseguir sempre.

Ao Professor Marcelo Gattass, meu orientador, pela confiança depositada em mim, pelas orientações que contribuíram muito para que alcançasse mais um objetivo traçado.

Ao Professor Roberto de Beuaclair Seixas, pelo comprometimento e entusiasmo diário que me transmitia desde o primeiro momento. Pela sua amizade, apoio, ensinamentos, sem os quais não teria chegado ao resultado esperado.

Ao grande amigo Gustavo Lyrio, pela dedicação irrestrita e empenho contínuo na transmissão de conhecimento, apoio nas soluções de problemas encontrados imprevisíveis para a consolidação do meu trabalho.

Aos meus superiores e pares da Marinha do Brasil os quais me proporcionaram uma oportunidade única e pelo apoio no que precisava referente à parte administrativa junto à administração naval.

A Marinha do Brasil e ao Corpo de Fuzileiros Navais pela valiosa oportunidade que me foi concedida.

A PUC-Rio pelos conhecimentos que me foram transmitidos por seu conceituado corpo docente.

Resumo

Villarmosa, Alexandre de Menezes; Gattass, Marcelo. **Modelagem de Agentes Computacionais Baseada na Doutrina Militar**. Rio de Janeiro, 2015. 84p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Desde o início de do século XIX, simulações de combate são utilizadas em treinamentos militares. Para que um treinamento ocorra de forma confiável é necessário envolver uma grande quantidade de militares nos adestramentos. No final de 1940, a ideia de agentes computacionais em inteligência artificial se mostrou uma excelente ferramenta, contribuindo para reduzir esta quantidade de pessoas envolvidas nas simulações de combate. Agentes capazes de perceber o ambiente em que estão inseridos e tomar decisões, agindo sobre ele, seguindo um conjunto de regras podem representar o comportamento de um soldado. Agentes inseridos numa simulação militar devem então, perceber o campo de batalha e tomar uma série de ações com base em uma doutrina militar. Logo, o objetivo deste trabalho é apresentar, através da modelagem de agentes computacionais uma definição do comportamento destes baseados na doutrina militar, para que estes agentes possam substituir parte dos militares envolvidos em uma simulação de combate, sem afetar a confiabilidade desta. Além de tornar os sistemas de simulação mais eficientes reduzindo a quantidade de militares necessária para a sua correta aplicação, este trabalho também ajuda a verificar a consistência lógica das ações descritas nos manuais doutrinários.

Palavras-chave

Simulação Militar; Modelagem de Agentes; Inteligência Artificial

Abstract

Villarmosa, Alexandre de Menezes; Gattass, Marcelo (Advisor). **Computational Modeling Agents Based on Military Doctrine**. Rio de Janeiro, 2015. 84p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Since the beginning of nineteenth century combat simulations are used in military training. It's necessary to involve lots of military to these trainings occur reliably. In the late 1940s the idea of computational agents was developed in artificial intelligence and showed as an excellent tool to reduce the amount of personnel involved in combat simulations. Agents perceive the environment where they are inserted and take actions upon it following a set of rules. That reminds the behavior of a soldier. A soldier, or a group of them, perceive the battlefield and take a series of actions based on military doctrine. Therefore, the scope of this work is to present a viable way to define the behavior of computational agents based on military doctrine, so that they can replace some of the personnel involved in a combat simulation without affecting the reliability of the training in course. In addition making more efficient simulation systems, reducing the amount of required military for its proper implementation, can also help to check the logical consistency of the actions planned in the doctrinal manuals.

Palavras-chave

Military Simulation; Modeling Agents; Artificial Intelligence

Sumário

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Introdução | 13 |
| 2 | Agentes | 15 |
| 2.1. | Modelo do Agente | 16 |
| 2.1.1. | Estados | 17 |
| 2.1.2. | Percepção | 18 |
| 2.1.3. | Transições | 19 |
| 3 | Embasamento Doutrinário Militar | 21 |
| 3.1. | Estrutura militar proposta | 21 |
| 3.2. | Base doutrinária para autonomia dos agentes | 22 |
| 4 | Desenvolvimento do Trabalho | 24 |
| 4.1. | O Sistema de Jogos Didáticos (SJD) | 24 |
| 4.1.1. | Módulos funcionais | 25 |
| 4.1.2. | Módulos Auxiliares | 26 |
| 4.1.3. | Módulo de configuração | 26 |
| 4.2. | Modeling Agents For Real Environment (MARE) | 26 |
| 4.2.1. | O Ambiente | 27 |
| 4.2.2. | O Agente MARE | 27 |
| 4.3. | Descrição do trabalho | 28 |
| 4.3.1. | Conceito Básico | 30 |
| 4.3.2. | Módulo de Configuração | 30 |
| 4.3.3. | Módulos Auxiliares | 31 |
| 4.3.4. | Módulos Funcionais | 31 |
| 4.3.5. | Agente | 32 |
| 4.3.6. | Máquina de Estados | 37 |
| 5 | Estudo de Casos | 39 |
| 5.1. | Movimento | 39 |

| | |
|--|----|
| 5.2. Tipo de Formação | 40 |
| 5.2.1. Formações no nível pelotão | 41 |
| 5.2.2. Transições entre estados básicos de pelotão | 45 |
| 5.2.3. Companhia em Marcha para o Combate | 46 |
| 5.3. Patrulha | 50 |
| 5.3.1. Patrulha com Movimento Contínuo | 50 |
| 5.3.2. Patrulha com Movimento Contínuo em Dois Escalões | 51 |
| 5.3.3. Patrulha por Lances Sucessivos | 52 |
| 5.4. Engajamento | 53 |
| 5.4.1. Engajamento de Agentes atuando como Pelotão | 53 |
| 5.4.2. Transições entre as formas de engajamento de pelotão | 58 |
| 5.4.3. Engajamento de agente atuando como companhia | 60 |
| | |
| 6 Resultados | 65 |
| | |
| 7 Conclusões | 70 |
| | |
| 8 Trabalhos Futuros | 72 |
| | |
| Referências Bibliográficas | 75 |
| | |
| A Artigo publicado e apresentado na Spring Simulation Multi-Conference 2015 (SPRINGSIM) | 77 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Interação agente x ambiente | 16 |
| Figura 2. Modelo do Agente | 17 |
| Figura 3. Sensores básicos de um agente | 19 |
| Figura 4. Transições entre estados | 20 |
| Figura 5. Estrutura militar proposta | 21 |
| Figura 6. Simulação no Sistema de Jogos Didáticos do CFN | 22 |
| Figura 7. Concepção do SJD | 24 |
| Figura 8. Sequência de execução de módulos do SJD | 25 |
| Figura 9. Integração do Módulo de Inteligência Artificial com o SJD | 29 |
| Figura 10. Atributos do agente | 32 |
| Figura 11. Implementação de um estado do agente | 37 |
| Figura 12. Formação em Coluna | 41 |
| Figura 13. Formação em Linha | 42 |
| Figura 14. Formação em Triângulo | 43 |
| Figura 15. Formação em "V" | 44 |
| Figura 16. Transições de Movimento e Formação para Pelotão | 45 |
| Figura 17. Tipos de Contato numa Marcha para o Combate | 46 |
| Tabela 12. Companhia em Coluna de Marcha | 47 |
| Figura 18. Transições de Movimento e Formação de Companhia | 49 |
| Figura 19. Patrulha com Movimento Contínuo | 50 |
| Figura 20. Patrulha com Movimento Contínuo em Dois Escalões | 51 |
| Figura 21. Patrulha por Lances Sucessivos | 52 |
| Figura 22. Movimento para Engajamento - apenas agente detecta o inimigo | 54 |
| Figura 23. Engajamento de pelotão com inimigo de efetivo inferior | 56 |
| Figura 24. Agente retraindo quando efetivo for menor que o do inimigo | 57 |
| Figura 25. Transições possíveis entre os estados de engajamento | 59 |
| Figura 26. Agente atuando como companhia num ataque coordenado | 61 |
| Figura 27. Agente em um combate de encontro desbordando o inimigo | 62 |
| Figura 28. Agente engajando com inimigo inferior se deslocando | 63 |
| Figura 29. Agente engajando com inimigo superior se deslocando | 64 |

| | |
|---|----|
| Figura 30. Agente inicialmente parado | 66 |
| Figura 31. Agente assumindo formação em "V" | 67 |
| Figura 32. Presença de inimigo no ambiente | 68 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Estados previstos nos manuais e base para modelagem | 18 |
| Tabela 2 . Algumas definições do módulo de configuração | 30 |
| Tabela 3. Módulos auxiliares | 31 |
| Tabela 4. Módulos Funcionais | 31 |
| Tabela 5. Funções dos atuadores dos estados | 34 |
| Tabela 6. Funções dos sensores que compõe os estados | 36 |
| Tabela 7. Sensores e Atuadores dos estados Parado e Movendo-se | 40 |
| Tabela 8. Sensores e Atuador da Formação em Coluna | 42 |
| Tabela 9. Sensores e Atuador da Formação em Linha | 43 |
| Tabela 10. Sensores e Atuador da Formação em Triângulo | 44 |
| Tabela 11. Sensores e Atuador da Formação em "V" | 45 |
| Tabela 14. Companhia em Marcha de Aproximação | 49 |
| Tabela 15. Pelotão realizando Patrulha com Movimento Contínuo | 51 |
| Tabela 16. Pelotão realizando Patrulha com Movimento Contínuo em Dois Escalões | 52 |
| Tabela 17. Pelotão realizando Patrulha por Lances Sucessivos | 53 |
| Tabela 18. Engajamento quando pelotão detecta inimigo inferior | 55 |
| Tabela 19. Engajamento quando pelotão detecta inimigo superior | 56 |
| Tabela 20. Engajamento com inimigo inferior quando ambos se detectam | 57 |
| Tabela 21. Combate de encontro: Ataque Coordenado | 61 |
| Tabela 22. Combate de encontro: Desborda | 62 |
| Tabela 23. Combate de encontro: ataque sucessivos | 63 |
| Tabela 24. Combate de encontro: dispositivo defensivo | 64 |
| Tabela 25. Teste de transição para o estado de deslocamento na formação em "V" | 66 |
| Tabela 26. Teste de transição para o estado de deslocamento na formação em linha. | 68 |